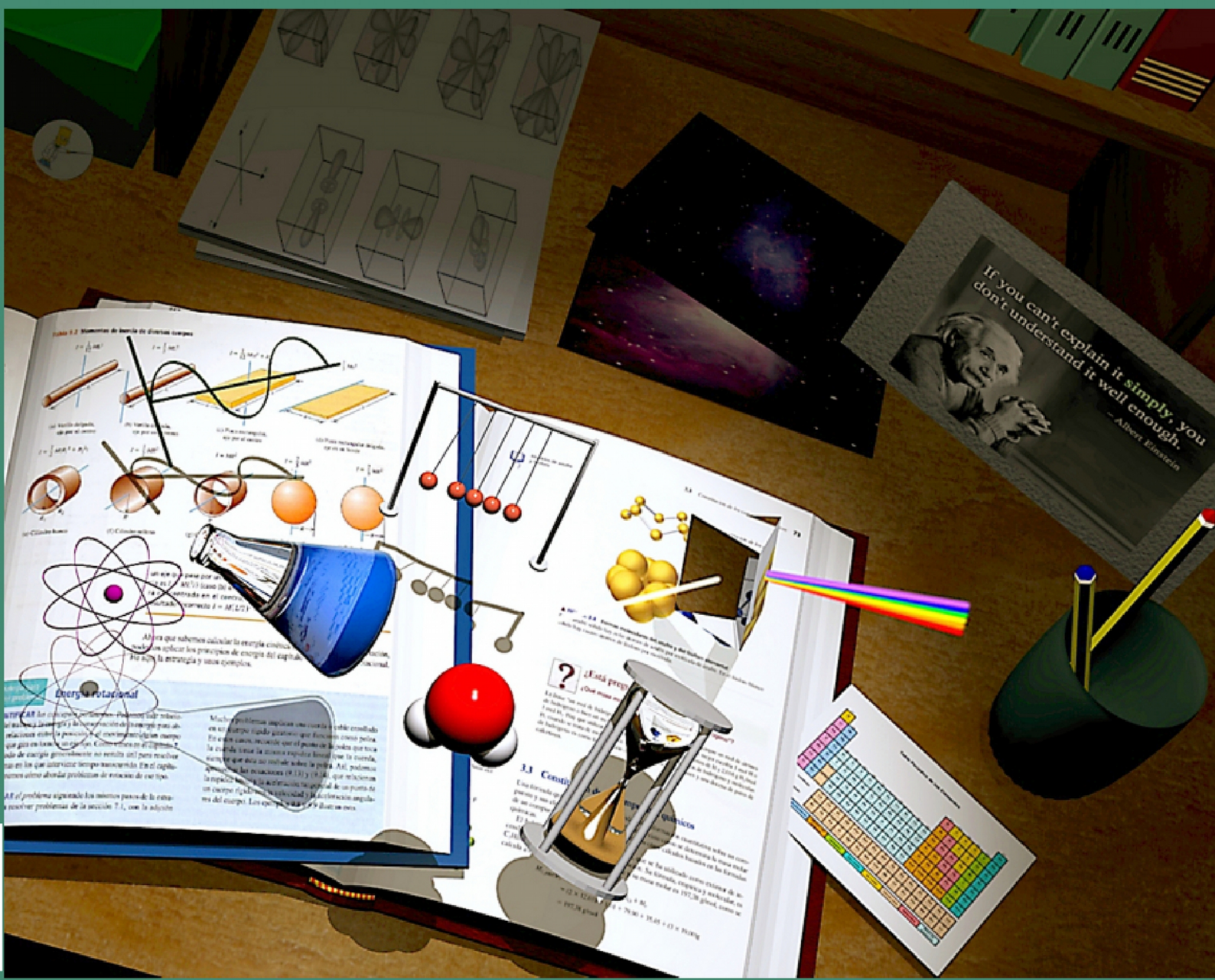
Garceta
grupo editorial

Enseñanza y Divulgación de la Química y la Física



Editores:
Gabriel Pinto Cañón
Manuela Martín Sánchez

ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LA QUÍMICA Y LA FÍSICA

Editores:

Gabriel Pinto Cañón
y
Manuela Martín Sánchez

Garceta
grupo editorial

ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LA QUÍMICA Y LA FÍSICA

Gabriel Pinto Cañón, Manuela Martín Sánchez (Editores)
ISBN: *978-84-1545-224-9*
IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L., Madrid, 2012
Edición: 1ª
Nº de páginas: 487
Formato: 17 × 24 cm.
Materias IBIC: PDZ, YQSC, YQSP

Enseñanza y Divulgación de la Química y la Física.

© ***De cada uno de los autores***

COPYRIGHT © 2012 IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L.
info@garceta.es

Diseño de la cubierta: *Víctor Manuel Díaz Lorente*

ISBN: *978-84-1545-224-9*
Edición: 1ª.
Impresión: 1ª.
Depósito legal: M-21719-2012
OI: 057/2012

IMPRESO EN ESPAÑA-PRINTED IN SPAIN

Nota sobre enlaces a páginas web ajenas: Este libro incluye referencias a sitios web gestionados por terceros y ajenos a IBERGARCETA PUBLICACIONES, SL, que se incluyen solo con finalidad informativa. Las referencias se proporcionan en el estado en que se encuentran en el momento de publicación sin garantías expresas o implícitas, sobre la información que se proporcione en ellas.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN
Gabriel Pinto Cañón, Manuela Martín Sánchez ……..…….... 11

PARTE I. DIVULGACIÓN CIENTÍFICA: ENFOQUES Y EXPERIENCIAS 15

1. DIVULGAR O VULGARIZAR: EL PROBLEMA DEL LENGUAJE
Claudi Mans Teixidó …….. 17

2. INICIATIVAS PARA LA DIFUSIÓN DE EXPERIENCIAS EDUCATIVAS Y DIVULGATIVAS DE CIENCIAS EXPERIMENTALES
Gabriel Pinto Cañón, Manuela Martín Sánchez, María Teresa Martín Sánchez, María Luisa Prolongo Sarria ……..……..…… 25

3. LA DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA A TRAVÉS DEL ARTE: UN ENFOQUE INTERDISCIPLINAR
Paola Parente, Ángel de Andrea González ……... 33

4. LA DIVULGACIÓN DE CONCEPTOS FISICOQUÍMICOS A TRAVÉS DE TEXTOS LITERARIOS INGLESES, ALEMANES Y ESPAÑOLES
Ángel de Andrea González, Francisco Godoy Tena ……..…… 41

5. ENCUENTRO DE CIENCIAS BEZMILIANA: UN EJEMPLO DE CLUB CIENTÍFICO Y DE IMPLICACIÓN DE ALUMNOS
Ana María Martínez Martín, Inmaculada Durán Torres ……..... 49

6. CIENTÍFICOS EN EL AULA
Juan Ignacio Moreno Sánchez, Gerardo León Albert, Beatriz Miguel Hernández, José Antonio Fernández López ……... 57

7. EXPERIMENTOS CIENTÍFICOS PARA CURIOSOS COMO ACTIVIDAD DE VERANO RURAL
Susana Vicente Cejuela, Jorge Jiménez Vicente, Víctor Gutiérrez Vicente, Luis Vadillo Sacristán, Javier Negro Vadillo, Teresa Negro Vadillo ……... 63

8. LO COTIDIANO, LA PRENSA Y LA HISTORIA COMO HERRAMIENTAS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA
Bernardo Herradón García ……... 71

9. ERRORES CONCEPTUALES FRECUENTES EN LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA: APLICACIÓN EN UN CONTEXTO EDUCATIVO
Ángel de Andrea González, Ana Gómez Gómez …… 79

10. DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA Y DE LA QUÍMICA A LAS PERSONAS MAYORES A TRAVÉS DE UN CURSO DE INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA: UNA EXPERIENCIA EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
Beatriz Miguel Hernández, Juan Ignacio Moreno Sánchez, Gerardo León Albert, José Antonio Cascales Pujante, José Antonio Fernández López …….. 85

11. LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS A TRAVÉS DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
Daniela Lorena Lamas …….. 93

12. DE LA DIVULGACIÓN A LA FORMACIÓN EN LOS MUSEOS DE CIENCIAS: CAMBIO DIDÁCTICO EN EL PROFESORADO EN FORMACIÓN INICIAL
Gonzalo Abellán Sáez, Jesús Carnicer Murillo ……. 101

PARTE II. RECURSOS EDUCATIVOS PARA LA FÍSICA Y LA QUÍMICA ……..... 111

13. THE MOOT COURT AS A WAY TO INCREASE STUDENT INVOLVEMENT IN CHEMISTRY
Paul Kelter ……...…….. 113

14. USO DE CÓMICS COMO RECURSO DIDÁCTICO EN UNA ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE ACTIVO DE LA CIENCIA
Patricia Morales Bueno ……. 119

15. LIBROS Y REVISTAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA COMO RECURSOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA Y LA FÍSICA
María Araceli Calvo Pascual ……..……..…… 125

16. LA INTERPRETACIÓN DE LAS PROPIEDADES MACROSCÓPICAS DE LA MATERIA A PARTIR DE LAS INTERACCIONES A ESCALA ATÓMICO-MOLECULAR: UN ESTUDIO PRELIMINAR
Juan Antonio Llorens Molina, Rafael Llopis Castelló ……... 135

17. INTRODUCCIÓN A CONCEPTOS FISICOQUÍMICOS Y FORMACIÓN EN COMPETENCIAS: PROPUESTAS DE TRABAJO PARA ALUMNOS
Gabriel Pinto Cañón, Isabel Paz Antolín ……..……. 143

18. LA ENERGÍA Y SU DIVULGACIÓN EN UN CONTEXTO EDUCATIVO
Ángel de Andrea González, Ana Gómez Gómez …… 151

19. NUEVA DIDÁCTICA DEL ELECTROMAGNETISMO
José Damián Catalá Galindo, Manuel Caravaca Garratón, José Abad López 159

20. CICLOS TERMODINÁMICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA
David Tudela Moreno …… 167

21. EXTRACTO DE CARNE: LA INVENCIÓN DE UN QUÍMICO
Soledad Esteban Santos, Javier Pérez Esteban …… 175

22. UNA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN-ACCIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES: LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO
Andrés García Ruiz, María Dolores Castro Guío, Rafael Gómez Fernández .. 183

23. APLICACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS
Consuelo Escolástico León, Javier Pérez Esteban …… 189

24. IDEAS Y CREENCIAS DE ALUMNOS DE EDUCACIÓN SECUNDARIA SOBRE LA PRESENCIA DE CAL EN EL AGUA DE BEBIDA
Francisco Rodríguez Mora, Ángel Blanco López …….. 197

25. ¿QUÉ SABEMOS DE PLAGUICIDAS DOMÉSTICOS? PREVENCIÓN DE RIESGOS Y PROPUESTA DE ACTIVIDADES
Daniela Curvale Casanitti, Gabriela Sansone Bosque, Gabriela Ferrari Navarta, Diana González de Cid ……...…… 205

26. UNA EXPERIENCIA DE APLICACIÓN DE MAPAS CONCEPTUALES EN LA ENSEÑANZA DE QUÍMICA FÍSICA
Ljiljana Medic Pejic, Enrique Querol Aragón, Ángel Cámara Rascón, Javier García Torrent ……...… 213

27. STEM, STEAM, PROYECTOS EDUCATIVOS INTEGRALES Y OLIMPIADAS DE QUÍMICA: MÉTODOS QUE BUSCAN CONVENCER A LOS JÓVENES DE QUE LA CIENCIA ES ÚTIL PARA TODOS
Carlos Mauricio Castro Acuña …….. 221

PARTE III. TRABAJOS EXPERIMENTALES ……..…..... 227

28. EXPERIMENTOS CASEROS Y APLICACIONES CON NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA ALUMNOS DE EDUCACIÓN SECUNDARIA
María Isabel Alcalde Adeva, Natalia de Lucas Alonso ……. 229

29. CIENCIA CON MATERIALES CASEROS
Mariano Laguna Castrillo, Asunción Luquin Martínez …… 239

30. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FORMA Y PROPIEDADES DE LOS CRISTALES
Carmen Reyero Cortiña, Juan Gabriel Morcillo Ortega, Manuela Martín Sánchez, María Teresa Martín Sánchez ……..……..……. 247

31. OBTENCIÓN DE CRISTALES GIGANTES Y ESPECTACULARES
María Luisa Prolongo Sarria ……...……...…….. 255

32. EXPERIMENTOS DE CÁTEDRA PARA LA ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA
Elsa Mohino Harris, María Barragán García, Juan Abel Barrio Uña, José Luis Contreras González, Luis Dinis Vizcaíno, Paz Godino Gómez, Amparo Izquierdo Gil, Alejandro Lorca Extremera, Isidoro Martínez Ramírez, Sara Mohino Harris, Oscar Rodríguez López, Oscar Villarejo Villanueva ……..… 263

33. PROYECTO DE CREACIÓN DE PRÁCTICAS DE FÍSICA POR ALUMNOS: COLISIÓN ENTRE DOS CANICAS
José Antonio Molina Bolívar, David Bermúdez Luque, Juan Jesús Carmona Díaz …… 269

34. INTRODUCCIÓN DE MATERIALES DE INTERÉS TECNOLÓGICO EN EL LABORATORIO DE FÍSICA: ¿ES POSIBLE MEDIR EL ESPESOR DE UNA PELÍCULA SEMICONDUCTORA MEDIANTE LA LEY DE OHM?
José Abad López, Manuel Caravaca Garratón, José Damián Catalá Galindo 275

35. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS ACEITES ESENCIALES: ALGUNOS EXPERIMENTOS PARA LA INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA ORGÁNICA
Juan Antonio Llorens Molina, Mercedes Verdeguer Sancho, David García

Rellán ……. 283

36. LOS PLÁSTICOS, MATERIALES DE NUESTRO TIEMPO
José Antonio Martínez Pons …….. 293

37. RECONOCIMIENTO DE POLÍMEROS COMERCIALES POR ESPECTROSCOPÍA INFRARROJA
Carmen Arribas Arribas, Margarita González Prolongo, María Amor García del Cid, Catalina Salom Coll ……...…….. 301

PARTE IV. COMPETENCIAS GENÉRICAS Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES ……..…….. 309

38. ORIENTACIÓN UNIVERSITARIA POR COMPETENCIAS
Ángel Valea Pérez, María Luz González Arce ……... 311

39. EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS GENÉRICAS MEDIANTE RÚBRICAS: APLICACIÓN EN LA ASIGNATURA "BASES QUÍMICAS DEL MEDIO AMBIENTE"
Consuelo Escolástico León, Pilar Cabildo Miranda, Concepción López García …… 319

40. TÉCNICAS DE APRENDIZAJE GRUPAL EN ÁMBITOS EDUCATIVOS
Ángel Valea Pérez, María Luz González Arce ……...…… 327

41. MÉTODOS DE APRENDIZAJE GRUPAL COOPERATIVO
Ángel Valea Pérez, María Luz González Arce ……... 335

42. ¿CÓMO ENSEÑAR EXPLÍCITAMENTE TODOS LOS LENGUAJES DE LA QUÍMICA EN BACHILLERATO PARA PROMOVER UNA COMUNICACIÓN ACTIVA EN EL AULA?
Ricardo Manuel Antonio Estrada Ramírez, Luis Miguel Trejo Candelas ……. 343

43. QUÍMICA EN EL GRADO EN BIOLOGÍA: NUEVAS ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE Y MEJORA DE LA IMAGEN DE LA RADIOQUÍMICA Y LA RADIOACTIVIDAD
Santiago Gómez Ruiz, Carolina Vargas Fernández, Isabel Sierra Alonso ….. 347

44. UNA EXPERIENCIA DE CINE (COLABORACIÓN, INTEGRACIÓN, NIVELACIÓN, ÉXITO)
Rosario Torralba Marco, Rosa Domínguez Gómez, María de los Ángeles Quijano Nieto, María del Carmen Heredia Molinero ……. 357

PARTE V. METODOLOGÍAS BASADAS EN LAS TIC (TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN) ……..……..... 363

45. PROBLEMAS CONTEXTUALIZADOS EN EL LABORATORIO VIRTUAL
Jordi Cuadros Margarit, Carme Artigas Oliveras …… 365

46. DISEÑO Y EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS EN PLATAFORMAS DE TELE-ENSEÑANZA: LABORATORIO VIRTUAL DE FÍSICA
Javier Ablanque Ramírez, Juan Carlos Losada González, Luis Seidel Gómez de Quero, Rosa María Benito Zafrilla ……..... 373

47. ENSEÑANZA VIRTUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE QUÍMICA APLICADA
Carmen Orozco Barrenetxea, María Nieves González Delgado, Antonio Pérez Serrano ……..……... 379

48. IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS VIRTUALES APLICADAS EN EL ÁMBITO DE LAS ESCUELAS TÉCNICAS
Juan José Galán Díaz, Simón Fernández Garrido, José Antonio Orosa García ……..……. 387

49. ADAPTACIÓN A ENTORNOS *B-LEARNING* DE CURSOS DE FÍSICA DE PLANES DE ESTUDIO EN EXTINCIÓN
Francisco Javier Borondo Benito, Rosa María Benito Zafrilla, Juan Carlos Losada González 395

50. VISUALIZACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA: UNA HERRAMIENTA A EXPLORAR
Ángel Herráez Sánchez, Gabino Alejandro Carriedo Ule, Pascual Lahuerta Peña 403

51. LA RED IBERCIVIS COMO PLATAFORMA DIDÁCTICA
Teresa Ubieto Puértolas, María Rebeca Clemente Gallardo, Jacobo Cano Escoriaza, Jesús Clemente Gallardo 407

PARTE VI. APORTACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES ……..... 417

52. MOTIVATIONAL SECONDARY AND TERTIARY EDUCATION: THE PROFILES PROJECT
Liberato Cardellini 419

53. FORMACIÓN PERMANENTE DEL PROFESORADO DE CIENCIAS EN TORNO A LA "EDUCACIÓN - QUÍMICA - SOCIEDAD"
Teresa Lupión Cobos ……..…….... 427

54. CONSIDERACIONES SOBRE LA NECESIDAD DE GESTIONAR LOS CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS OBTENIDOS EN EL NIVEL SUPERIOR PARA APORTAR A UN DESARROLLO SOSTENIBLE, COMPATIBLE E INCLUYENTE: CONTEXTO DE LOS PROYECTOS EDUCATIVOS INTEGRALES (PEI)
María Lidia Azar, José Miguel Abraham, Nelly Mainer ……... 435

55. EL GRADO EN CIENCIAS EXPERIMENTALES: UNA NUEVA MANERA DE ENSEÑAR LAS CIENCIAS
Sanjiv Prashar, Miguel Ángel Fernández Sanjuán …… 439

56. CONCRECIÓN CURRICULAR EN EL AULA COMO INSTRUMENTO DE MEJORA
Alejandro López-Ibarra Moreno, Federico Maicas Llorens, Juan José Olmos Perelló, José Satoca Valero ……... 447

57. LAS PRÁCTICAS EXPERIMENTALES EN LAS QUÍMICAS BÁSICAS
María Inés Cervellini, María Nilda Chasvin Orradre, Miguel Ángel Muñoz, Marta Alicia Zambruno, Germán Morazzo ……... 455

58. TALLER DE MOTIVACIÓN AL APRENDIZAJE PARA ALUMNOS DE INGENIERÍA QUÍMICA
Daniela Lorena Lamas, Marcial Pérez ……...….. 461

59. FORMACIÓN DE PROFESORADO SAHARAUI EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS NATURALES PARA EDUCACIÓN SECUNDARIA
Natxo Alonso Alberca …… 469

60. REFLEXIONES SOBRE LA ORIENTACIÓN EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA
Ángel Valea Pérez, María Luz González Arce ……...…… 477

ÍNDICE DE AUTORES 485

INTRODUCCIÓN

Durante la pasada década se celebraron una serie de Foros de Profesores de Física y de Química en la Universidad Politécnica de Madrid, donde se abordaron aspectos relacionados con la "Didáctica de la Química y Vida Cotidiana" (2003), "Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos" (2005), "Aprendizaje activo de la Física y la Química" (2007) y la "Química como materia básica de los Grados de Ingeniería" (2009). La idea de estos encuentros es que sirvan, junto con otros eventos organizados por diversos organismos, como "catalizadores", para fomentar la reflexión sobre aspectos concretos de la práctica docente de la física y de la química en sus distintos niveles educativos.

En estos últimos años, tanto en la enseñanza media como en el ámbito universitario (en este caso debido principalmente al conocido como proceso de Bolonia), el sistema educativo español ha sido objeto de una reestructuración profunda. Así, se han producido importantes cambios en aspectos como estructura de los estudios universitarios, evaluación y acreditación de la calidad, carrera docente y metodología educativa, entre otros. También han surgido, desde diferentes ámbitos y entidades, distintas iniciativas para favorecer la divulgación de la ciencia a través de múltiples canales (museos, concursos científicos, páginas web, secciones específicas en periódicos, campañas institucionales, etc.).

En este contexto de cambio, con objeto de facilitar la información, contrastar opiniones y compartir experiencias sobre diversos aspectos de la enseñanza y la divulgación de la física y la química desde una amplia perspectiva, se organizó una Jornada específica que intentó cubrir tanto aspectos metodológicos (aprendizaje activo, aprendizaje basado en problemas/proyectos, adquisición y evaluación de competencias, uso de las TIC, ¿cómo divulgar de forma adecuada los temas científicos?, etc.) como epistemológicos (¿qué contenidos deberían plantearse?) y de otro tipo (implicaciones de la divulgación científica en la sociedad, imbricación de actividades de divulgación con el quehacer docente, etc.).

Con esta perspectiva, auspiciada por el *Grupo de Didáctica e Historia de la Física y de la Química* de las *Reales Sociedades Españolas de Química y de Física* y el *Grupo de Innovación Educativa de Didáctica de la Química*, de la *Universidad Politécnica de Madrid*, se organizó la citada Jornada, como una oportunidad para la discusión, reflexión e intercambio de experiencias sobre los aspectos señalados. La Jornada, titulada "*Enseñanza y divulgación de la Química y la Física*", se celebró en la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid el 12 de Julio de 2012, y constituyó el *V Foro de Profesores de Física y Química* organizado en esta Universidad.

En este libro se recogen los textos de los trabajos presentados en dicho evento, en forma de exposiciones orales y discusiones, que fueron elaborados por un total de 132 autores. Los trabajos se han agrupado en seis capítulos para facilitar la lectura, si bien hay trabajos que, por su propia naturaleza, pudieran pertenecer indistintamente a varios capítulos. Estos capítulos son: *Divulgación científica: enfoques y experiencias, Recursos educativos para la Física y la Química, Trabajos experimentales*,

Competencias genéricas y enseñanza de las ciencias experimentales, Metodologías basadas en las TIC (tecnologías de la información y la comunicación), y un último capítulo sobre *Aportaciones para la enseñanza de las ciencias experimentales*.

En la Jornada participaron, entre asistentes y autores, cerca de trecientos profesores de Universidades, Centros de Educación Secundaria y otras entidades, de casi toda la geografía española, con aportaciones también de docentes de Estados Unidos, México, Perú, Argentina e Italia.

El Comité de Honor de la Jornada estuvo constituido por:

- Carlos Conde Lázaro, *Rector Magnífico de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).*
- Jesús Félez Mindán, *Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UPM.*
- Rosa María González Tirados, *Directora del Instituto de Ciencias de la Educación de la UPM.*
- Jesús Jiménez Barbero, *Presidente de la Real Sociedad Española de Química.*
- María del Rosario Heras Celemín, *Presidenta de la Real Sociedad Española de Física.*
- Pilar Escudero González, *Ex–presidenta del Grupo de Didáctica e Historia de la Física y la Química, RR. SS. EE. de Física y de Química.*
- Juan José Vaquero López, *Presidente de la Sección Territorial de Madrid de la Real Sociedad Española de Química.*
- Joaquín Martínez Urreaga, *Director del Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente de la UPM.*
- José Luis Ocaña Moreno, *Director del Departamento de Física Aplicada a la Ingeniería Industrial de la UPM.*
- José Miguel Abraham, *Editor del Anuario Latinoamericano de Educación Química (San Luis, Argentina).*
- Aureli Caamaño Ros, *Editor de Educació Química, EduQ (Societat Catalana de Química, SCQ).*
- Paul Kelter, *Miembro del Comité de Directores del International Center for First-Year Undergraduate Chemistry Education (ICUC).*

Para difundir el evento en un entorno lo más amplio posible, se constituyó un Comité Científico integrado por docentes de diversas Universidades. Dicho Comité estuvo formado por los profesores:

- Manuela Martín Sánchez (Directora), *Universidad Complutense de Madrid.*
- Gabriel Pinto Cañón (Presidente), *Universidad Politécnica de Madrid.*
- Liberato Cardellini, *Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italia.*
- Julio Casado Linarejos, *Universidad de Salamanca.*
- Carlos Mauricio Castro Acuña, *Universidad Nacional Autónoma de México.*
- Jordi Cuadros Margarit, *IQS Universitat Ramon Llull, Barcelona.*
- Fina Guitart i Mas, *IES Jaume Balmes, Barcelona.*
- Bernardo Herradón García, *Consejo Superior de Investigaciones Científicas.*

- Juan Antonio Llorens Molina, *Universidad Politécnica de Valencia.*
- Patricia Morales Bueno, *Pontificia Universidad Católica del Perú.*
- Juan Ignacio Moreno Sánchez, *Universidad Politécnica de Cartagena.*
- María Teresa Oliver-Hoyo, *North Carolina State University, Estados Unidos.*
- Carmen Orozco Barrenetxea, *Universidad de Burgos*.
- María Luisa Prolongo Sarria, *IES Manuel Romero, Málaga.*
- Francisco Sotres Díaz, *IES Gregorio Marañón, Madrid.*
- David Tudela Moreno, *Universidad Autónoma de Madrid.*
- Ángel Valea Pérez, *Universidad del País Vasco.*

Además de a las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química, a través de su *Grupo de Didáctica e Historia*, y al *Grupo de Didáctica de la Química* (Grupo de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid), entidades organizadoras del evento, es de justicia el agradecimiento a otras organizaciones que colaboraron de diversa manera en la celebración de la Jornada, como son:

- Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UPM.
- Instituto de Ciencias de la Educación de la UPM.
- Sección Teritorial de Madrid de la Real Sociedad Española de Química.
- Foro Química y Sociedad.
- Anuario Latinoamericano de Educación Química.
- *International Center for First-Year Undergraduate Chemistry Education*.
- Empresa *Fast Drinks*.

Ha sido importante también la ayuda prestada por los profesores y personal de administración y servicios que constituyeron el Comité Organizador de la Jornada, integrado por: Rafael Borge García, María Araceli Calvo Pascual, Isabel Carrillo Ramiro, Víctor Manuel Díaz Lorente, Rosa Domínguez Gómez, Ascensión Fernández López, José María Hernández Hernández, Purificación Herranz Escolano, Carmen Matías Arranz, María José Molina Rubio, Benigno Agustín Palacios Plaza, Raimundo Pascual González, Isabel Paz Antolín, María Isabel del Peso Díaz, Paz Pinilla Cea y Pascual Román Polo. También cabe destacar la dedicación especial de Víctor Manuel Díaz Lorente, que dedicó mucho esfuerzo y tesón al diseño del material gráfico asociado a la Jornada, incluyendo la portada de este libro.

Tanto la Jornada como la edición del libro han sido financiadas dentro del proyecto "*Enlaces múltiples: la Química en los distintos niveles educativos*", de la convocatoria de "Ayudas a la innovación educativa y a la mejora de la calidad de la enseñanza" para el curso 2011/12, impulsada por la Universidad Politécnica de Madrid. Aparte de dejar constancia del agradecimiento por la concesión del proyecto, se resalta la labor desarrollada por los miembros de la Sección de Innovación Educativa de dicha Universidad. De forma especial, en ese sentido, se agradece el interés y apoyo recibido por parte de Carlos Conde Lázaro, Vicerrector de Ordenación Académica y Planificación Estratégica cuando se inició la preparación de la Jornada y Rector de la Universidad desde mayo de 2012, y de Jesús Arriaga García de Andoain,

Adjunto al Vicerrector en el Área de Planificación. También se agradece el especial cuidado que la becaria del proyecto citado, Blanca Martínez Sancho, prestó a la revisión del texto de este libro, así como a Garceta Grupo Editorial por su interés en la edición.

Este libro, junto con información sobre la Jornada arriba citada, se encuentra disponible en dos direcciones web:

- http://quim.iqi.etsii.upm.es/vidacotidiana/Inicio.htm
- http://quim.iqi.etsii.upm.es/didacticaquimica/inicio.htm

De hecho, se recomienda visitar esas direcciones si se desea visualizar los distintos capítulos (especialmente las figuras) en color, pues la edición en formato papel se realiza en blanco y negro. En ellas queda a disposición del lector una versión en color del material que compone esta recopilación, como complemento a la edición impresa en blaco y negro.

Con la edición del libro se pretende difundir lo más ampliamente posible las aportaciones elaboradas, por entender que pueden resultar de interés a profesores y aficionados a la ciencia de muy distintos ámbitos.

El conjunto de los trabajos recogidos en este libro no se considera una última palabra sobre el tema, sino más bien un elemento de ayuda para la reflexión sobre cómo abordar los diversos aspectos relacionados con la enseñanza y la divulgación científica. Los autores de los capítulos que constituyen este libro han dado lo mejor de ellos por colaborar a que, en estos momentos de cambios, la perspectiva educativa y de divulgación de la ciencia sea algo más atractiva y enriquecedora para los alumnos.

Julio de 2012

ꕤ Gabriel Pinto Cañón y Manuela Martín Sánchez
Directores del Comité Científico y Organizador de la Jornada sobre "Enseñanza y Divulgación de la Química y la Física".

Parte I

Divulgación científica: enfoques y experiencias

DIVULGAR O VULGARIZAR: EL PROBLEMA DEL LENGUAJE

Claudi Mans Teixidó
Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, Universidad de Barcelona
cmans@ub.edu

El objetivo de la comunicación es presentar, desde una perspectiva práctica, algunos de los conflictos relacionados con el lenguaje de la divulgación y la educación científicas. Con diversos ejemplos se comentan, entre otros, el problema de la polisemia del lenguaje, que puede generar falsos conceptos, o la limitación del uso de diccionarios para construir un sistema sólido de terminología.

1. INTRODUCCIÓN

Educar en ciencia y divulgar la ciencia son objetivos distintos, pero con algunas similitudes. Tanto en lo uno como en lo otro se pretende hacer llegar un contenido científico a un público no experto. La vocación de la divulgación científica, al menos en la concepción del autor, no es solo difundir nuevos avances científicos a un público receptivo, sino ayudar a la comprensión básica de hechos, mecanismos y modelos científicos. Esto es, ayudar a modificar las ideas elementales previas hacia ideas más profundas, más generales y, por tanto, más comprensivas. La divulgación es, pues, una educación informal (1). Tanto en la educación formal reglada como en la no formal o la informal se requiere de entrada una estrategia de motivación del público receptor, y después en todas se debe usar el lenguaje adecuado para facilitar la comprensión. Si se analiza la definición de la RAE sobre divulgar o vulgarizar se verá que se trata de "*exponer una ciencia, o una materia técnica cualquiera, en forma fácilmente asequible al vulgo*", que es el "*conjunto de las personas que en cada materia no conocen más que la parte superficial*". Tanto el público objetivo de la divulgación como el alumnado -al menos en etapas iniciales y medias- caben en estas definiciones, y en lo sucesivo no se hará distinción entre ambos. No se abordará aquí el tema de la motivación, apasionante en sí mismo, y para el cual pueden ser también útiles las ideas que se expondrán a continuación.

2. LOS REGISTROS DEL LENGUAJE

2.1. Polisemia cotidiano-científica

Buena parte de la terminología de la física y de la química tiene al menos dos valores semánticos: el cotidiano y el científico, que en cierta forma puede considerarse *superior* por ser más abstracto y comprensivo. Pero ello es discutible. Uno puede decir perfectamente "*Qué calor hace aquí*", si bien en términos científicos, en un nivel de descripción termodinámico macroscópico, debería decir: "*En estas condiciones del entorno mi hipotálamo detecta que estoy recibiendo un elevado caudal de energía calorífica convectiva y radiante que se acumula en forma de energía interna en mi*

sistema corporal". Las dos descripciones son correctas, porque tienen funciones distintas. La primera expresa una emoción derivada de una sensación, la segunda racionaliza dicha emoción y la describe. El uso del término *calor*, científicamente, es una herencia de los siglos XVIII y XIX, cuando el calor tenía entidad por sí mismo, concepción superada después por la termodinámica. Hay muchos otros casos de terminología científica anticuada que sigue teniendo actualmente sentido, una vez reconsiderada: trabajo, afinidad, campo, potencial, ácido, oxidación, entre otros.

Ciertos términos tienen un campo semántico muy amplio. Piénsese en el término *energía*. Es usado por físicos, por ingenieros y por acupuntores, por científicos y por cienciólogos, por astrónomos y por astrólogos, por sanitarios y por sanadores, probablemente con significados muy distintos. Un útil ejercicio que el autor suele practicar es hacer que los asistentes a una clase o sesión redacten un listado de expresiones en las que aparece el término *energía*, como en *energía eólica*, *energía nuclear* o *energía interna* (2). Suelen generarse al menos 35 expresiones, muchas de las cuales son reducibles a otras por sucesivas generalizaciones, hasta llegar al clásico esquema termodinámico de energías potencial, cinética e interna, esquema a su vez reductible al cambiar el nivel de descripción a atómico-molecular. Volviendo a una idea anterior, dependiendo del contexto es mejor la expresión *energía potencial* y otras veces *energía mareomotriz*, si bien la segunda es reducible a la primera. Y, por descontado, es perfectamente válido decir de una persona que tiene una gran *energía mental*, y que estar a su lado te transmite una gran sensación de *energía.* Cada uso del término *energía* tiene una razón, en algún caso por analogía, y es perfectamente válido y correcto. Otra cosa es el concepto pseudocientífico cuando se emplea con un objetivo de dar validez científica a una pseudociencia, como cuando se habla de la *energía de los cristales* o de los *meridianos de energía*.

En otro contexto, la especialización del lenguaje genera abundante literatura de chistes científicos especializados. Por ejemplo, la frase "*Se vende benceno, se alquila tolueno*" hace sonreír solo a químicos. Baste aquí con apuntar que la diferencia de percepción del valor de un término lleva a los malentendidos en las informaciones de las autoridades relativas a catástrofes, no solo en conceptos especializados, sino en términos más cotidianos como *seguridad, probabilidad* o *riesgo*, con el agravante en estos casos de que solo debe darse un único mensaje dirigido a múltiples receptores.

2.2. Polisemia científico-científica

La evolución histórica de la ciencia ha llevado a terminologías inadecuadas o con ciertas imprecisiones internas, como puede observarse en la nomenclatura inorgánica. Tómese el bromuro de magnesio. ¿Por qué dicho compuesto no puede denominarse *magnesiuro de bromo*? Ni bromo ni magnesio existen como elementos en el compuesto sino como iones. La explicación es tradicional e histórica, deriva de los tiempos de Lavoisier y Berzelius, y parece dar cierta prioridad al catión frente al anión, en todas las lenguas que el autor conoce. En un texto propio reciente alusivo a este aspecto de nomenclatura (3) los aniones se reivindican como *negativos pero positivos*, por el hecho de ser nombrados como meros adjetivos de los cationes, que sí

son nombrados como elementos, y del análisis de las reflexiones que hacen los aniones de su triste condición se derivan interesantes cuestiones.

Ciertamente la química es, en muchos casos, especialmente ambigua en su nomenclatura. El propio concepto de *elemento químico* tiene desde hace muchos siglos un doble valor, que se refleja en la tabla periódica de forma descarnada. La casilla en que se encuentra el símbolo del elemento -pongamos el cloro: Cl- puede aparecer bañada en un color indicativo de que se trata de un elemento gaseoso, lo que corresponde –en ciertas condiciones de presión y temperatura- a una especie química distinta, ya no elemental: Cl_2. Y ello ocurre con todos los elementos. Scerri, entre otros, ha reflexionado en profundidad sobre esta dualidad de conceptos expresada con los mismos términos (4), que tiene importantes implicaciones en la didáctica y en la comprensión de la estructura de la materia. El autor defiende, en este sentido, que en el planeta Tierra el elemento del que hay más átomos es el argón. Naturalmente, se está pensando en átomos-átomos, no en núcleos de átomos que compartan o hayan perdido o ganado electrones en sus enlaces. Podrían aducirse muchos otros ejemplos de terminología ambigua, como se detallará a continuación.

2.3. Los diccionarios no ayudan

No es posible llegar a construir una terminología científica rigurosa desde cero, porque obviamente cada definición debe usar palabras que se suponen conocidas por el lector, y que en el caso de definiciones científicas formarán parte del mismo sistema, por lo que las referencias circulares serán inevitables, o se llegará a callejones sin salida con remisión a otros campos más complejos. Constátese en las definiciones de *átomo*, *molécula* y *elemento* del actual diccionario de la lengua española (5).

- Átomo: *Cantidad menor de un elemento químico que tiene existencia propia y se consideró indivisible. Se compone de un núcleo, con protones y neutrones, y de electrones orbitales, en número característico para cada elemento químico*
- Molécula: *Unidad mínima de una sustancia que conserva sus propiedades químicas. Puede estar formada por átomos iguales o diferentes*.
- Elemento: *Sustancia constituida por átomos cuyos núcleos tienen el mismo número de protones, cualquiera que sea el número de neutrones.*

Véanse las mismas definiciones del *Gold Book* de la IUPAC (6), también en la web, que es una exhaustiva y muy recomendable lista de definiciones de terminología química, pensada para científicos y educadores.

- *Molecule*: *An electrically neutral entity consisting of more than one atom. Rigorously, a molecule must correspond to a depression on the potential energy surface that is deep enough to confine at least one vibrational state.*
- *Atom*: *Smallest particle still characterizing a chemical element. It consists of a nucleus of a positive charge (Z is the proton number and e the elementary charge) carrying almost all its mass (more than 99.9%) and Z electrons determining its size.*
- *Element*: remite a *Chemical element*, del que se dan dos definiciones:
  - *A species of atoms; all atoms with the same number of protons in the atomic nucleus.*

o *A pure chemical substance composed of atoms with the same number of protons in the atomic nucleus. Sometimes this concept is called the elementary substance as distinct from the chemical element as defined previously, but mostly the term chemical element is used for both concepts.*

2.4. Composición, compuesto y compuesto por

En las definiciones anteriores aparecen verbos como *se compone de*, *formada por*, *constituída por*, *consisting of*, y *composed*. ¿Son equivalentes tales términos? ¿Tienen algo que ver con el concepto de *compuesto químico*?

En lenguaje común se puede afirmar que la mayonesa está compuesta por huevo, aceite, sal y vinagre. Se puede decir asimismo que la sal está compuesta por cloro y sodio. Y también que el átomo de sodio -la mayoría de átomos de sodio- está compuesto por once protones y doce neutrones en su núcleo, con once electrones orbitando. El valor del término *compuesto por* es muy distinto en cada caso, porque describe realidades distintas. En la mayonesa se refiere a la operación física de mezcla de ingredientes. En la sal se refiere a que el cloruro de sodio es una sustancia -un compuesto químico- que consta de iones de sodio y de cloro en igual número, unidos por fuerzas electrostáticas, que hipotéticamente se pueden imaginar derivados de átomos neutros de sodio y de cloro. Efectivamente, en una reacción entre ambos elementos se obtendría cloruro de sodio. Pero en el caso del átomo de sodio se describe simplemente su estructura subatómica, sin que se refiera en absoluto a un hipotético proceso operativo en que juntando las 34 partículas se obtuviera un átomo de sodio. Esta pluralidad de significados tiene implicaciones en divulgación y en docencia. Se dio el caso de un periodista inculto que pudo generar alarmismo cuando, hablando de un incidente en una planta química -una fuga de tetracloruro de carbono-, lo describió como un compuesto de cloro y carbono, añadiendo que "*el cloro es un gas verdoso muy tóxico*", lo cual es cierto cuando se refiere al cloro elemental molecular, pero no si se refiere al cloro de la molécula de tetracloruro. Se ve patente la confusión entre mezcla y compuesto, y entre átomo y elemento.

No resuelve la anterior ambigüedad el uso de términos como *formado por*, *constituído por* y similares. El problema no tiene solución. La práctica lleva al profesional a no errar en su uso, pero es un reto didáctico y periodístico el mantener un discurso escrito coherente y preciso pero no farragoso ni reiterativo usando términos ambiguos. El autor imaginaba, a sus doce años, que podía fabricar ácido sulfúrico (H_2SO_4) *mezclando* dos partes de H, una de S y cuatro de O. Qué eran esas partes, si en peso, en volumen u otra magnitud, qué más daba (2).

3. UN PAR DE TEOREMAS SOBRE SINTAXIS DIVULGATIVA

3.1. Teorema de Hawking

Hawking afirma (7) que *por cada ecuación insertada en un texto disminuye a la mitad el número de lectores.* Permite probablemente una comprobación experimental.

La ciencia se expresa mediante aparato matemático, modelizaciones, números y ecuaciones que relacionan variables. Prescindir de todo ello al hablar de ciencia provoca dos graves problemas:

- Se mantiene el discurso en un nivel cualitativo, inadecuado para la comprensión de los temas físicos o químicos.
- Se pierden muchos matices por el camino. En un párrafo anterior se ha escrito: "*el átomo de sodio –la mayoría de átomos de sodio-*" para paliar la pérdida de precisión, que es un prurito del científico cuando se pone a divulgar. Eliminar la parte entre guiones del texto en cursiva supone simplificar el discurso, pero supone también no hacer patente que no todos los átomos de sodio son iguales sino que el elemento sodio presenta trece isótopos. Esta aclaración final sobre isótopos no será tal aclaración para quien desconozca dicho concepto.

3.2. Teorema de las Mil y Una Noches

Afirma (8) que *la comprensión de un texto es inversamente proporcional al número de conceptos desconocidos por el lector, y también al número de paréntesis internos que se van abriendo en el discurso para aclararlos*. El nombre le viene de la colección de cuentos orientales en que Scheherezade empalma narración con narración, anidándolas entre ellas, para salvar su vida. En el subepígrafe anterior se podría aplicar: *"no todos los átomos de sodio son iguales sino que el sodio presenta trece isótopos; por cierto, los isótopos son átomos de cierto elemento que tienen el mismo número de protones pero distinto número de neutrones en su núcleo"*. Matizar y dar explicaciones internas ayuda a la comprensión, pero limita la legibilidad del texto, aumenta su farragosidad y se genera el problema de hasta dónde llegar *hacia abajo* en las explicaciones. ¿Habría que explicar que un átomo tiene núcleo y electrones? ¿Que los protones tienen carga positiva y que a pesar de ello no se rompe el núcleo por la fuerza nuclear fuerte? La secuencia de aclaraciones no tiene final, y solo se soluciona fijando un público objetivo pautador y no pretender llegar a otro.

4. NO SOLO SON LAS PALABRAS

No es solo la polisemia de los términos lo que puede dificultar la comprensión de un texto. Demasiados *divulgadores* científicos creen que la simplificación de los conceptos, el uso elemental de analogías, y el empleo de terminología cotidiana resuelven el problema de la comunicación científica, y ello no es así. Como ejemplo, véase este párrafo de Stephen Hawking (9):

En los universos membrana, los planetas podrían girar alrededor de una masa oscura situada en una membrana sombra porque la fuerza gravitacional se propaga en las dimensiones adicionales.

Todos los términos del párrafo anterior son palabras elementales conocidas: *membrana*, *masa*, *dimensiones*, etc. Pero dudo que el lector entienda a qué se refiere Hawking. Ello obliga a prescindir en muchos casos de los matices de la tarea científica que se desea difundir, a usar un lenguaje no suficientemente preciso y a hacer más

afirmaciones rotundas de las que uno quisiera, pero esos son los peajes que hay que pagar para llegar a una mayor difusión y a una mayor comprensión. El lenguaje no ha de ser una barrera.

En el mundo académico, se deduce de ello que para la introducción de conceptos avanzados, y para asegurar la inteligibilidad del discurso, debe usarse la terminología inexacta de conceptos elementales –el lenguaje del oyente, al nivel que esté-; y luego, los propios conceptos avanzados, apuntalados pero aún no consolidados, servirán para vertebrar los conceptos en los que se apoya, pero con más fundamento. Este camino es una progresión en hélice o espiral y es la base de toda transmisión de ciencia no dogmática sino construida a partir del alumno.

En otros términos: no pueden sustituirse de forma brusca las ideas y conceptos del sujeto receptor –sus preconceptos, quizá falsos o poco elaborados- por otras ideas o conceptos más correctos, sustituyendo simplemente unos por otros, sino mediante integración de lo nuevo sobre lo viejo, que se irá modificando en su significado manteniéndose el término. Recuérdese la progresión histórica y a su vez didáctica de los conceptos de energía, de ácido-base, o de átomo.

5. EL USO DE ANALOGÍAS

Una estrategia válida para la divulgación o la enseñanza es el uso de analogías, y el autor se siente especialmente cómodo con tal metodología (10). Sin embargo dicho término es ambiguo (11), y muchas veces se usan analogías más allá de su campo de aplicación estricto. Tal forzamiento es contraproducente y genera más errores conceptuales que los que pretende resolver. Ello requeriría una comunicación adicional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los autores de los libros que he leído y de las conferencias y de los cursos a los que he asistido sus ideas, que me han permitido formarme una opinión de aficionado ante el apasionante problema del lenguaje de las ciencias y el lenguaje cotidiano. Algunos autores profesionales de tales temáticas: (12), (13).

REFERENCIAS

1. C. Mans en *Informe ENCIENDE (Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España)*, Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE), Madrid (2011).
2. C. Mans, *La vaca esférica: Conceptes científics quotidians que, d'entrada, jo no devia entendre prou bé*, Rubes Editorial, Barcelona (2008).
3. C. Mans, *Química e Industria*, **2011**, junio-julio, nº 595, 40.
4. E.R. Scerri, *The Periodic Table. Its Story and Its Significance*, Oxford University Press, New York (2007).
5. Real Academia Española. http://buscon.rae.es/draeI/

6. IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry).
http://goldbook.iupac.org/
7. S. Hawking, *Historia del tiempo: Del big bang a los agujeros negros,* Grijalbo, Barcelona (1988).
8. S. Graíño, *Periodismo Científico*, Asociación Española de Periodismo Científico, julio-agosto (1997).
9. S. Hawking, *El universo en una cáscara de nuez*, Crítica, Barcelona (2002)
10. C. Mans, *Tortilla quemada,* Col·legi de Químics de Barcelona y Rubes Editorial, Barcelona (2005).
11. J. Levy, *100 analogías científicas*, Librero, Madrid (2012).
12. J.L. Lemke, *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores,* Paidós, Barcelona (1997).
13. N. Sanmartí (coord.), *Aprendre ciències tot aprenent a escriure ciència*, Edicions 62, Barcelona (2003).

INICIATIVAS PARA LA DIFUSIÓN DE EXPERIENCIAS EDUCATIVAS Y DIVULGATIVAS DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

Gabriel Pinto Cañón[a,b] , Manuela Martín Sánchez[a,b], María Teresa Martín Sánchez[b], María Luisa Prolongo Sarria[c]
[a]Grupo de Innovación Educativa de Didáctica de la Química
E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid
[b]Grupo de Didáctica e Historia, Reales Sociedades Españolas de Física y de Química
[c]Departamento de Física y Química, I.E.S. Manuel Romero
Villanueva de la Concepción (Málaga)
gabriel.pinto@upm.es

En este trabajo se recogen iniciativas que intentan favorecer la implicación de profesores y alumnos, de distintos niveles educativos, en diferentes facetas del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales. El objeto es favorecer el conocimiento de las actividades seleccionadas (certámenes, actividades en torno a un proyecto, concursos, etc.) tomadas como ejemplo, para fomentar la participación de profesores. La participación en este tipo de actividades redunda en una mayor motivación tanto por parte de los alumnos como de los profesores.

1. INTRODUCCIÓN

Aparte de los aspectos formales del proceso de enseñanza y aprendizaje, en los distintos niveles educativos, se vienen desarrollando, por parte de distintas entidades, iniciativas que tienen por objeto fomentar la motivación de alumnos y profesores de distintos niveles educativos hacia el estudio de áreas concretas del saber.

En el presente trabajo se indican algunos ejemplos seleccionados de actividades, bien por la proximidad hacia los entornos institucionales de los autores, bien por su interés intrínseco. Han de considerarse, en todo caso, como ejemplos de iniciativas que se organizan desde distintos ámbitos y que no siempre encuentran una amplia respuesta entre los potenciales participantes (normalmente profesores). En esta selección se han considerado actividades que poseen ya una cierta periodicidad. Obviamente, surgen siempre otras iniciativas de carácter más puntual, como han sido las derivadas de la celebración del Año Internacional de la Química en 2011 o el de la Física (celebrado en 2005). Así, se recomienda que los profesores estén al tanto de este tipo de celebraciones puntuales: siempre hay algún hito o aniversario que permite enfocar a los alumnos hacia una actividad complementaria y enriquecedora del quehacer cotidiano en el aula.

Aparte de alguna iniciativa internacional se ha priorizado la presentación de actividades de ámbito español y latinoamericano. Las distintas iniciativas se han resumido en: olimpiadas científicas, ferias y certámenes científicos, actividades en torno a un proyecto, convocatorias de premios y otras.

2. OLIMPIADAS CIENTÍFICAS

En el caso concreto de las ciencias experimentales, son ya tradicionales las competiciones intelectuales conocidas como Olimpiadas de Física y de Química, que se desarrollan en tres fases: local (en la cabeza del distrito universitario), nacional (en la Universidad que se haya designado ese año por el comité nacional), e internacional (en la ciudad y centro que se haya elegido previamente por el Comité Olímpico Internacional). Los objetivos de estas actividades son (1):

- Identificar a los alumnos interesados en química o física, dándoles motivaciones para sus actividades de tiempo libre.
- Desarrollar destrezas intelectuales, formando su capacidad para pensar en términos de estas ciencias y de utilizar los resultados de forma activa, independiente y creativa.
- Influir de forma positiva en mejorar la enseñanza de estas ciencias en la escuela secundaria.
- Acrecentar la relación amistosa entre los jóvenes.
- Favorecer la cooperación y el entendimiento internacional.

Los premios deben ser más bien simbólicos, como medallas, diplomas, etc. La prueba local tiene lugar en torno al mes de marzo y en ella se seleccionan tres alumnos de cada distrito que pasan a la fase nacional. En la fase nacional, entre abril y mayo, se seleccionan cinco alumnos que pasan a la fase internacional que se celebra en el mes de julio. Pueden participar estudiantes de primero y segundo de Bachillerato (fundamentalmente de este último curso). Los ejercicios de la fase local los propone el equipo coordinador de la Universidad. Las olimpiadas nacionales e internacionales están subvencionadas por el Ministerio de Educación, aunque encarga su realización a las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química, junto con la Asociación Nacional de Químicos (ANQUE) en las de Química. Las Olimpiadas Españolas de Física se vienen desarrollando desde 1990 (la primera se celebró en Salamanca) y las de Química se iniciaron en 1987, como competiciones en las delegaciones de la ANQUE de Castilla-La Mancha, Asturias y Galicia, pero hasta 1996 no participaron en las internacionales. La preparación de los alumnos para las fases local y nacional corre a cargo de los profesores de los alumnos que se presentan. En la segunda, a veces colabora una Universidad y la preparación para la fase internacional suele realizarse en alguna Universidad de Madrid.

Los premios de la fase local y nacional son de tipo económico y los nombres de los ganadores aparecen en el Boletín Oficial del Estado. En la fase nacional también se dan medallas de oro, plata y bronce y a los ganadores se les sufraga el viaje al evento internacional (en esta última fase internacional se conceden medallas de oro, plata, bronce, y menciones o diplomas de asistencia). La información detallada para estas yolimpiadas de Física y de Química se puede encontrar en distintas páginas web (2-4).

Existen otras olimpiadas europeas conjuntamente de física, química y biología conocidas como EUSO (*European Union Science Olympiad*), que son una competición entre equipos de alumnos de cuarto de Educación Secundaria o primero de Bachillerato sobre trabajos experimentales de estas ciencias (5). Para participar, se

inscriben en noviembre por equipos de tres alumnos. A los equipos registrados se les proporciona una contraseña para que descarguen las pruebas de laboratorio y deben remitir los resultados antes de finalizar el año correspondiente, junto con una memoria del trabajo realizado y un informe del profesor que valora la actuación de los alumnos. Se selecciona a los diez equipos mejores y se les entrega un premio económico. Estos diez equipos, junto con sus profesores, pueden participar a finales de enero en la selección nacional en la Universidad que se haya determinado. En esta fase se seleccionan dos equipos que representan a España. A los componentes de esos equipos se les da otro premio económico y se les paga el viaje para participar en la fase europea en el mes de abril. Las subvenciones corren a cargo del Ministerio de Educación.

Para alumnos de habla española se celebran también, desde hace años, una Olimpiada Iberoamericana de Física y otra de Química, organizadas por sociedades científicas o por grupos de profesores de estos países. España está representada por los alumnos que queden del sexto al noveno lugar en la olimpiada nacional correspondiente.

3. FERIAS Y CERTÁMENES CIENTÍFICOS

Desde hace años se vienen desarrollando, a nivel de comunidad autónoma, provincial e incluso con un carácter local (municipio o Instituto), ferias o certámenes donde los alumnos de distintos niveles educativos, normalmente orientados por un profesor o equipo de profesores, desarrollan un trabajo de carácter experimental.

Como ejemplo de certámenes locales, las profesoras Olga Valiente y Joaquina Melero (6) describieron cómo sus alumnos desarrollan productos de su entorno (jabón, conservas alimenticias, perfumes, aceites esenciales, pan, derivados lácteos, etc.) que exponen en la semana de la ciencia de sus centros educativos. Otros ejemplos se encuentran en otros capítulos de este mismo libro.

En la Comunidad de Madrid se celebraron con carácter anual, desde el año 2000 y hasta el 2007, los certámenes conocidos como Feria Madrid por la Ciencia (en su última edición el nombre fue Feria Madrid es Ciencia). Supusieron una importante iniciativa donde acudían equipos de alumnos, guiados por profesores, no solo de centros educativos de esta Comunidad sino de otros sitios de España y de países próximos. Como ejemplo, se recoge la dirección web donde los profesores Carmen Cambón, Marisol Martín y Eduardo Rodríguez, del Colegio Internacional SEK-Ciudalcampo, han reflejado la actividad que desarrollaron con sus alumnos en este certamen en torno a aspectos fisicoquímicos específicos relacionados con el proceso de alimentos en la cocina (7). Además, cada año se fue incrementando el número de instituciones de investigación y otras (policía, servicio de bomberos…) que mostraban cómo la ciencia y la tecnología están implicadas en nuestra sociedad. Lamentablemente, por efectos de la crisis económica se tomó la decisión de interrumpir el certamen, que ya estaba consolidado. Afortunadamente, la existencia de distintas posibilidades a través de Internet han hecho posible que el trabajo realizado haya sido al menos resumido (8) para su posible consulta por profesores y personas

interesadas en estos temas y, de alguna manera, se mantiene una edición virtual en un entorno Wiki, actualizada con las experiencias que plasman estudiantes, educadores, investigadores y aquellas personas interesadas en el conocimiento y la divulgación de la ciencia (9). En concreto, algunos autores de este trabajo participaron en la citada Feria en diversas convocatorias (10) y pudieron comprobar el interés despertado en profesores, alumnos y visitantes al certamen. En la figura 1 se recogen algunas imágenes de certámenes de la Feria de Madrid por la Ciencia.



Figura 1. Imágenes de participantes en algunos certámenes en los que intervinieron los autores.

Se sigue celebrando, con carácter anual, una "Semana de la Ciencia" en la Comunidad de Madrid, como en otras comunidades y ciudades españolas, pero con una filosofía diferente: los centros de investigación y otras instituciones abren sus puertas para divulgar su actividad al público general.

En la Comunidad de Andalucía destacan el Encuentro de Investigación en el Aula y la Feria de las Ciencias *Ibn Al-Baytar*, realizados ambos por el Centro de Educación al Profesorado de Marbella, el Encuentro de Ciencias del Club Científico de I.E.S. Bezmiliana (Rincón de la Victoria, Málaga), el Encuentro de Alumnos Investigadores de Cádiz y la Feria de la Ciencia de Sevilla. Todos ellos tienen como finalidad crear un espacio educativo que permita el intercambio, la divulgación y la comunicación de

conocimientos científicos, en la que los actores-divulgadores sean los alumnos de los centros educativos que voluntariamente participen en el proyecto; no existe la concesión de premios ya que carecen de espíritu competitivo.

En la Comunidad de Cataluña destacamos el certamen anual "*Ciència al carrer*" de Lleida, que empezó en 2007 como una iniciativa modesta y se ha convertido en un acto multitudinario, donde los alumnos muestran (en la calle) la ciencia a estudiantes de otros centros y al público en general. Los profesores que han participado en algún trabajo de Investigación pueden ser seleccionados para asistir al Seminario "Investigando antes de la Universidad", en Mollina (Málaga), convocado por el Ministerio de Educación, cuyo objetivo es incentivar y orientar sobre la investigación en el aula en Educación Secundaria, Bachillerato y Formación Profesional.

Entre otros certámenes científicos merece especial mención el conocido como Certamen de Ciencia en Acción (11). Iniciado en el año 2000 como Física en Acción, se ha desarrollado anualmente de forma ininterrumpida, siendo actualmente un concurso internacional para países de habla hispana o portuguesa. Los participantes optan a doce modalidades diferentes (laboratorio, demostraciones de distintas ciencias, ciencia y tecnología, sostenibilidad, etc.), incluyendo, por ejemplo, la modalidad "puesta en escena" que premia a presentaciones teatrales de contenidos científicos. Tras una preselección de trabajos, se realiza una fase final en una ciudad española durante tres días, en los que los trabajos se exponen para el público general. Se financia a los equipos preseleccionados para facilitar su asistencia al evento y se otorgan premios a los más sobresalientes de cada modalidad a juicio del jurado (constituido por profesores y por profesionales de la divulgación científica). El material que entregan los participantes en el proceso de selección se incluye en la dirección web correspondiente, para facilitar su difusión.

Además, esta iniciativa forma parte de otra más amplia, conocida como *Science on Stage Europe* (12), con características similares pero de ámbito europeo y de carácter bienal, donde se presentan los trabajos realizados por los profesores seleccionados de cada país. En concreto, doce equipos españoles participaron en el último certamen, celebrado en Copenhague en abril de 2011. El próximo está previsto para celebrarse en Slubice (Polonia) y Fráncfort (Alemania) en abril de 2013. Como en su correspondiente español (Ciencia en Acción), las páginas web del certamen van recogiendo buena parte de la información y de los trabajos que se presentan.

4. ACTIVIDADES EN TORNO A UN PROYECTO

Como ya se ha indicado, la celebración de eventos, como recientemente el Año Internacional de la Química, genera diversas actividades: concursos de elaboración de pósteres con alumnos, desarrollo de ideas, etc. En concreto destacaron con esa ocasión, a nivel internacional, concursos sobre aspectos de química reflejados en cómics, diseños de sellos y la actividad dirigida por el químico español Javier García Martínez, con el auspicio de la IUPAC y la UNESCO, consistente en analizar diversos parámetros del agua natural, y que ha sido reconocido como el experimento químico más amplio a nivel global (13).

Precisamente esta última actividad está relacionada con otra, de análogas características, en la que la Asociación para la Defensa de la Calidad de las Aguas (ADECAGUA) a nivel de España (14) y el *World Water Monitoring Challenge* (15) a nivel global desarrollan un programa educativo de alcance internacional, en los últimos años, que fomenta la concienciación pública en relación con la protección de los recursos hídricos, comprometiendo a los ciudadanos (en muchos casos grupos de alumnos dirigidos por un profesor) a llevar a cabo un control básico de sus masas locales de agua. Un sencillo equipamiento (antes distribuido de forma gratuita y desde hace dos años con un modesto coste) permite a cualquiera, niños o adultos, valorar la calidad del agua mediante un conjunto de parámetros básicos como temperatura, acidez (pH), turbidez y oxígeno disuelto, pero también el estudio de plantas presentes. Los resultados se comparten por medio de una página web (15). En la figura 2 se muestra una imagen de esta actividad.



Figura 2. Participantes en la actividad de análisis de aguas recogida en el texto.

5. CONVOCATORIAS DE PREMIOS CIENTÍFICOS

Algunas de las actividades antes citadas llevan asociadas las convocatorias de premios dirigidas a profesores, divulgadores o equipos de alumnos. En concreto, se destacó ya la convocatoria del certamen de Ciencia en Acción. Otros emblemáticos son los premios de divulgación científica Prismas de la Casa de las Ciencias de A Coruña (16), que cuentan ya con casi un cuarto de siglo de existencia. A nivel de profesores de Física y Química destaca el premio Salvador Senent, para trabajos sobre didáctica o historia de la física o de la química, otorgado por la Real Sociedad Española de Química (RSEQ), patrocinado por el Foro de Industria Nuclear Española y que va por la cuarta edición (con carácter bienal).

A nivel internacional, y ya en su segunda convocatoria anual en 2012, destaca por su novedad e importancia el concurso "Feria de las Ciencias de Google", en el que pueden participar jóvenes de 13 a 18 años de edad (17).

Otros concursos y certámenes que llevan asociados la obtención de premios, para potenciar la investigación e interés por la ciencia entre los jóvenes, son el Certamen de Jóvenes Investigadores (convocado por el Ministerio de Educación), el Premio San Viator de Investigaciones en Ciencia y Humanidades (que pretende estimular el espíritu investigador y la creatividad del estudiante), el Concurso de Módulos Interactivos de Ciencia y Experimentos Científicos (convocado por el Centro de Ciencias Principia de Málaga, siguiendo la línea con la que se creó esta institución) y,

a un nivel más local, el Concurso Escolar de la Sección de Málaga de la RSEQ, cuyo objetivo es premiar las mejores experiencias de investigación escolar sobre química en E.S.O. y Bachillerato. No se han detallado todas las referencias por entender que el lector interesado podrá hallarlas fácilmente mediante los buscadores de Internet.

6. OTRAS ACTIVIDADES

Aparte de las actividades indicadas se comentan otras posibilidades de participación de profesores con alumnos. Así, existen diversos congresos y revistas donde se pueden publicar trabajos de ese tipo. Con ello, el profesorado implicado acomete un reto adicional y hace partícipe de su experiencia a otros colegas. Entre otras revistas se sugieren, por ejemplo, dado el ámbito de este trabajo: Anales de Química (editada por la Real Sociedad Española de Química), Revista Española de Física (editada por la Real Sociedad Española de Física), *Educació Química* (editada por la Sociedad Catalana de Química), Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales (editorial Grao), revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias (Universidad de Cádiz), Anuario Latinoamericano de Educación Química (editada en la Universidad Nacional de San Luis, Argentina), y Educación Química (editado en la Universidad Nacional Autónoma de México). En el entorno anglosajón destacan el *Journal of Chemical Education* y el *Physics Teacher Journal* en Estados Unidos, y *Education in Chemistry* y *School Science Review* en el Reino Unido. La asociación norteamericana *National Science Teachers Association* publica *The Science Teacher* (18), con amplio reconocimiento. Se destaca la publicación gratuita *Science in School* (19) donde, aparte de información muy interesante, se ofrece la tarea de traducir los artículos a distintos idiomas, como el español. Esta labor de traducción puede ser también de interés si se realiza con alumnos, pues aparte de formarles en ciencia, les ayuda en la mejora del conocimiento del inglés. Como en la sección anterior, no se especifican todas las referencias, al considerar que se pueden hallar con buscadores en Internet.

Aunque no se trate de otra revista, se comenta finalmente otra actividad que se considera de gran interés, como ejemplo de cómo también hay multitud de portales en Internet que permiten el intercambio de ideas y prácticas en los temas comentados. La Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE) tiene un proyecto sobre enseñanza de las ciencias, denominado “Enciende” (Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar) (20), donde se ha elaborado un informe que incluye análisis, reflexiones y propuestas para un acercamiento de la ciencia al mundo. Además, se van incluyendo diferentes proyectos y recursos educativos.

En resumen, en este trabajo se han recogido iniciativas que pretenden fomentar el encuentro de profesores y divulgadores científicos, con objeto de compartir y discutir experiencias en el campo de la enseñanza y divulgación de la física y la química. La participación en este tipo de actividades redunda en una mayor motivación tanto por parte de los alumnos como por parte de los profesores; por ello, los autores del trabajo animamos a colegas de los distintos niveles educativos y entornos a su implicación.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la ayuda recibida por la Universidad Politécnica de Madrid, durante el curso 2011/12, a través del proyecto de innovación educativa "Enlaces múltiples: la Química en los distintos niveles educativos".

REFERENCIAS

1. M.T. Martín Sánchez, M. Martín Sánchez, *Química e Industria,* **2000***,* Vol. 513, 32.
2. Asociación Nacional de Químicos de España, ANQUE. Olimpiadas de Química. http://www.anque.es/index.php?t=0&f=olimpiada
3. Real Sociedad Española de Química. http://www.rseq.org
4. Real Sociedad Española de Física. http://www.rsef.org
5. *European Union Science Olympiad*. http://www.euso.es
6. O. Valiente, J. Melero, *Introducción a la química industrial, impacto ambiental; una asignatura optativa de educación secundaria innovadora*. En *Aprendizaje Activo de la Química*, G. Pinto (Ed.), p. 103, Equipo Sirius, Madrid (2007).
7. Ciencia con buen gusto: fisicoquímica de la cocina.
http://www.telefonica.net/web2/cienciaconbuengusto/
8. Feria Madrid por la Ciencia. Publicaciones.
http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/feria/publicaciones/default.asp
9. Experimenta_wiki. El Wiki de la Feria de Madrid es Ciencia.
http://www.madrimasd.org/experimentawiki/feria/Portada
10. G. Pinto, *Anales de Química*, **2003**, Vol. 99(4), 63.
11. Ciencia en Acción. http://www.cienciaenaccion.org/
12. *Science on Stage Europe*. http://www.scienceonstage.eu/
13. Diversos artículos incluidos en *Chemistry International*, **2011**, Vol. 33.
14. Asociación para la Defensa de la Calidad de las Aguas (ADECAGUA).
http://www.adecagua.es/
15. *World Water Monitoring Challenge*. http://www.worldwatermonitoringday.org/
16. Casa de las Ciencias de A Coruña. http://mc2coruna.org/es/
17. Feria de las Ciencias de Google. http://www.google.com/intl/es/events/sciencefair/
18. *The Science Teacher*.
http://learningcenter.nsta.org/browse_journals.aspx?journal=tst
19. *Science in School*. http://www.scienceinschool.org
20. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar (ENCIENDE).
http://enciende.cosce.org/home.asp

LA DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA A TRAVÉS DEL ARTE: UN ENFOQUE INTERDISCIPLINAR

Paola Parente[a], Ángel de Andrea González[b]
[a] Instituto de Cerámica y Vidrio
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
[b]Departamento de Física, Escuela Politécnica Superior
Universidad Carlos III de Madrid
pparente@icv.csic.es, aandrea@fis.uc3m.es

En este trabajo exponemos una metodología de carácter interdisciplinar para transmitir y divulgar conceptos físicos a través del Arte. Esta metodología puede ser utilizada tanto en la E.S.O. y en Bachillerato como en los primeros cursos universitarios. Además, está basada en un aprendizaje significativo y fruto de nuestra labor docente en el aula.

1. INTRODUCCIÓN

Es una realidad que en toda obra de arte (pintura, escultura…) subyace un fundamento físico. Por ello, una correcta alfabetización científica y artística es una necesidad en la sociedad actual. Las ciencias y el arte son parte de la cultura y desde nuestro punto de vista no pueden ocupar compartimentos estancos. Un experto en Historia del Arte tiene que tener unos conocimientos básicos de Física y de Química para saborear la esencia de toda obra artística.

El sistema educativo actual ha respondido a la necesidad de una alfabetización científica con la implantación de la asignatura *Ciencias para el mundo contemporáneo*, la cual es de carácter obligatorio para todos los alumnos de primero de Bachillerato, independientemente de su itinerario (1, 2).

Hemos podido comprobar que una metodología basada en un aprendizaje significativo y funcional (3-8) mejora la imagen de la ciencia y el arte, es un factor motivador, favorece el aprendizaje y el cambio conceptual, metodológico y actitudinal, contribuyendo a la integración de la ciencia y el arte en la cultura. Por otro lado, en la E.S.O. se pueden trabajar las siguientes competencias: científica, social y ciudadana, cultural y artística, competencia para aprender a aprender y autonomía e iniciativa personal.

En este trabajo estableceremos una conexión entre el Arte y la Física. Para ello, analizaremos en primer lugar las relaciones de la Física con la Escultura y la Arquitectura; en segundo lugar, analizaremos la Física que subyace en toda pintura.

2. LA FÍSICA EN LA ESCULTURA Y EN LA ARQUITECTURA

Recordemos que *para que un cuerpo se halle en equilibrio estable, la vertical que pase por su centro de gravedad ha de atravesar la base de sustentación.* Este hecho

nos permite explicar el magnífico equilibrio estable que poseen muchas esculturas, entre ellas la estatua ecuestre que a continuación pasamos a describir.

Enfrente del Palacio Real, en la Plaza de Oriente, además de las dos hileras de estatuas de antiguos reyes españoles se puede también apreciar un imponente monumento coronado por una estatua ecuestre del Rey Felipe IV (Figura 1 a), cuyo peso descansa únicamente sobre las patas traseras del caballo. Éstas tocan la base para conseguir un equilibrio escultural que en la época de su construcción, a mediados del siglo XVII, fue considerado una impresionante hazaña de equilibrio. A decir verdad, cuatro grandes artistas colaboraron en el diseño y construcción del monumento: Diego Velázquez, Pietro Tacca, Juan Martínez Montañés y, sorprendentemente, Galileo Galilei.

Con el objeto de emular el monumento de su padre, Felipe III, el cual se alza actualmente en la Plaza Mayor, Felipe IV ordenó que se esculpiera una estatua ecuestre basada en el famoso cuadro de Velázquez, que hoy se puede ver en el Museo del Prado. No obstante, una cosa era *pintar* al Rey montado sobre un caballo rampante, como había hecho Velázquez, y otra muy distinta *esculpir* una estatua que imitara aquella pose e intentar equilibrar el gran peso de metal sustentándola únicamente sobre las dos patas traseras del caballo. El elegido por el Rey para materializar la escultura fue Pietro Tacca, un conocido escultor de Florencia que ya había esculpido la estatua de su padre. Basándose en dos bocetos de Velázquez, Tacca se puso manos a la obra en el proyecto, pero inmediatamente se dio cuenta de que lo que tenía entre manos le planteaba un tremendo desafío: la parte delantera del caballo simplemente era demasiado pesada como para sostener la estatua solo con las patas traseras. Incluso aunque la cola del caballo se anclara de alguna manera a la base, no era suficiente para contrarrestar el tremendo peso de su parte delantera. Sabiendo que el Rey no aceptaría ninguna excusa, Tacca buscó el asesoramiento de otros artistas con el fin de encontrar la solución a su problema. Pero, ¿quién podía ser tan ingenioso como para resolver este entuerto? Finalmente, al desesperado escultor se le ocurrió solicitar la ayuda del más famoso de los físicos y astrónomos de la época: Galileo Galilei. Tacca le escribió una carta y recibió la siguiente respuesta: "*... déjeme decirle que necesitará ocho toneladas de bronce para su estatua, pues la parte trasera (del caballo) debe ser de metal sólido. Le enviaré la inclinación, ángulos y cálculos tan pronto como me sea posible. No dude ni por un instante que dedicaré tanto esfuerzo a solucionar su problema como si se tratara de la más importante de mis investigaciones científicas."*

Galileo solucionó el problema desde el punto de vista de la Estática concentrando la mayor parte del peso en una parte trasera sólida, lo que actuó como contrapeso, una práctica innovadora pues hasta entonces las estatuas de metal acostumbraban a estar huecas. La distribución del peso tenía que ser calculada con precisión, lo cual requería un conocimiento matemático considerable. Así pues, Galileo consiguió que la estatua se encontrara en equilibrio estable al conseguir que la vertical que pasa por el centro de gravedad de la estatua atravesara la base de sustentación, es decir, las patas del caballo. El modelo a tamaño real se completó en Florencia en 1638 y tuvo que recorrer la gran distancia que le separaba de Madrid, donde se hizo el fundido final y la estatua

definitiva (9). Otra cuestión que se puede plantear a los alumnos en relación a los aspectos físicos de la escultura es qué tipo de martillo que tienen que utilizar los escultores para golpear el cincel. ¿Será recomendable utilizar un martillo pequeño o bien uno grande?

A continuación vamos a analizar la Física que subyace en la catedrales góticas. Éstas fueron los primeros edificios en los que se utilizó una construcción parecida a un esqueleto, en la que el principal peso del tejado estaba apoyado sobre grandes columnas, dejando el espacio entre los pilares para que fuera rellenado con cualquier material que el arquitecto quisiera usar. Como esos materiales no tenían que soportar ningún peso, se podía utilizar incluso el vidrio, lo que explica las soberbias vidrieras emplomadas que contribuyeron tanto a la sensación de temor que uno siente en esos edificios. Para ayudar a soportar el peso de las columnas, se utilizaban con frecuencia arbotantes volados (véase la Figura 1 b). En esta estructura, la fuerza hacia abajo del techo debía ser equilibrada por la fuerza hacia arriba del pilar y del arbotante. La segunda ley de Newton nos dice que si el arbotante y el pilar ejercen una fuerza sobre el techo, el techo ejerce una fuerza igual y opuesta sobre arbotante y pilar. Los arbotantes desvían esta fuerza hacia la izquierda, hasta que llega a su propio pilar de soporte. Se supone que el soporte lleva la fuerza hacia los cimientos de forma segura. Pero surge una cuestión: ¿por qué tantos arbotantes tienen estatuas ornamentales en sus columnas de apoyo? La razón puede ser estética, pero ¿hay también razones prácticas? Resulta que sí las hay. El ladrillo y la piedra son muy fuertes bajo compresión. Sin embargo, no soportan fácilmente un peso impuesto oblicuamente. Para ver por qué, consideremos el bloque de piedra superior del pilar de apoyo del arbotante, en la Figura 1 b. Las fuerzas sobre esta piedra se muestran a la izquierda; son, respectivamente, el empuje oblicuo del tejado $\vec{F}_1$ y el peso hacia abajo de la misma piedra $\vec{F}_2$. La fuerza resultante $\vec{R}$ sobre el bloque se obtiene mediante la técnica habitual de adición de vectores, como se ve en la figura. Lo importante en las estructuras de albañilería es esto: si el vector fuerza resultante $\vec{R}$ cae fuera del tercio central del bloque, como se ve en el centro de la figura, el bloque comenzará a oscilar, haciendo que el mortero en el extremo interior del pilar esté sometido a tensión. Esto provoca que el mortero se rompa en ese punto. Si el vector cae fuera del tercio central del bloque, la columna comenzará a torcerse. Con frecuencia se ve este efecto en las chimeneas de las casas viejas. Un modo de impedir que chasquen las juntas es poner una pesada estatua en lo alto del bloque. El peso de la estatua se añade entonces a las fuerzas del bloque, como se ve a la derecha de la figura.

Si la estatua, en nuestro caso una gárgola, pesa lo suficiente, esta fuerza extra hacia abajo será bastante para desviar el vector fuerza resultante de nuevo hacia adentro del tercio central del bloque. Paradójicamente, la columna se vuelve más estable cuando se añade peso a la carga que debe soportar. Obviamente, los constructores medievales no conocían las leyes de composición de vectores, pero tenían una larga tradición de experiencia en erigir edificios que permanecieran de pie. Si no fuera por su comprensión de los hechos que ahora llamamos adición de vectores, no habrían sido capaces de sostener los techos de sus catedrales con muros tan

delgados que pueden ser agujereados por enormes ventanales para que entre la luz, y nos hubiéramos visto privados de la belleza de los cristales emplomados de las catedrales de Chartres, Notre-Dame, León… (10).

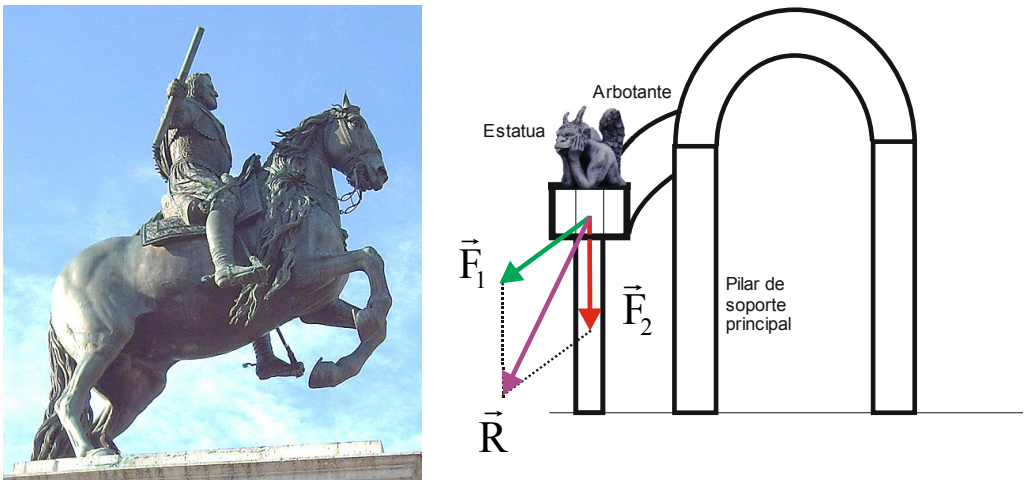


Figura 1. a) Estatua ecuestre del Rey Felipe IV (imagen izquierda); b) Diagrama de fuerzas en un arbotante (imagen derecha).

3. LA FÍSICA EN LA PINTURA

3.1. Los cielos de Velázquez y de Turner

Los bellísimos colores del firmamento, el azul del cielo, las innumerables tonalidades de las nubes, el rojo y el púrpura de las puestas de sol, se deben a los fenómenos de difusión que se producen en las partículas en suspensión o en las mismas moléculas. El mismo origen tienen los colores de las disoluciones coloidales. Todos estos fenómenos fueron estudiados por Tyndall (1867), y plenamente explicados por lord Rayleigh (1871), quien demostró que la intensidad luminosa difundida en una dirección determinada es proporcional al cuadrado del volumen de las partículas y está en razón inversa de la cuarta potencia de la longitud de onda. Si una onda luminosa encuentra una partícula, se rompe o difunde en ondas que ya no se propagan en la dirección primitiva, sino que van en direcciones laterales. La difusión es tanto más intensa cuanto más corta es la longitud de onda, de donde resulta que en la *luz* difundida lateralmente predominan los rayos azules, mientras que los rayos rojos, que tienen mayor longitud de onda, serán poco difundidos y seguirán preferentemente la dirección primitiva, lo cual explica el color azul del cielo y el rojo del Sol y de la Luna cuando salen o se ponen.

Si aumenta el volumen de las partículas, crece también la proporción de luz difundida en una dirección determinada y entonces puede llegar a ser apreciable, no solo para el extremo azul del espectro, sino también para las restantes radiaciones de

mayor longitud de onda. Por eso el firmamento, que es azul cuando no tiene más que moléculas gaseosas, se hace gris o blanco cuando contiene gotitas de agua. El humo azul de un cigarrillo se vuelve blanquecino cuando ha estado en la boca del fumador, pues cada partícula de carbón ha aumentado de tamaño por haberse rodeado de una envoltura de agua.

Diego Rodríguez de Silva y Velázquez (1599-1660) conocido como Velázquez, fue un pintor barroco, considerado uno de los máximos exponentes de la pintura española y maestro de la pintura universal. El cielo de Madrid es particularmente transparente, despejado, sin nubes. Diego Velázquez lo supo llevar a sus pinturas y por eso se habla en Madrid del "cielo velazqueño" (figura 1 a) , porque la mayor parte del año el cielo es terso, asombrosamente azul. Una posible explicación del intenso azul del cielo de Madrid es porque está muy despejado de nubes, por tanto la difusión Rayleigh es predominantemente producida por moléculas gaseosas como nitrógeno y oxígeno. A continuación se podría plantear a los alumnos: ¿fue Rayleigh el primer científico que explicó el azul del cielo? Evidentemente la respuesta es negativa. Solo con partículas en suspensión como las del polvo no se puede obtener una difusión tan considerable que explique la tonalidad azul del cielo. Fue Einstein el que tras una serie de cálculos postuló que el aire está formado de moléculas, y es la difusión de éstas la que produce ese maravilloso color azul.

William Turner (1775-1851) fue un gran paisajista romántico inglés: es el pintor de la bruma inglesa, de los puentes del Támesis, del humo y de los árboles que se pierden en la niebla, de las rojizas puestas de sol y el pintor de marinas. Pero también es el pintor de las aguas tranquilas de los canales venecianos. De acuerdo con lo expuesto anteriormente, el color rojizo de las puestas de sol es causado por el polvo atmosférico, entre otros. La luz azul que tiene una longitud de onda más pequeña que la luz roja, es más fácilmente difundida por pequeñas partículas de polvo o por gotitas de agua suspendidas en la estratosfera. Luego la luz azul es "apartada" de la luz solar dejando a la luz roja detrás. Las puestas de sol de Turner fueron analizadas por Hubert Lamb de la Universidad de East Anglia. Señaló que en un período de actividad volcánica entre 1783 y 1802 hubo una serie de erupciones que lanzaron polvo al aire y produjeron espectaculares efectos ópticos que fueron comentados por muchos observadores durante la primera mitad del siglo XIX. Las famosas puestas de sol de Turner fueron apreciables después de 1807 y alcanzaron su punto álgido sobre 1830, cuando la estratosfera contenía muchos restos volcánicos.

3.2. El Cubismo y la cuarta dimensión

Los años comprendidos entre 1890 y 1910 pueden considerarse los años dorados de la cuarta dimensión. Fue un tiempo durante el que las ideas originadas por Gauss y Riemann impregnaron los círculos literarios, la vanguardia y las ideas del público en general, influyendo en las tendencias artísticas, literarias y filosóficas. La nueva rama de la filosofía, denominada teosofía, fue influida profundamente por las dimensiones más altas. Por un lado, los científicos serios lamentaban este desarrollo porque los resultados rigurosos de Riemann estaban siendo ahora arrastrados por los titulares de

los periódicos sensacionalistas. Por otro lado, las popularizaciones de la cuarta dimensión tuvieron un aspecto positivo. No solo ponían los avances en matemáticas a disposición del público general, sino que también servían como una metáfora que podía enriquecer y fertilizar las corrientes culturales. La historiadora del arte Linda Dalrymple Henderson, en su obra *The Fourth Dimension and Non-Euclidean Geometry in Modern Art,* elabora esta idea y argumenta que la cuarta dimensión tuvo una influencia crucial en el desarrollo del cubismo y del expresionismo en el mundo del arte. Escribe que "fue entre los cubistas donde se desarrolló la primera y más coherente teoría artística basada en las nuevas geometrías". Para la vanguardia, la cuarta dimensión simbolizaba la revolución contra los excesos del capitalismo.

En la Edad Media, el arte religioso se caracterizó por su deliberada falta de perspectiva. Siervos, campesinos y reyes se representaban como si fuesen planos, de un modo muy parecido a como los niños dibujan a las personas. Estas pinturas reflejaban básicamente la visión de la Iglesia de que *Dios* era omnipotente y podía así ver por igual todas las partes de nuestro mundo. El arte tenía que reflejar su punto de vista, de modo que el mundo era pintado bidimensionalmente como si una lámina de cristal se hubiese colocado sobre sus cuerpos comprimiéndolos contra el tapiz. El arte del Renacimiento fue una revuelta contra esta perspectiva plana centrada en Dios, y empezó a florecer el arte centrado en el hombre, con amplios paisajes y gentes reales tridimensionales pintadas desde el punto de vista del ojo de una persona. En los magníficos estudios de Leonardo da Vinci sobre perspectiva, vemos las líneas en sus bocetos que aparecen en un solo punto del horizonte. El arte del Renacimiento reflejaba el modo en que el ojo veía el mundo, desde el punto de vista singular del observador. En los frescos de Miguel Ángel o en el libro de apuntes de Da Vinci vemos figuras principales e imponentes que parecen salir de la segunda dimensión. En otras palabras, el arte del Renacimiento descubrió la tercera dimensión.

Con el comienzo de la edad de las máquinas y el capitalismo el mundo artístico se rebeló contra el frío materialismo que parecía dominar la sociedad industrial. Los cubistas se preguntaban: ¿Por qué el arte debe ser clínicamente "realista"? Esta "revuelta cubista contra la perspectiva" se apoderó de la cuarta dimensión porque afectaba a la tercera dimensión desde todas las perspectivas posibles. Dicho de forma simple, el arte cubista abrazó la cuarta dimensión. Los cuadros de Picasso son un ejemplo espléndido, que muestra un claro rechazo de la perspectiva, con rostros de mujeres vistos simultáneamente desde varios ángulos. En lugar de un solo punto de vista, los cuadros de Picasso muestran perspectivas múltiples, como si hubieran sido pintados por alguien de la cuarta dimensión, capaz de ver todas las perspectivas simultáneamente. Los pintores abstractos no solo trataban de visualizar los rostros de la gente como si estuviesen pintados por una persona tetradimensional, sino que también trataban el tiempo como la cuarta dimensión. En el cuadro de Marcel Duchamp "*Desnudo descendiendo por una escalera",* (ver Figura 2 a) vemos una representación borrosa de una mujer, con un número infinito de imágenes suyas superpuestas en el tiempo a medida que baja las escaleras. Así es como una persona tetradimensional vería a la gente, percibiendo toda la secuencia temporal de una vez, si el tiempo fuera la cuarta dimensión (11).



Figura 2 . "Desnudo descendiendo por una escalera", de Marcel Duchamp (imagen izquierda); "Castillo en los Pirineos", de René Magritte (imagen derecha).

René François Ghislain Magritte (1898-1967) fue un pintor surrealista belga. Conocido por sus ingeniosas y provocativas imágenes, pretendía con su trabajo cambiar la percepción precondicionada de la realidad y forzar al observador a hacerse hipersensitivo a su entorno. Su obra es más conceptual que la de otros contemporáneos suyos. Mientras que Dalí invoca al subconsciente emocional, Magritte apela a la inteligencia del espectador, buscando siempre la contradicción intelectual o verbal. Por ejemplo, el título de sus obras es también surrealista y raramente se corresponde con el contenido. Aun así obtiene resultados de notable fantasía. Aquí analizamos su óleo "Castillo en los Pirineos" (1959), pintura simbólica (ver Figura 2 b), desde el punto de vista de la Física. Este óleo tiene un interés altamente didáctico. Se aprecia un castillo sobre un planetoide que se mantiene geoestacionario a una pequeña altura sobre la superficie del mar. Así pues, se plantea a los alumnos la siguiente pregunta, ¿Es posible colocar un satélite geoestacionario a una pequeña altura sobre el mar? Se les pide a los alumnos que realicen el cálculo correspondiente. Un simple cálculo (12) muestra que esta situación es imposible, ya que la altura a la que se encuentra un satélite geoestacionario ha de ser de 35800 km. Tampoco se podría colocar un satélite geoestacionario sobre los Pirineos, ya que aquel solo se puede colocar en una órbita ecuatorial donde la fuerza de la gravedad actuaría como fuerza centrípeta.

CONCLUSIÓN

Hemos diseñado un modelo de actividad interdisciplinar que nos permite explicar diferentes conceptos físicos a través de obras de arte conocidas, poniendo de manifiesto que el arte tiene un sustento inherente en la Física.

REFERENCIAS

1. Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del Bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. BOE núm. 266. Martes 6 noviembre **2007**, pp. 45381-45477.
2. 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. BOCM núm 152. Viernes 27 de junio de **2008**, pp. 6-84.
3. D. Ausubel, J. Novak , H. Hanesian, *Educational psychology: A cognitive view,* Holt, Rinehart y Winston, New York (1978).
4. A. Gómez, A. de Andrea, *Revista Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales,* **2003**, *Vol. 37,* 99-105.
5. A. Gómez, A. de Andrea, en *Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos*, pp. 61-66, G. Pinto (Ed.), Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2005).
6. A. de Andrea, A. Gómez, en *Aprendizaje activo de la Física y la Química,* G. Pinto (Ed.), Equipo Sirius, Madrid (2007).
7. A. Gómez, A. de Andrea, en *La Química como materia básica de los grados de ingeniería*, pp. 139-147, J. Martínez Urreaga y G. Pinto (Ed.), Ed. Sección de Publicaciones de la ETS de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2009).
8. A. Gómez, A. de Andrea, *La Química como materia básica de los grados de ingeniería*, pp. 131-138, *Ibíd.*
9. P. Besas, M. Besas, *El Madrid Oculto*, Ediciones La Librería, Madrid (2009).
10. J. Trefil, *A Scientist at the Seashore*, Dover, New York (2005).
11. M. Kaku, *Hiperespacio: Una odisea científica a través de universos paralelos, distorsiones del tiempo*, Crítica, Barcelona (2007).
12. I. Píñar, A. de Andrea, A. Gómez, *Física,* Edelvives, Zaragoza (2003).

LA DIVULGACIÓN DE CONCEPTOS FISICOQUÍMICOS A TRAVÉS DE TEXTOS LITERARIOS INGLESES, ALEMANES Y ESPAÑOLES

Ángel de Andrea González[a], Francisco Godoy Tena[b]
[a] Departamento de Física, Escuela Politécnica Superior
Universidad Carlos III de Madrid
[b]Departamento de Filología Inglesa, Facultad de Filosofía y Letras
Universidad Autónoma de Madrid
aandrea@fis.uc3m.es, f.godoy@uam.es

En el presente trabajo establecemos un nexo de unión entre la física y la literatura inglesa, alemana y española, desde un punto de vista interdisciplinar, con objeto de utilizar determinados fragmentos literarios para llevar a cabo una divulgación de la física, detectando, entre otros, posibles errores conceptuales.

1. INTRODUCCIÓN

La alfabetización científica y literaria son una necesidad en la sociedad actual. Las Ciencias y la Literatura son parte de la cultura y desde nuestro punto de vista no pueden ocupar compartimentos estancos. El sistema educativo actual ha respondido a esta necesidad con la implantación de la asignatura *Ciencias para el mundo contemporáneo*, la cual es de carácter obligatorio para todos los alumnos de primero de Bachillerato, independientemente de su itinerario (1, 2).

En este trabajo exponemos una metodología de carácter interdisciplinar para transmitir y divulgar conceptos fisicoquímicos a través de fragmentos literarios tanto en la E.S.O. y en Bachillerato, así como en los primeros cursos universitarios. Esta estrategia está destinada a familiarizar a los alumnos con las estrategias básicas de la actividad científica. Esta metodología está basada en un aprendizaje significativo y funcional (3-5), toda ella fruto de nuestra labor docente en el aula. Hemos podido comprobar que una metodología de estas características mejora la imagen de la Ciencia y la Literatura, es un factor motivador, favorece el aprendizaje y el cambio conceptual, metodológico y actitudinal, contribuyendo a la integración de la Ciencia y la Literatura en la cultura. Por otro lado, en la ESO se pueden trabajar las siguientes competencias: científica, social y ciudadana, cultural y artística, competencia para aprender a aprender y autonomía e iniciativa personal.

La introducción de términos relacionados con la física moderna se ha ido realizando en la vida normal durante mucho tiempo. Así por ejemplo, el término "quark" tiene su origen en la obra maestra de tintes modernistas *"Finnegans Wake"*, del escritor irlandés James Joyce (1882-1941): *"Three quarks for Muster Mark!; sure he has not got much of a bark and sure any he has it's all beside the mark"*.

Joseph Conrad (1857-1924), novelista polaco que adoptó el inglés como lengua literaria, tiene en sus escritos sobre el mar una serie de términos relacionados muy estrechamente con los fenómenos meteorológicos. En el presente trabajo nos vamos a centrar en estos fenómenos de la naturaleza, estableciendo una relación entre la Física

y la Literatura Inglesa en un marco bilingüe español-inglés. Por otro lado, Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), poeta, novelista, dramaturgo y científico alemán, hace uso de numerosos términos relativos a la física que podemos usar dentro de nuestras aulas, también para la enseñanza de la lengua alemana como segundo idioma extranjero, desde el punto de vista del bilingüismo. Analizaremos fragmentos de la obra de Gustavo Adolfo Bécquer (1836-1870), poeta y narrador español, perteneciente al movimiento del Romanticismo; fragmentos extraídos de su obra "Rimas y Leyendas", los cuales hacen referencia a conceptos fisicoquímicos. Referencias a conceptos fisicoquímicos, en la línea de los anteriores, se podrían utilizar en fragmentos de la obra de Antonio Machado (1835-1939), poeta español, miembro tardío de la Generación del 98. Los fragmentos analizados de este autor son de "Campos de Castilla". Para terminar, analizaremos los errores conceptuales en los referidos fragmentos literarios en lo que a fenómenos fisicoquímicos se refiere (9, 10).

2. LITERATURA INGLESA

El presente trabajo se va a enfocar en estos fenómenos de la naturaleza, estableciendo una relación entre la Física y el Inglés en la obra de Conrad. Desde el punto de vista interdisciplinar se están tratando las siguientes competencias: competencia lingüística, competencia científica, competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico, tratamiento de la información y competencia digital, competencia social y ciudadana, competencia cultural y artística, competencia para aprender a aprender, autonomía e iniciativa personal.

En lo que a estadísticas se refiere, en el curso 1996/1997 diez colegios públicos se acogen a un convenio entre el Ministerio de Educación y Ciencia y el *British Council*. El Programa Bilingüe en la Comunidad de Madrid se inicia en el curso 2004/2005 con 26 colegios públicos de Educación Infantil y Primaria. En el curso 2008/2009 se implantó en 25 Centros Concertados; en el curso 2010/2011 se implantó en 32 Institutos Bilingües. En la actualidad existen en la Comunidad de Madrid 242 Colegios Públicos, 32 Institutos de Enseñanza Secundaria, 72 Centros Concertados y 10 colegios públicos con convenio MEC – British. La importancia del inglés en nuestra sociedad es indiscutible, tanto a nivel educativo como en otros estratos, como el laboral y de negocios. Todo ello hace necesario que su estudio merezca todo el esfuerzo por parte del sistema educativo para impartir el inglés dentro de las aulas bilingües.

Así pues, a partir de lo investigado en los documentos a tratar, se ha podido observar la proliferación de numerosos términos que pueden ser introducidos en las aulas bilingües. En lo que a fenómenos atmosféricos se refiere, dentro de la novela de Joseph Conrad, *Lord Jim* (6), se puede observar una terminología utilizada para la descripción de los mismos y que se puede incluir dentro del corpus en la enseñanza de la física. Así por ejemplo, *"(...) a flash of faded lightning darted in through the black framework (...)"* (pág. 137*)*; *"(...) and his shadowy claim, like a man panting under a burden in a mist"* (pág. 169). Nótese el uso de "mist" en el sentido de "neblina", todo ello en una atmósfera en donde reina: *"superheated air (...) the air seemed to stir (...)*

great waves of glitter blew lightly along the pitted dark surface, as swift as feather chased by the breeze (...)" (pág. 249-250).

En cuanto a los fenómenos astronómicos, otro de los aspectos de la novela de Conrad es la introducción de aspectos relacionados con lo astronómico y que aparece dentro de su novela con bastante frecuencia: *"(...) The sun, whose concentrated glare dwarfs the earth into a restlessmote of dust (...)"* (pág. 230). Esta cita explica magníficamente el atardecer. De nuevo, la utilización poética del lenguaje sublime de Conrad aplicado como introducción a nuestra clase de física, en lo que a fenómenos astronómicos se refiere. Asimismo, en todo un párrafo (pág. 242) podemos aprender terminología inglesa para explicar la similitud con un eclipse. A continuación, podemos ver una parte del mismo: *"(...) the rising moon seemed to cast its shadow upon the ground ... in this mournful eclipse-like light the stumps of felled trees uprose very high (...)"*

La atmósfera en la que se encuentra el protagonista, oscura y opresora, queda enmarcada en este fenómeno tan conocido, y que puede dar pie a un inicio para la explicación de cómo se produce un eclipse: *"cast the shadow"* y otras expresiones pueden ser, a corto plazo, adoptadas en el corpus relativo a la física en lengua inglesa, que se completa con aspectos como *"the fiery orb (...) the low sun glowing (...)"*, una bella descripción del Sol.

3. LITERATURA ALEMANA

El presente estudio se dirige al campo de la física dentro de su obra y la relación interdisciplinar entre el alemán, presente en muchos centros de secundaria, y la física, si bien es cierto que se traducirá al español para su mejor comprensión. Así por tanto desde el punto de vista interdisciplinar se están tratando las siguientes competencias: competencia lingüística, competencia científica, competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico, tratamiento de la información y competencia digital, competencia social y ciudadana, competencia cultural y artística, competencia para aprender a aprender, autonomía e iniciativa personal.

La lengua alemana se encuentra en la posición décima en la enseñanza a nivel mundial, siendo la lengua materna más hablada dentro de la UE. A nivel profesional, se encuentra en segunda posición (18%), por detrás del inglés (26%), como idioma más utilizado en las PYMES. Todo ello hace que el alemán sea un atractivo para el estudiante como parte formativa de su futuro. En el curso 2007-2008, un 1,4% de los escolares estudiaban alemán como primera o segunda lengua (2,3% en el sector privado y 0,4% en el sector público), ocupando España unos de los últimos puestos dentro de la enseñanza y aprendizaje de este idioma si bien es cierto que ha habido un aumento en el número de alumnos estudiantes de la lengua germana frente al período 1999-2000. Sin embargo, gracias al programa de Bolonia, es obligatorio el estudio de un segundo idioma extranjero, eligiendo el alemán como segundo idioma con mucha más frecuencia que en años anteriores. El incremento en el prestigio de la lengua de Goethe, junto con el anteriormente mencionado proceso de Bolonia, hace que su

estudio sea cada vez más importante, habiendo surgido en los últimos años numerosos acuerdos con varias comunidades españolas, como Baleares, Cataluña o Madrid.

Dentro de este marco, cada vez más halagüeño para el idioma germano, se pueden aplicar los mismos aspectos observados dentro de la lengua inglesa. Para ello, se utilizará a Wolfram von Goethe como precursor, no solamente de la literatura alemana, sino también como base en el aprendizaje del alemán como lengua extranjera dentro del contexto de la física. A partir de lo investigado en los documentos a tratar se ha podido observar la proliferación de numerosos términos que pueden ser introducidos en las aulas bilingües. Así, los fenómenos atmosféricos son los primeros analizados en el presente documento. Wolfrang von Goethe (7) introduce, del mismo modo que pudimos observar con Joseph Conrad, una serie de fenómenos naturales, comunes para los ciudadanos, en donde podemos iniciar dicho camino en el conocimiento del alemán físico y científico.

Los fenómenos astronómicos son recurrentes en los documentos de los autores románticos alemanes. Así, por ejemplo, podemos encontrar el siguiente ejemplo en un poema de Goethe, titulado *"An Belinden Mondenshein (...) Schauerlicht umflossen"* en cuyos términos podemos observar una terminología muy básica para el futuro estudiante de lengua alemana. Simplemente este ejemplo nos puede dar una idea de cómo podemos iniciar nuestro aprendizaje de fenómenos físicos dentro de la lengua germana. Goethe introduce términos de origen griego (*kronos*) para introducir el tiempo como medida en sus poemas (*An schwanger Kronos*), ampliando dicha terminología con vocablos como *warm* o *kalt*, sencillos, pero base necesaria para dicho aprendizaje (*An Charlotte*). No obstante, para niveles más altos de clases bilingües en lengua alemana, podemos obviamente aumentar el caudal y nivel del propio texto a tratar dentro de nuestra clase de Física.

A continuación se muestran algunos fragmentos literarios de Goethe en castellano que se podrían utilizar en el aprendizaje de la Física y Química haciendo uso de un aprendizaje interdisciplinar:

(Poesía Lírica, parte III, Dios y el Mundo)

¡Fragmentar la luz podríais,
sacar de ella los colores
a vuestro placer y otros
juglarescos trucos torpes.
Realizar polarizando
esferillas, porque el pobre
espectador se deslumbre
como aquel que ve visiones!
¡No! Nada así lograréis (…)
Con igual brío que al principio,
en línea recta hasta el fin (…)

(Poesía Lírica, parte III Xenias Pacatas)

Cuando siempre, en lo infinito,
se repite eternamente
una y otra vez lo mismo
y las múltiples esferas
entre sí guardan la unión
con incontrastable fuerza;
y de vivir la alegría
emana de toda cosa (…)

En el fragmento de "*Dios y el Mundo*", ha quedado definido el concepto de dispersión luminosa "*(...) ¡Fragmentar la luz podríais, sacar de ella los colores!"*. Asímismo, en la sentencia *"(...) con igual brío que al principio, en línea recta hasta el fin (...)"* queda definida la propagación rectilínea de la luz con rapidez constante. Ahora es el momento de hacer reflexionar a los alumnos si la propagación de la luz será siempre rectilínea (se trata de llegar de esta manera al concepto de difracción, por ejemplo). En *"Xenias Pacatas"* se hace una clara referencia a Ley de Gravitación Universal aplicada a la mecánica celeste *"(...) y las múltiples esferas entre sí guardan la unión con incontrastable fuerza"*.

4. LITERATURA ESPAÑOLA

Se podrían utilizar también fragmentos de la obra de Gustavo Adolfo Bécquer, extraídos de "Rimas y Leyendas" (8), los cuales también hacen referencia a conceptos fisicoquímicos:

XXVII

(…) "Despierta, miras y al mirar, tus ojos
húmedos resplandecen.
Como la onda azul en cuya cresta
chispeando el sol hiere"

XXIV

(…) dos notas del laúd
a un tiempo la mano arranca,
y en el espacio se encuentran
y armoniosas se abrazan.

(…) dos jirones de vapor
que del lago se levantan
y al juntarse allá en el cielo,
forman una nube blanca.

XXXVIII

Los suspiros son aire, y van al aire.
Las lágrimas son agua, y van al mar.
Dime, mujer, cuando el amor se olvida
¿sabes tú adónde va?

XXI

¿Qué es poesía? dices, mientras clavas
en mi pupila tu pupila azul (…)

LXXIII

(…) Aunque el viento en los ángulos
oscuros
de la torre silbara
del coro entre las voces percibía
su voz vibrante y clara.

Errores conceptuales quedarían reflejados en la rimas XXVII, XXIV, XXI. Por ejemplo, en la rima XXVII habría que destacar que cuando una persona se despierta nunca puede tener los ojos húmedos, ya que ha tenido lugar una considerable evaporación del fluido lagrimal y, por ende, tendría los ojos resecos. En la rima XXIV quedaría patente otro error conceptual en lo que a la formación de las nubes se refiere y enmarcado en la Termodinámica, puesto que éstas no están formadas por vapor, como queda reflejado en muchos pasajes literarios, sino por pequeñas gotitas de agua en suspensión que han alcanzado una velocidad límite. Por otro lado, en la rima XXI

se confunde la pupila con el iris, ya que la pupila siempre se percibe como un círculo más o menos negro a través del cual se observa parte de la retina, ya que es el orificio de entrada de la luz al ojo. Tampoco se puede decir que una persona tiene los ojos de color azul, puesto que lo que en realidad hay en el iris es una menor o mayor cantidad de melanina que difunde con mayor intensidad las longitudes de onda corta de la luz blanca (Difusión Rayleigh). Es decir, el iris tiene una coloración marrón, pero los ojos de una persona con una pequeña concentración de melanina los vemos azules o verdes por un fenómeno de difusión Rayleigh. En la rima XXXVIII hay una clara referencia al sonido, pero aparece otro error conceptual al afirmar que "(…) los suspiros son aire": se está confundiendo el fenómeno ondulatorio (el sonido), con su medio de propagación, en este caso el aire.

En la rima LXXIII está definido el fenómeno de la interferencia del sonido al sentenciar *"(...) aunque el viento en los ángulos oscuros, de la torre silbara, del coro entre las voces percibía su voz vibrante y clara"*. En efecto, se hace patente que cuando dos ondas interfieren, a continuación éstas continúan su marcha como si no hubiesen interferido. Esta es la razón por la cual podemos mantener una conversación cruzada entre cuatro personas.

Referencias a conceptos fisicoquímicos, en la línea de los anteriores, se podrían utilizar en fragmentos de la obra de Antonio Machado, concretamente de "Campos de Castilla" (9) a saber:

CXIII

¡Es la tierra de Soria árida y fría.
Por las colinas y las sierras calvas,
verdes pradillos, cerros cenicientos,
la primavera pasa
dejando entre las hierbas olorosas
sus diminutas margaritas blancas

XXIX

Caminante, son tus huellas
el camino, y nada más;
caminante, no hay camino,
se hace camino al andar.

Así, por ejemplo, en la rima CXIII hay referencias evidentes a la calorimetría, en concreto a la capacidad calorífica específica (calor específico*) "(...) Es la tierra de Soria árida y fría"*. Aquí se puede hacer reflexionar a los alumnos para que posteriormente expliquen, utilizando el concepto de calor específico, la razón por la cual los climas continentales (el de Soria) son tan extremados y los marítimos tan moderados. Por otro lado, en "(...) *La primavera pasa dejando entre las hierbas olorosas sus diminutas margaritas blancas (...)"* hay un clara referencia al fenómeno de la sublimación progresiva. Mientras, en la rima XXIX, hay una clara referencia a la cinemática del punto: en concreto Machado define el concepto de trayectoria.

5. CONCLUSIÓN

Hemos analizado el potencial que puede tener el análisis de fragmentos literarios en la divulgación de los conceptos físico-químicos entre los estudiantes de enseñanzas

medias, así como de universidad, poniendo un especial énfasis en la enseñanza bilingüe.

REFERENCIAS

1. Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. BOE núm. 266. Martes 6 noviembre **2007**, pp. 45381-45477.
2. 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. BOCM núm 152. Viernes 27 de junio de **2008**, pp. 6-84.
3. D. Ausubel, J. Novak, H. Hanesian, *Educational psychology: A cognitive view,* Holt, Rinehart y Winston, New York (1978).
4. A. Gómez, A. de Andrea, en Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos (pp. 61-66), G. Pinto (Ed.), Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2005).
5. I. Píñar, A. de Andrea, A. Gómez, *Física,* Edelvives, Zaragoza (2003).
6. J. Conrad, Penguin Books, London (1994).
7. W. Goethe, *Obras Completas,* Aguilar, Madrid (2003).
8. G.A. Bécquer, *Rimas y Leyendas,* Santillana, Madrid (2005).
9. A. Machado, *Campos de Castilla y otros poemas*, Santillana, Madrid (2005).

ENCUENTRO DE CIENCIAS BEZMILIANA: UN EJEMPLO DE CLUB CIENTÍFICO Y DE IMPLICACIÓN DE ALUMNOS

Ana María Martínez Martín, Inmaculada Durán Torres
Club Científico Bezmiliana, I.E.S. Bezmiliana, Rincón de la Victoria, Málaga
martinezm.ana@gmail.com, sofiaifa@hotmail.com

Vemos necesario que la Ciencia tenga un papel más atractivo, más práctico y, con ello, más motivador para nuestros alumnos en su proceso de aprendizaje. Los alumnos se ilusionan y trabajan cuando se les plantea una curiosidad científica que conlleva un estudio, una experimentación y la transmisión de unos resultados. El número de alumnos que forman parte del club científico y que participan en encuentros, congresos y ferias de ciencias realizando presentaciones ha aumentado en cada curso. La organización de un Encuentro de Ciencias es uno de los retos de este club científico Bezmiliana.

1. INTRODUCCIÓN

El Club Científico Bezmiliana tiene entre sus objetivos el motivar y despertar en el alumnado vocaciones científicas que se han visto mermadas drástica y continuamente durante la última década. En el documento (1) "Esfuerza, 5 desafíos: 80 medidas" se recoge específicamente esta necesidad en el desafío número 4 "Contribuir desde la educación al cambio hacia una economía sostenible". En dicho desafío se incluye un punto 4.3 titulado "Despertando más vocaciones científicas" con estas tres medidas:

- Realizando un especial seguimiento de la adquisición de las competencias científicas por parte del alumnado.
- Orientando académica y profesionalmente al alumnado de E.S.O. para despertar vocaciones científicas.
- Organizando campañas de divulgación científica, colaborando en la organización de ferias y eventos y organizando visitas de escolares a espacios de interés científico-tecnológico.

Llevamos diez años trabajando la Ciencia en el Club Científico Bezmiliana, con el objetivo principal de promover y divulgar la actividad Científica entre nuestros alumnos y en la sociedad. Este trabajo ha sido reconocido en varias ocasiones mediante la concesión de premios a nuestro trabajo. Asimismo, en (2), se cita: "si existe en Andalucía un ejemplo claro del buen hacer por la divulgación científica, ya sea dentro como fuera del aula, ese es sin duda alguna el Club Científico Bezmiliana".

Nos gustaría destacar que el 14 de junio de 2010 concedieron al Club Científico Bezmilina el Premio al Mérito Educativo (3). En dicho reconocimiento se cita: "El Club Científico del Instituto de Enseñanza Secundaria Bezmiliana es una agrupación de alumnado y profesorado que de modo voluntario y fuera de la actividad curricular reglada se ha propuesto los objetivos de promover, cultivar, practicar y divulgar la ciencia y la actividad científica, contribuir a la formación y consolidación de una

cultura científica, y promover la racionalidad y divulgar la metodología de trabajo propia de la actividad científica".

2. METODOLOGÍA

No es frecuente encontrar un grupo de profesores dispuestos a trabajar de manera voluntaria para la organización de un Encuentro de Ciencias. Sin embargo, en nuestro instituto contamos con un grupo de trece profesores (Figura 1) dispuestos a ello. Aprovechando nuestra ilusión para dar a las Ciencias una visión más atractiva, más experimental y, por ello, más motivadora para los alumnos y también para los profesores, nos propusimos organizar un Encuentro de Ciencias. Tras el éxito de este primer Encuentro, siguieron otras ediciones hasta llegar este curso, donde organizamos el IV Encuentro de Ciencias Bezmiliana.

La forma de trabajar es en equipo, ya que así se multiplican los resultados. Nos reunimos una vez por semana en el recreo para compartir ideas, repartir tareas, coordinar el trabajo y mantenernos informados de lo que cada uno va haciendo. Una parte muy importante del tiempo de nuestras reuniones se dedica a los asuntos de organización del Encuentro de Ciencias.



Figura 1. Profesores del Club Científico Bezmiliana.

Nuestro punto de partida es fijar la fecha del Encuentro, que durará dos días, lo cual requiere tener en cuenta otras ferias de Ciencias que se organizan, para no hacerlas coincidir. Procuramos que dicha fecha sea o a finales de abril o a primeros de mayo. Por otro lado, el Encuentro de Ciencias requiere la colocación de unas carpas, que se instalan en el patio del centro, en donde ubicamos a los distintos alumnos de distintos centros para enseñar sus experimentos, sus maquetas o sus investigaciones. Por eso otra actividad urgente a resolver es si podemos disponer de dichas carpas, ya que sin ellas el Encuentro sería inviable.

2.1. Organización de los Encuentros de Ciencias

Con la fecha del encuentro ya fijada, preparamos y enviamos cartas a los distintos centros de enseñanza, para que estén informados y puedan planificarse para poder asistir a dicho evento. Les pedimos que nos envíen una confirmación de participación. También tenemos la confirmación de que nos ceden las carpas, que solicitamos a la Diputación Provincial de Málaga y a la Real Sociedad Española de Química, sección Málaga. Ahora nos ponemos a planificar todos los detalles del Encuentro:

- El acto inagural.
- Los carteles (Figura 2).
- Los dípticos.
- La recepción de los centros que asistirán.
- El día asignado a cada centro participante y su ubicación en una de las carpas.
- El horario de visitas a las carpas de los alumnos del propio centro y de los centros visitnantes.
- El horario de visitas a las Exposiciones.
- El horario de asistencia a las distintas conferencias, charlas o talleres.
- El desayuno de profesores participantes y de alumnos monitores.
- Atención a la prensa y medios de comunicación.



Figura 2 .Carteles de los Encuentros de Ciencias.

2.2. Programación de los Encuentros de Ciencias

Otra tarea importante que hacemos es determinar qué otras actividades en paralelo realizaremos durante estos días que dura nuestro Encuentro de Ciencias. Buscamos exposiciones, relacionadas con un tema de interés científico, para poderlas exponer en las salas de exposiciones con las que cuenta nuestro instituto. Algunos ejemplos de ellas han sido: Exposición sobre Darwin (Figura 3), la percepción, el patrimonio tecnológico, el cambio climático, Einstein.

Ofertamos distintos talleres de actividades, con una participación más interactiva, como, por ejemplo, taller de poliedros, de tintas, de poesía, de pan. Para nuestros visitantes más pequeños, alumnos de Educación Infantil, ofrecemos un taller sobre

química y física mágica (Figura 3).

También pensamos en personas y en temas de interés para impartir conferencias, charlas, coloquios o debates. Tenemos la gran suerte de poder contar con el Centro de Ciencias de Málaga, Principia, que colabora con nosotros dando una conferencia de carácter práctico y que tiene mucho éxito entre los asistentes. Programamos que nuestros alumnos expongan alguna de las investigaciones realizadas, que bien se han llevado a algún certamen de Ciencias o bien se han presentado a algún congreso o concurso.



Figura 3. Exposición sobre Darwin (izquierda) y taller de química mágica (derecha).

2.3. Implicación del alumnado

Todo esto no sería posible sin la colaboración de nuestros alumnos del Club Científico. Nosotros, los profesores, continuamos con nuestro horario normal de clases y son los alumnos los encargados de llevar a la práctica todo lo que hemos organizado, aunque siempre tenemos un profesor de guardia para supervisar cualquier dificultad que pueda ir apareciendo.

Los alumnos se encargan de las siguientes tareas:

- A medida que van llegando los diferentes centros que participan una pareja de alumnos se responsabiliza de acogerlos, llevarlos a la carpa asignada y ayudarles en todo lo que necesiten durante todo el día.
- Si los centros vienen a visitar el Encuentro, también se les asigna un alumno que les informe de los horarios y les acompañe durante toda la visita. De estas dos tareas se encargan los alumnos acogedores.
- Otro grupo de alumnos controla que en las salas de exposiciones se encuentre el grupo que tiene la visita concertada, ya que está organizado un horario de visitas para cada exposición con tiempo adecuado para ello. Las exposiciones tienen una cuestiones que deben rellanar los alumnos que la visitan y normalmente organizamos un concurso con un premio, para motivar más que den las respuestas correctas, y son estos alumnos los encargados de recogerlas. Controlan el comportamiento de los que

asisten y si observan algo inadecuado se lo dicen al profesor que está de guardia con ellos.

- Otro grupo de alumnos son los encargados de estar en la puerta o zonas de entrada al recinto donde se ubican las carpas, ya que solo pueden acceder los alumnos de otros centros que están particiapando o visitando el Encuentro y los grupos de alumnos de nuestro instituto que están programados a asitir en un horario y siempre acompañados de su profesor/a. De estas dos tareas se encargan los alumnos vigilantes.

La actividad más importante que hacen nuestros alumnos es la de ser monitores de las distintas experiencias que van a mostrar durante los días del Encuentro. Son ellos los que explicarán, a todo el que se acerque, la investigación que han desarrollado, el experimento que exponen y cuál es el fundamento científico. En definitiva, son los auténticos protagonistas, los responsables, y nuestra experiencia es que lo hacen muy bien (Figura 4).

Estas investigaciones que muestran a otros alumnos las van desarrollando con un profesor durante el curso, reuniéndose semanalmente, en los recreos, de manera voluntaria. De esta manera van realizando su experimentación científica, acercándose al mundo de la ciencia, que culmina con la comunicación de los resultados obtenidos.



Figura 4. Alumnos monitores desarrollando su actividad.

Es la satisfacción de poder comunicar lo que han estado trabajando durante el curso y ver la acogida y el interés que en otros despierta su trabajo lo que compensa todo este esfuerzo realizado.

Por último, también son nuestros alumnos los encargados de recoger cada día el material que han utilizado y guardarlo.

3. RESULTADOS

Parte de los resultados podemos valorarlos con la participación en los diferentes Encuentros realizados. Dicha participación podemos clasificarla, por un lado, en los centros que asisten y, por otro lado, en alumnos que participan actuando como

monitores y alumnos que participan como visitantes del Encuentro. Los resultados podemos resumirlos en la siguiente tabla.

Tabla 1. Resultados de participación en los distintos Encuentros.

	Número de certamen del Encuentro			
	I	*II*	*III*	*IV*
Alumnos del Centro que actúan de monitores	75	100	150	175
Alumnos de otros Centros que actúan de monitores	300	350	400	450
Alumnos del Centro que visitan el Encuentro	1000	1000	1000	1000
Alumnos de otros Centros que visitan el Encuentro	1500	1700	1900	2000
Número de Centros participantes	21	20	24	29

Con unas imágenes (Figura 5) del Encuentro podemos hacernos una idea de la magnitud del evento que hemos creado. No es solo la participación, cada vez mayor, lo que nos produce una gran satisfacción, sino el convencimiento de que tiene una trascendencia en la educación de los alumnos muy importante. Los alumnos se acercan a la Ciencia de manera mucho más cercana y aprenden a valorarla y disfrutarla. Son capaces de manipular material de laboratorio, de reflexionar sobre lo que están haciendo y comunicar lo que han aprendido, se forman en competencias. Además, aprenden a trabajar en equipo, repartir tareas y hacerse responsables. Creemos que es una manera muy eficaz de despertar vocaciones científicas y de ver la Ciencia con otros ojos, entre el alumnado.



Figura 5. Aspectos de dos Encuentro de Ciencias.

Algunas valoraciones de estos Encuentros han quedado registradas en el blog del Club Científico Bezmiliana, (4): *Con un balance de casi 300 alumnos y unos 50 profesores participantes que provenían de 3 colegios de primaria y 16 institutos de secundaria, unos 1500 visitantes de unos 12 centros educativos más, de primaria y secundaria, más la participación del Parque de las Ciencias de Granada, el Centro Principia de Málaga y la asociación universitaria Calopteryx, muchísimo trabajo y también una enorme satisfacción, se ha completado el I Encuentro de Ciencias Bezmiliana. Básicamente ha consistido en una exposición de trabajos realizada en carpas instaladas en una de las pistas deportivas del I.E.S. Bezmiliana, más dos exposiciones sobre cambio climático y Einstein y algunas actividades más entre las que queremos destacar la magnífica presentación de Carlos Durán Torres "Experimentando a Con-Ciencia", que nos dejó a todos con la boca abierta, como es habitual, y la no menos magnífica conferencia que sobre "Avances químicos en la ciencia forense" impartió el profesor de la Universidad de Málaga Miguel Ángel García Aranda.*

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de la Diputación Provincial de Málaga, la Real Sociedad Española de Química, sección Málaga, el Departamento de Ecología de la UMA, la Estación Experimental La Mayora del CSIC, el Parque de las Ciencias de Granada y el Centro de Ciencia Principia, el Ayuntamiento del Rincón de la Victoria, Cano (materiales de construcción), Hotel Elimar y a la Fundación Descubre. Pero sobre todo queremos agradecer a toda la comunidad educativa del IES Bezmiliana: AMPA, equipo directivo, profesores, alumnos, personal de administración y servicio por su apoyo, su colaboración y por la acogida que dan a este grupo de profesores que formamos parte del Club Científico: Antonio, Lourdes, José Antonio, Pilar, Javier, Concha, Rafa, Charo, Trini, Jesús, Beni, Inma y Ana, y otros que han estado y ya no están: Mariano, Nuria, Montse, Rafa….

REFERENCIAS

1. ESFUERZA (Esfuerzo educativo de Andalucía), 5 desafíos: 80 medidas para el progreso de la educación 2010-2012, Junta de Andalucía, Consejería de Educación. http://www.juntadeandalucia.es/educacion/esfuerza/folleto.pdf
2. CODAPA, *Revista de Padres y Madres de Andalucía*, Vol. 18, **2010**. Ciencia con otros ojos. http://www.codapa.org/documentos/revistas/Rev18.pdf
3. Reconocimiento al Mérito Educativo, Junta de Andalucía, Consejería de Educación, Delegación Provincial de Málaga (2010).
http://www.educacionenmalaga.es/public/2011/10/semblanzas-2010.pdf
4. A. Lechuga. Blog Club Científico Bezmiliana.
http://www.ciencias.ies-bezmiliana.org/blog/

CIENTÍFICOS EN EL AULA

Juan Ignacio Moreno Sánchez, Gerardo León Albert, Beatriz Miguel Hernández, José Antonio Fernández López
Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, E.T.S. de Ingeniería Industrial
Universidad Politécnica de Cartagena
juani.moreno@upct.es, beatriz.miguel@upct.es

Con la finalidad de acercar la ciencia y la tecnología a los estudiantes de Educación Primaria y Secundaria, el presente trabajo trata de explicar cómo se puso en práctica una actividad que facilitase la consecución de ese objetivo. Así, se diseño el proyecto "Científicos en el Aula", que pretendía difundir diferentes actividades científicas y tecnológicas en los centros de Primaria y Secundaria. Las actividades ofertadas, veinte experimentos científicos, se agruparon en tres bloques: Biología-Geología, Física-Química y Matemáticas-Tecnología. Estas experiencias han despertado en los estudiantes su interés por la Ciencia y la Tecnología.

1. INTRODUCCIÓN

La Consejería de Educación, Formación y Empleo junto a las Universidades de Murcia y Politécnica de Cartagena están desarrollando diferentes actuaciones que tienen como finalidad difundir el conocimiento científico y acercarlo al alumnado de las diferentes etapas educativas. Fruto de esa colaboración y con la finalidad de acercar la ciencia y la tecnología a los centros escolares de Educación Primaria de nuestra Región, la Consejería, a través de la Dirección General de Ordenación Académica convocó la actividad "Científicos en el aula" con un doble objetivo:

1. Acercar la ciencia y la tecnología al alumnado fomentando su participación.
2. Colaborar con las Universidades con objeto de que conozcan los centros educativos, sus procesos de enseñanza-aprendizaje, y que diseñen actividades científicas contextualizadas para el alumnado.

La actividad se dirigió a los alumnos de sexto curso de Primaria y tercero de E.S.O. de colegios públicos y privados concertados del territorio regional. La selección de los colegios participantes se realizó mediante sorteo público entre las 72 solicitudes presentadas. La convocatoria establecía que el número de centros fuera de 25 y que de ellos participara solo uno de sus grupos con el fin de permitir que el alumno tuviera una participación activa en la experiencia. En la práctica y a iniciativa propia de los científicos, la participación se hizo extensiva a todos los alumnos de sexto, por lo que han tenido que repetir el experimento en cada clase o hacer grupos más numerosos.

2. ACTIVIDADES

Las actividades ofertadas se agruparon en tres bloques: Biología-Geología, Física Química y Matemáticas-Tecnología, de forma que cada uno de los centros ha

realizado tres actividades, una por trimestre, correspondientes a cada uno de estos bloques. A continuación se indican cuáles fueron las prácticas propuestas:

- Física y Química: Taller de astronomía. La luz. Conjunto de actividades de Química (*El cubito de hielo que se hunde, El agua, ¿es solo agua?, Lluvia ácida, Un arco iris de llamas, Tintas invisibles, El fondo submarino, Propulsión a chorro, Fuego con tierra y agua, Luminol, Incoloro y azul, El moco verde, Extracción*). La visión artificial. Bolas saltarinas, Gases y combustión. Control sísmico de vibraciones producidas por voladuras.

- Biología y Geología: Investigando en zoología: *Entomología forense. Observación de una hoja entera de Elodea. Medida de la velocidad de fotosíntesis. Plagas y enfermedades agrícolas. Frutas y hortalizas vivas. Azúcar en frutas – Colores en las plantas - Conocer las plantas. Observación de fenómenos osmóticos en células vegetales.*

- Matemáticas y Tecnología: *Microrrobots. Robótica móvil. Telecontrol y domótica. Energía solar fotovoltaica. Ventilador solar. Propagación del sonido. Teléfono de vasos. Telefonía en hoteles y empresas. Sistemas de radio y televisión analógica – digital – satélite. Transmisión de voz por fibra óptica. Automatización de procesos industriales.*

Los días y horas se establecían previamente por acuerdo entre la Universidad encargada de la práctica y el propio centro educativo. El tutor del grupo recibía información y documentación sobre la experiencia a realizar para introducir algunos contenidos científicos, y posteriormente se experimentaba en el aula bajo la dirección y supervisión de los científicos en el día establecido para la visita.

El material e instrumentación fueron aportados por las Universidades; los centros debían adecuar el espacio para que la actividad se realizase en las mejores condiciones posibles.

Una vez finalizado el curso, se pasó un cuestionario de evaluación a los centros sobre las experiencias realizadas y otro a los científicos para evaluar la experiencia en cada uno de los centros visitados. Los datos aportados por esa doble vía son los que se recogen en el presente trabajo.

3. EVALUACIÓN

3.1. Cuestionario de los científicos

3.1.1. Recursos materiales y humanos vinculados a la actividad

En promedio, el número de alumnos que participaron en cada una de las actividades ha sido de 34,4, dato superior a la media de alumnos por clase. En 11 de los 25 centros el número de alumnos que realizaron las experiencias es superior al grupo clase que marcaba la convocatoria.

Por otra parte, se constató que un 52,5% de los espacios en los que se han desarrollado las experiencias presentaban una adecuación media-alta y un 27,5% alta,

y que un alto porcentaje del profesorado ha presentado una buena disposición colaborando con los científicos para preparar la actividad.

3.1.2. Trabajo del profesorado

La totalidad del profesorado mostró interés para seguir aplicando la experiencia con sus alumnos, una vez finalizada la visita de los científicos, siendo participativo y colaborador en el desarrollo de la sesión.

Los científicos observaron que en la mitad de los colegios no se habían tratado los contenidos sobre los que iba a versar su intervención, pero que en un 70% de los casos los alumnos conocían el tema sobre el que trataría la experiencia.

Además, la motivación por parte del alumnado fue muy positiva: un 85% demostraba una alta motivación.

3.1.3. Valoración global de la experiencia

Los científicos valoraron positivamente la experiencia con una media de 8,45 sobre 10, siendo el bloque de Biología-Geología el que más puntuaron, con un 8,71, y la menor puntuación la otorgaron los científicos del bloque Matemáticas-Tecnología.

3.1.4. Dificultades detectadas

Según la valoración de los científicos, algunos centros formaron grupos de alumnos muy numerosos. En algunos casos, los centros no tenían lugares adecuados para realizar las experiencias y fue complicado adecuar el aula para convertirla en un espacio científico.

3.2. Cuestionarios de los Centros

3.2.1. Experiencias científicas

Todos los centros consideraron que las experiencias científicas realizadas fueron adecuadas para el nivel al que iban dirigidas. Un porcentaje algo menor consideró que la distribución de una actividad por trimestre fue adecuada y mantuvieron una comunicación previa a la visita de los científicos.

Se plantearon dos cuestiones abiertas para que los centros indicasen qué experiencia les había gustado más y cuál menos. No hubo una respuesta uniforme a estas cuestiones, entre otros motivos porque todos los centros no realizaron los mismos experimentos, pero sin embargo se repiten con mucha más frecuencia las del bloque de Física-Química porque han sido más prácticas y han permitido, en mayor medida, la experimentación por parte del alumnado, lo que consiguió que los alumnos se sintieran "científicos por un día". Respecto a las que menos han gustado, los centros no destacaron unas sobre otras pero coincidieron en las menos participativas por parte del alumnado ya que éste pasaba la mayor parte del tiempo como expectador.

3.2.2. Profesorado

El 95,45 % del profesorado consideró que la actividad realizada permitió completar algunos contenidos del currículo y casi un 60 % afirmó que el material entregado por los científicos les permitió desarrollar otras experiencias. Este material se consideró adecuado por un 72,73 % del profesorado, que asimismo admitió haber realizado sesiones previas con sus alumnos y documentos de trabajo sobre los experimentos.

3.2.3. Alumnado. Actitud ante la actividad

El interés mostrado por el alumnado, tanto con los científicos y experimentos como en las actividades de preparación, la atención mantenida y la participación en la clase, justificó que el profesorado pensase que en un 100 % de los casos se aumentó el interés de los estudiantes hacia la ciencia y la tecnología.

3.2.4. Científicos

En la tabla 1 se muestran las valoraciones que realizaron los centros sobre las actividades desarrolladas y los científicos que las llevaron a cabo, presentadas en cada uno de los tres bloques de contenidos.

Como puede verse, todos los porcentajes muestran valores altos y entre ellos destaca la puntuación otorgada al interés por la ciencia que la experiencia ha fomentado en los alumnos.

3.2.5. Valoración de la actividad

Los centros valoraron (entre 1 y 10 puntos) las tres actividades realizadas, correspondientes a cada uno de los bloques contenidos (Biología-Geología, Física-Química y Matemáticas-Tecnología). También realizaron una valoración global de la actividad referida a los experimentos, a los científicos y al desarrollo de las sesiones. Esta valoración alcanzó la puntuación de 8,95 puntos, muy por encima de la consideración que realizaron los propios científicos.

3.2.6. Dificultades detectadas

En varios casos, los centros detectaron que los científicos desconocían la etapa educativa a la que iban destinadas las experiencias. En ciertas ocasiones tenían dificultad para relacionar los contenidos al vocabulario propio de esta edad.

4. CONCLUSIONES

Como conclusiones de la experiencia descrita, se indican las siguientes:

- La alta puntuación obtenida, tanto por parte de los centros como de los científicos, hace pensar que la actividad "Científicos en el aula" cubrió sobradamente los objetivos que se marcaron: acercar la ciencia y la tecnología a las aulas y el diseño de actividades científicas adecuadas a las edades del alumnado al que iban dirigidas.

- El abanico de actividades realizadas de cada uno de los bloques ha permitido completar algunos contenidos del currículo, aparte de proporcionar documentación para que el profesorado pueda extender la experiencia.

- La fuerte motivación y el interés demostrado hacia la ciencia parece haber despertado "vocaciones científicas tempranas" en los alumnos y probablemente alguno de ellos dirija sus estudios hacia el ámbito científico.

- Habrá que replantear algunas actividades para promover mayor implicación del alumnado.

- Los grupos de alumnos no deben ser numerosos.

- Se debería mantener el contacto entre Universidad y profesorado interesado en seguir aplicando las experiencias, para prestarle apoyo y asesoramiento.

Tabla 1. Valoraciones de los centros sobre actividades y científicos.

	Biología y Geología	*Física y Química*	*Matemáticas y Tecnología*
¿Se han recibido en el centro con anterioridad a la actividad los contenidos científicos tratados en el desarrollo del experimento?	72,73	86,36	81,82
¿Ha explicado previamente el experimento?	72,73	90,91	81,82
¿Ha conseguido motivar a los alumnos?	90.91	95,45	95,45
¿Ha sido la sesión eminentemente práctica?	86,36	95,45	90,91
¿Ha proporcioando fuentes de información para continuar la experiencia?	77,27	81,82	95,45
¿Ha fomentado en los alumnos el interés por la ciencia?	86,36	95,45	100

REFERENCIAS

1. Informe sobre el Programa "Científicos en el Aula". Dirección General de Ordenación Académica, Subdirección General de Ordenación, Evaluación y Calidad Educativa, Servicio de Evaluación y Calidad Educativa, Murcia (2010).
2. Consejería de Educación, Formación y Empleo de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. http://www.educarm.es/

EXPERIMENTOS CIENTÍFICOS PARA CURIOSOS COMO ACTIVIDAD DE VERANO RURAL

Susana Vicente Cejuela[a], Jorge Jiménez Vicente[b], Víctor Gutiérrez Vicente[a], Luis Vadillo Sacristán[c], Javier Negro Vadillo[d], Teresa NegroVadillo[e]
[a]I.E.S. Valladolid, [b]Universidad de Granada; [c]NASA y ESA, Madrid
[d]Universidad de Valladolid; [e]I.E.S. Ría del Carmen, Muriedas, Cantabria
tnegro@hotmail.com, susana.cejuela@telefonica.net

En este trabajo se presenta una iniciativa de divulgación científica preparada como actividad de verano para alumnos de entre diez y quince años. Aparte de exponer los temas abordados en la actividad, se indica la valoración sobre la misma que se transmitió a través de encuestas.

1. INTRODUCCIÓN

Se trata de presentar, a chicos de entre 10 y 15 años, algunos aspectos de divulgación científica basándonos en experimentos sencillos que puedan ellos repetir o realizar conjuntamente con el profesor que ese día presente la actividad, contando con la colaboración como monitores de los restantes profesores. El trabajo se planteó como una actividad más, para una semana de las vacaciones de verano, en sesiones de tres horas con un descanso. En concreto, se desarrolló en Alcazarén (Valladolid).

Creemos que hacer este tipo de actividad, junto con otras de tipo festivo en período de vacaciones, puede contribuir al acercamiento a la ciencia de jóvenes y favorecer el gusto por experimentar sobre fenómenos cotidianos. Las sesiones se hicieron corresponder a las siguientes preguntas:

1.1. Lunes: ¿Dónde estamos?

Jorge Jiménez Vicente empezó con una introducción sencilla hablando sobre el universo, nuestra galaxia y los planetas, la Tierra, su posición y movimientos. Se utilizó cañón para exposición de diapositivas ilustrando las explicaciones. Después se trabajo experimentalmente con un planisferio y los chicos, en grupos de 3 ó 4, recortaron y pegaron un planisferio en el que localizaron las constelaciones en la fecha de nacimiento de cada uno.

1.2. Martes: ¿Cómo podemos conocer nuestro mundo?

Luis Vadillo habló sobre la medida como instrumento de la investigación científica, en concreto sobre cómo se medía el tiempo en la antigüedad. Los relojes de sol pueden marcar las horas y también las estaciones del año. Como práctica se construyeron relojes de sol (calculados previamente para las coordenadas de Alcazarén) a partir de recortables.

1.3. Miércoles: ¿La luz es un fenómeno necesario?

Javier Negro y Víctor Gutiérrez presentaron los fenómenos producidos por la luz y su importancia: de dónde viene, cómo se transmite, cómo se refleja y se refracta, y el porqué de los colores. Se realizaron experimentos con haces láser, de visualización de una moneda en el fondo de un vaso y encriptación por reflexión especular.

1.4. Jueves: ¿Cómo podemos cuidar y conservar la Tierra?

Susana Vicente y Teresa Negro hicieron una introducción sobre la importancia de la separación y reciclado de residuos, con la finalidad de concienciarles sobre la necesidad de la reutilización y mantener limpio nuestro pueblo y sus alrededores. Como experiencia principal se desarrolló la construcción, en grupos de cuatro chicos, de una sencilla depuradora de agua. También se realizó el ciclo completo del reciclado de papel (Figura 1).



Figura 1. Fotografías de algunas de las actividades realizadas en el "Centro de día."

1.5. Viernes: ¿Qué podemos hacer para conocer la naturaleza de algunas sustancias?

Para analizar el comportamiento experimental y la Química y la Física de la vida cotidiana, se desarrollaron experimentos variados de:

- Química: Reacciones explosivas: simulación de un volcán, inflado de globos a través de una reacción, experimentos con la combustión de una vela y visionado de cómo el consumo de oxígeno hace disminuir la presión, y carácter ácido y básico de líquidos usados frecuentemente según su coloración.
- Física: Inflado de globos con procedimiento físico, introducción de un huevo duro en un matraz, vaso lleno de agua que se vuelca sobre una tapa de papel, inflado de globos dentro de una botella vacía y modificaciones de las propiedades del agua al añadir un soluto (variación de la densidad, aumento ebulloscópico y descenso crioscópico).

2. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES

2.1. La Astronomía de cada día

En esta sesión se dieron unas nociones básicas de astronomía de posición. Se mostró a los niños cómo se mueven los astros en el cielo haciendo énfasis en la causa de dicho movimiento y en el efecto que tiene en nuestras vidas.

2.1.1. Movimiento diurno: día y noche, declinación, ecuador y polos, y rotación terrestre.

Comenzamos mencionando el movimiento diurno de las estrellas. Las estrellas, desde nuestra posición en la superficie terrestre describen aparentemente órbitas circulares en sentido anti-horario alrededor de un punto del cielo que llamamos "polo norte celeste" (hay también un "polo sur celeste", que queda bajo el horizonte). Los astros muy cercanos al polo norte describen circunferencias pequeñas y pasan mucho tiempo (¡incluso todo el tiempo!) sobre el horizonte. Los astros cercanos al polo sur también describen circunferencias pequeñas, aunque en este caso pasan poco tiempo (o ninguno) sobre el horizonte. A mitad de camino entre los polos se encuentra el ecuador. Los astros sobre el ecuador pasan exactamente el mismo tiempo sobre el horizonte que bajo él (medio día exacto). Se introduce así el concepto de "declinación", que es la distancia al ecuador de un astro y que determina, a una latitud dada, el tiempo que un astro pasa sobre el horizonte y bajo él. Se explica que este movimiento diurno de los astros tiene su origen en la rotación de la tierra alrededor de su eje, y es el origen del concepto de día.

2.1.2. Movimiento anual: Estaciones, año, eclíptica, solsticios y equinoccios, traslación terrestre e inclinación del eje terrestre.

Se explica que, visto desde la Tierra, el Sol parece moverse respecto de las estrellas en dirección este a lo largo del año, y que este camino anual se llama eclíptica. De este modo, cuando el sol está al norte del ecuador (lo cual sucede en primavera y verano), su círculo diurno tiene una parte mayor sobre el horizonte que bajo él, de forma que los días son más largos que las noches. Cuando el sol está al sur del ecuador (en otoño e invierno), por el contrario, las noches son más largas que los días. Cuando el sol está sobre el ecuador, como se vio anteriormente, pasa exactamente el mismo tiempo sobre el horizonte que bajo él, y así las noches son exactamente iguales a los días. Estos momentos se llaman equinoccios justamente por este motivo. El de primavera tiene lugar hacia el 20/21 de marzo, cuando el sol pasa por el ecuador de sur a norte. El de otoño, hacia el 22/23 de septiembre, tiene lugar cuando el sol pasa por el ecuador de norte a sur. Entre los equinoccios hay dos momentos en que el sol estará lo más al norte (sur) posible, que son 23,5 grados. Estos momentos se llaman solsticios. El de verano, hacia el 20/21 de junio, es el momento en que el sol está más al norte y por eso el día es el más largo del año. El de invierno,

hacia el 21/22 de diciembre, es el día más corto del año. Así, el año y las estaciones están relacionados con este camino anual del Sol.

2.1.3. Movimiento de la luna: Fases lunares, meses, eclipses de sol y luna.

La Luna, vista desde la Tierra, presenta distintas fases. A veces se la ve completamente iluminada, cuando está en el cielo en una posición opuesta a la del sol. Es la luna llena que sale al ponerse el sol y se pone al salir aquél. Otras veces está muy cerca del sol y no podemos verla. Es la luna nueva que sale y se pone con el sol. A mitad de camino está la luna creciente, que se ve por las tardes/noches y tiene forma de D; y la luna menguante, que vemos por la mañana y tiene forma de C. Este ciclo de fases de la luna se repite (en promedio) cada 29,53 días y se llama "mes sinódico" o lunación. Las fases de la luna son el origen de nuestros meses. De hecho, la palabra "mes" proviene de la palabra luna en griego. Existen también otros meses en astronomía, y todos hacen referencia al movimiento de la luna. La Luna no tiene luz propia, sino que refleja la luz del Sol. La posición relativa de la luna respecto de la Tierra y el Sol es responsable de estas fases de la luna. La Luna presenta siempre la misma cara a la Tierra debido a que su período de rotación y de traslación coinciden. Esto no es una casualidad, sino que es debido a la interacción de marea entre la Luna y la Tierra. Y la Luna también ejerce un efecto similar en la Tierra aunque más sutil, pero que es responsable de una ralentización sistemática de la rotación terrestre que hace que el día actual sea unos 2 milisegundos más corto que hace un siglo.

2.1.4. Movimiento planetario: Movimiento directo y retrógrado. Configuraciones planetarias.

Los astros que, junto con el Sol y la Luna, se movían cerca de la eclíptica respecto del conjunto de estrellas que parecen girar solidariamente en la bóveda celeste, fueron llamados planetas por los griegos. La palabra "planeta" significa errante o vagabundo. En efecto, mientras que todas las estrellas giran al unísono dando una vuelta al polo cada día sidéreo, los planetas (incluyendo el Sol y la Luna) se van desplazando poco a poco en dirección este respecto de las estrellas. Este movimiento se llama movimiento directo. Pero los planetas tienen un comportamiento muy peculiar de modo que, de vez en cuando, su camino hacia el este parece detenerse y comienzan a moverse hacia el oeste en lo que se denomina movimiento retrógrado. Tras un cierto tiempo este movimiento se ralentiza y se interrumpe nuevamente y el planeta vuelve de nuevo a su movimiento directo.

2.2. Medida del tiempo

Luis Vadillo habló sobre la medida como instrumento de la investigación científica, en concreto sobre cómo se medía el tiempo en la antigüedad. Eso nos servirá para conocer mejor el movimiento de la Tierra y los planetas alrededor del Sol, el por qué no amanece y anochece a la misma hora en distintas localidades (por

ejemplo, en Cataluña o Galicia), el paso de las estaciones a lo largo del año y la influencia de la latitud (climas más extremos según se encuentren los países más cerca de los polos), etc. Los relojes de sol pueden marcar las horas y también las estaciones del año. Como práctica, se construyeron relojes de sol a partir de recortables (ver Figura 2), relojes de sol calculados previamente para las coordenadas de Alcazarén. Se utilizó el libro "Cómo se hace un reloj de sol" de Jacinto del Buey Pérez, licenciado en Ciencias Químicas y exvicepresidente de la asociación de amigos de los relojes de sol.

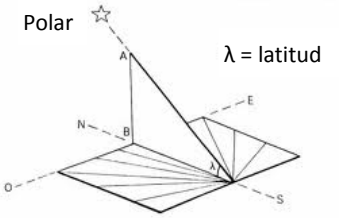


Figura. 2. Esquema del recortable utilizado para fabricar relojes de sol.

2.3. La luz

Javier Negro y Víctor Gutiérrez presentaron los fenómenos producidos por la luz: de dónde viene, cómo se transmite, cómo se refleja y se refracta, y el porqué de los colores. Realizaron también experimentos con haces láser, de visualización de una moneda en el fondo de un vaso y encriptación por reflexión especular. La Figura 3 recoge la ficha efectuada para esta actividad.

2.3.1. Transmisión de la luz

Algunos cuerpos (medios) tienen una extraña propiedad: dejan pasar la luz a través de ellos. Enumera algunos de ellos: vidrios, líquidos, gases (el aire es un gas ¿y cuando hay niebla?). Cuerpos transparentes, opacos, translúcidos.

Experiencias de refracción:

1. Con un pequeño láser hacemos pasar rayos desde fuera del aire que entran en el agua (con unas gotas de leche diluidas). Hay un cambio de dirección: la refracción de la luz.
2. Ahora el rayo desde abajo sale del agua y forma el mismo ángulo.
3. Cada vez que entra o sale una parte del rayo ¡también se refleja!
4. Experiencias de lentes sencillas:
   - Una cucharita en un vaso de agua se ve con diferente tamaño cuando se aleja o acerca.
   - El cambio de dirección de los rayos láser a través de un vaso lleno de agua en dirección lateral.

MEMORIA DE LA ACTIVIDAD: LA LUZ

SEMANA DE LA CIENCIA
Agosto de 2011, Alcazarén

Un primer contacto con las propiedades de la luz

Actividad dedicada a chicos de 8 a 12 años.
La actividad se realiza a base de preguntas y la respuesta de los chicos basada en su experiencia. Se proponen experimentos sencillos, y antes de hacerlas se pregunta cuál es el resultado que los chicos esperan, y después hablamos de lo que ha sucedido.
Introducimos unos términos de vocabulario sencillo para precisar algunas propiedades: reflexión, refracción, transparencia, opacidad, cóncavo, convexo, etc.
En este primer contacto el objetivo es la observación y estimular esta capacidad al modo de cada uno. En esta primera etapa se agrupan las propiedades y se las relaciona.

La luz: ¿de dónde viene?
Recordamos los emisores (fuentes) de luz: una bombilla, cerillas (fuego), rayos de una tormenta.
Algunas fuentes lejanas: el sol, las estrellas, …
¿la luna? ¿los planetas? No producen luz ellos mismos la luz, reflejan la del sol.

¿Cómo se transmite la luz?
Las sombras indican que los rayos nos llegan en línea recta.

¿Es muy rápida? En una tormenta, qué llega antes ¿el trueno o la luz del relámpago? ¿y cuando se tira un cohete?

La reflexión de la luz
La luz que llega a los objetos se refleja de distintas maneras. ¿En qué tipo de materiales la luz se refleja mejor? Materiales pulidos y brillantes como…

¿En qué dirección se reflejan los rayos? La luz se refleja como el bote de canicas en el suelo.
En otros materiales más rugosos, se refleja pero de forma difundida.

Actividad con espejos:
1) Leer palabras que se miran a través de un espejo (hay que leerlas al revés).
2) Escribir palabras sencillas para que se puedan leer bien a través del espejo.
3) Mirar a través de dos espejos consecutivos. Formar un periscopio.

¿Cómo vemos los objetos con nuestros ojos? La luz reflejada (o difundida) de los objetos es la que llega a nuestros ojos.

Actividad con reflexión en las dos caras de una cuchara. ¿Qué experiencia poseen los chicos antes de mirar?
1) la imagen que vemos en el lado "cóncavo"
2) la imagen en el lado "convexo"

Figura 3. Ficha de la actividad sobre la luz.

2.3.2. Los colores de la luz

La luz que llega del sol es blanca, pero la que nos viene de los objetos es de distintos colores. La luz blanca es una mezcla de colores. ¿Cómo lo podemos ver?

Experiencias de descomposición en colores:

1. La luz blanca reflejada en un CD tiene varios colores.
2. La luz a través de un espejo en el agua también se desdobla en colores
3. Una cartulina pintada con varios colores, al girar toma un color diferente: son mezclas de colores.

4. Los cuerpos con colores claros y oscuros: absorben más o menos luz.
5. La luz y el calor: cuando recibimos la luz sentimos calor. Los colores claros para el verano y los oscuros para el invierno.

2.4. Separación y reciclado de residuos

El objetivo que perseguimos es plantear una serie de actividades que requieran el empleo de materiales simples, que puedan encontrarse en nuestro domicilio y que permitan, tras una breve explicación teórica (no olvidamos que se trata de un taller de verano para niños y adolescentes de edades diversas), comprobar las ideas planteadas.

- Construcción de una depuradora casera: el objetivo es señalar la importancia del agua como medio de vida, como disolvente, en la actividad agrícola (Alcazarén es un pueblo cuya actividad económica está basada en la agricultura), ganadera e industrial, así como en la vida doméstica, incluso con fines lúdicos...

- Elaboración de papel reciclado: al plantear esta actividad pretendemos abordar el problema de los residuos; reflexionar sobre el gasto de materias primas y energía que implica nuestra actividad diaria y la posterior gestión de los residuos, para así ser capaces de valorar la necesidad de separar la basura y reciclar material.



Figura 4. Fotografías de la "depuradora" de agua realizada y del proceso de reciclado del papel.

2.5. Experimentos con sólidos, líquidos y gases

Se seleccionaron los siguientes experimentos:

- "Historia química de una vela": comprobamos que uno de los gases que componen el aire se consume en la combustión es el oxígeno y, al consumirse, se reduce también la presión.

- Experimentos de inflar globos:

a) Mediante desprendimiento de un gas, por reacción química.

b) Por calentamiento de aire en el interior de un matraz.

- La presión atmosférica: comprobamos la acción de la presión de los gases que componen la atmósfera, mediante dos experiencias:

a) Introducimos un vaso boca abajo, en cuyo fondo hemos colocado un papel, en un recipiente con agua, comprobado que el papel no se moja.

b) Damos la vuelta a un vaso con agua cuya boca ha sido tapada con un papel y al retirar la mano, el agua permanece en el interior del vaso (experiencia realizada al aire libre, por "precaución").

- Simulación de una erupción volcánica: previamente construimos un volcán con arcilla, cuya cámara magmática sería un tubo de ensayo o similar. Aquí tendrá lugar la reacción entre el hidrógenocarbonato de sodio y el ácido acético del vinagre con desprendimiento de dióxido de carbono.

- Modificación de las propiedades del agua al añadir sal: aumento ebulloscópico, descenso crioscópico y aumento de la densidad. Intentamos comprobar de forma cualitativa el descenso del punto de congelación al comparar el tiempo que tardan en fundirse varios cubitos de hielo frente al mismo número de cubitos a los que añadimos sal. También ponemos de manifiesto la diferente densidad del agua frente al agua con sal, ya que en ésta se mantiene a flote un huevo fresco, mientras que en el vaso con agua se hunde.

Resultados: Al final pasamos una encuesta para evaluar los resultados. No se trataba de aprobar o suspender sino solo de comprobar lo que habían entendido. La encuesta con 20 preguntas breves (sobre todos los experimentos realizados) dio un 80% de aciertos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración del Ayuntamiento de Alcazarén (Valladolid) por cedernos para esta actividad el "Centro de día" y los materiales utilizados. También se agradace a todos los vecinos la gran acogida que mostraron ante esta actividad.

REFERENCIAS

1. J. del Buey Pérez, *Cómo se hace un reloj de sol.* http://relojesdesol.info/node/913
2. L. Cano, R. Moreno, *Experimentos para todas las edades,* Rialp, Madrid (2008).
3. Enseñar química hoy, *Revista Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **2011**, Vol. 69.
4. A. Romo, *Química, universe, Tierra y vida*.
http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/
5. F. Vinagre Arias, M.R. Mulero, J.F. Guerra, *Cuestiones curiosas de química*, Alianza Editorial, Madrid (1998).
6. G. Pinto Cañón, C.M. Castro Acuña, J. Martínez Urreaga, *Química al alcance de todos,* Pearson Educación, Madrid (2006).

LO COTIDIANO, LA PRENSA Y LA HISTORIA COMO HERRAMIENTAS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Bernardo Herradón García
Instituto de Química Orgánica General
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
b.herradon@csic.es

En este trabajo se propone el uso de herramientas distintas a las tradicionales (basadas en la lección magistral) para facilitar el aprendizaje de la química. Este tipo de enseñanza se complementará con la tradicional. El objetivo es facilitar que el alumno asimile conceptos químicos teniendo presente que la ciencia está en todas las actividades que realiza. También se destaca el papel que la historia de la ciencia y sus protagonistas han jugado en el desarrollo de los conceptos químicos. En esta aproximación didáctica se usarán ejemplos de la vida cotidiana y noticias de actualidad en prensa.

1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA CIENCIA Y DE LA QUÍMICA

¿Está la ciencia en crisis? Esta pregunta se puede contestar con diversos matices desde diferentes perspectivas: originalidad de la producción científica, percepción social de la ciencia, atracción para los jóvenes o metodología de la enseñanza (1). En este artículo analizaremos este último aspecto para la enseñanza de la química y propondremos algunas iniciativas educativas complementarias a las 'tradicionales'.

A comienzos del siglo XXI, las 'ciencias estrellas' del pasado siglo, la física y la biología, siguen siendo las más populares y atractivas para los jóvenes.

La física sigue disfrutando de la justa fama de ser la ciencia que podría explicarlo todo, desde las estructuras más grandes del universo (los cúmulos de galaxias) a las más pequeña (las partículas subatómicas), con el gran objetivo de unificar todas las fuerzas de la naturaleza en una única teoría que explique el comportamiento del universo. En la actualidad, la física está contribuyendo con gran notoriedad al desarrollo de la ciencia de los materiales y la nanociencia, especialmente con aplicaciones tecnológicas que prometen revolucionar nuestro futuro propio.

La biología tiene como meta la explicación de la vida, que es un objetivo con connotaciones más allá de la ciencia. La biología moderna investiga desde dos puntos de vista, frecuentemente complementarios: molecular y evolutivo. En los últimos años, la biología ha derivado en nuevas especialidades interdisciplinares, como la biología molecular y la biomedicina, que se presentan como ciencias fundamentales para mejorar nuestras vidas.

Durante el siglo XX, la química ha hecho aportaciones que han mejorado considerablemente el bienestar del ser humano. Sin embargo, este aspecto no es apreciado generalmente por la sociedad. Además, la química ha sido fundamental en el desarrollo de las ciencias clásicas 'hermanas' (la física y la biología) y en la

creación de 'nuevas' ciencias (medioambientales, toxicología, de los alimentos, etc.). Esta situación refleja el papel de la *química como ciencia central* (Figura 1).

2. LA QUÍMICA, CIENCIA CENTRAL Y DE LO COTIDIANO

Generalmente, la química aporta objetos (moléculas) de estudio a las otras ciencias, así como métodos de trabajo y fundamentos científicos. Sin duda alguna, el progreso de la física en ciencia de los materiales y de la biología en biomedicina y biología molecular le deben mucho a la química.

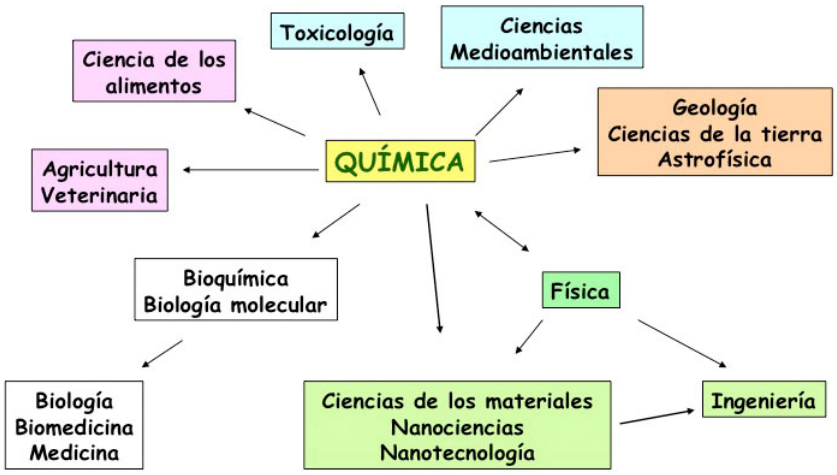


Figura 1. La química y su relación con otras ciencias naturales. Se observa que la flecha que une la química con las otras ciencias está orientada, lo que significia que hace aportaciones a estas ciencias, bien sea proporcionando objetos de estudio (las moléculas y compuestos iónicos) y/o métodos científicos. La flecha que une la química con la física es de doble punta, pues no hay que olvidar que la física proporciona la base teórica para el desarrollo de la química.

Debido a la preponderancia de las sustancias químicas (moléculas, iones, agrupaciones de átomos) en la naturaleza, frecuentemente los químicos decimos que *todo es química*. Esta frase no es de todo correcta, pues ciertos fenómenos relacionados con procesos de alta energía (como las macroestructuras galácticas o los procesos en los aceleradores de partículas) quedan fuera del alcance de la química. Es más correcto decir que la química es la *ciencia de lo cotidiano*.

La imagen de la Figura 2 representa nuestro planeta rodeado por numerosos objetos cotidianos, relacionados con los utensilios del hogar, productos de droguería y papelería, materiales sanitarios, cosmética, alimentación, energía y artilugios tecnológicos, desde material deportivo a ropa para exploración espacial. Todos estos materiales son de uso cotidiano (o en el caso más especializado, no los usamos pero

los conocemos) y están fabricados con moléculas. Además, todos estos objetos facilitan nuestras vidas.

La enseñanza que tienen que recibir los alumnos es la siguiente: *la química nos rodea con diversos materiales que hacen que mejore nuestra calidad de vida*.

Con esta *percha* (usando término periodístico) se puede enganchar a los alumnos, *demostrando que la química no es una ciencia árida; sino que, al contrario, proporciona la mayoría de las comodidades de nuestra vida cotidiana; y, con ejemplos concretos, se pueden introducir conceptos importantes en química* (2).



Figura 2. Representación de la química que rodea nuestras vidas cotidiana.

3. LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Los químicos somos en cierto modo responsables de la baja percepción social de la química y el poco interés que despertamos entre los jóvenes, pues no hemos sabido publicitar suficientemente los logros de nuestra ciencia y cómo los avances de la química benefician a nuestra sociedad. También hay que destacar que los químicos profesionales (universitarios, investigadores en instituciones o en empresas) no hemos acercado la química a los estudiantes de enseñanza secundaria (E.S.O. y Bachillerato).

Aunque la química está en todas partes y todos los días interaccionamos con miles de sustancias químicas beneficiosas para nuestro bienestar, la palabra química generalmente se asocia a aspectos negativos, usándose para calificar la contaminación o para dejar constancia de lo bueno que es todo lo natural en contraposición a todo lo sintético (= malo).

La enseñanza de las ciencias en enseñanzas primaria y secundaria tiene muchas deficiencias, como ha dejado de manifiesto el informe ENCIENDE (3). Parte de estas deficiencias son consecuencia del escaso número de horas lectivas en estas etapas educativas, lo que también ha sido criticado en diversos medios (4). Los programas educativos en estos niveles intentan transmitir demasiados conocimientos teóricos (y poca o ninguna práctica) que no se pueden enseñar en la escasas horas lectivas; que además impide incidir en el traslado de los conocimientos a la realidad cotidiana. El objetivo debería ser que el alumno adquiera bien los conocimientos científicos básicos y no tanto transmitirle muchos conocimientos (muchos suplerfuos). Para transmitir estos conocimientos se deben usar, de manera complementaria, tanto la enseñanza formal (basada en la lección magistral) como el aprendizaje basado en ejemplos de la vida cotidiana.

4. ALGUNOS EJEMPLOS

En la ponencia se expondrán tres aspectos complementarios a la enseñanza 'tradicional' de la química. Por un lado, se usará la 'química' que hay en cada artilugio cotidiano para explicar conceptos. Por otro lado, se propone usar noticias de prensa recientes como 'excusa' para explicar conceptos químicos. Complementario a estos dos aspectos se destacará el papel que los protagonistas de la ciencia han tenido en el desarrollo de la química

En general, esta aproximación a la enseñanza usa la metodología de la difusión de la cultura científica en la enseñanza en secundaria. El objetivo es que los estudiantes capten que la química es importante en sus vidas, que la química realmente les rodea y despertar su interés por esta ciencia.

Algunos aspectos que se tratarán son los siguientes:

a) Los avances de la química y su impacto en la sociedad. Comentarios generales (Figura 3).
b) La química entre la física y la biología.
c) La química entre la biomedicina y la ciencia de los materiales.
d) La ciencia y la química en los medios de comunicación.
e) Iniciativas en Internet.
f) La imagen del científico.
g) Las prácticas de laboratorio.
h) El papel de las entidades científicas y educativas en la enseñanza de la química.
i) Las noticias que interesan: salud, medio ambiente, energía, tecnología, deporte.
j) La ciencia detrás de la noticia: Un químico lee el periódico.
k) 1895-1930: La revolución científica. La estructura del átomo. Aplicaciones beneficiosas de la radioactividad. Detectores de humo. Radiodiagnóstico en medicina.
l) Noticias de energía. Conceptos básicos de termodinámica. La revolución industrial y el papel de la ciencia. Los protagonistas. El concepto de molécula.

m) Noticias de Astrofísica. Propiedades atómicas y moleculares.
n) Noticias de medio ambiente. La contaminación.
o) Sentido de la vista, interacción de la luz con la materia (absorción y emisión de luz), colorantes (sus tipos, sus utilidades), historia de la química (colorantes de la antigüedad, Perkin, von Baeyer, la industria química en la actualidad) (Figura 4).
p) Fotosíntesis. Su relevancia en nuestra vida cotidiana. Centros fotosintéticos artificiales.
q) Lo natural y lo sintético.
r) Siglo XX: El siglo de los plásticos.
s) El coche. Materiales, energía, reactividad. Catálisis.
t) Producción de amoniaco. Fertilizantes.
u) La química y la producción de alimentos.
v) Purificación y potabilización de agua.
w) La química y la salud: Medicamentos y biomateriales.
x) La industria química.
y) La química del futuro (Figura 5).
z) Algunos protagonistas de la historia de la química (Figura 6).

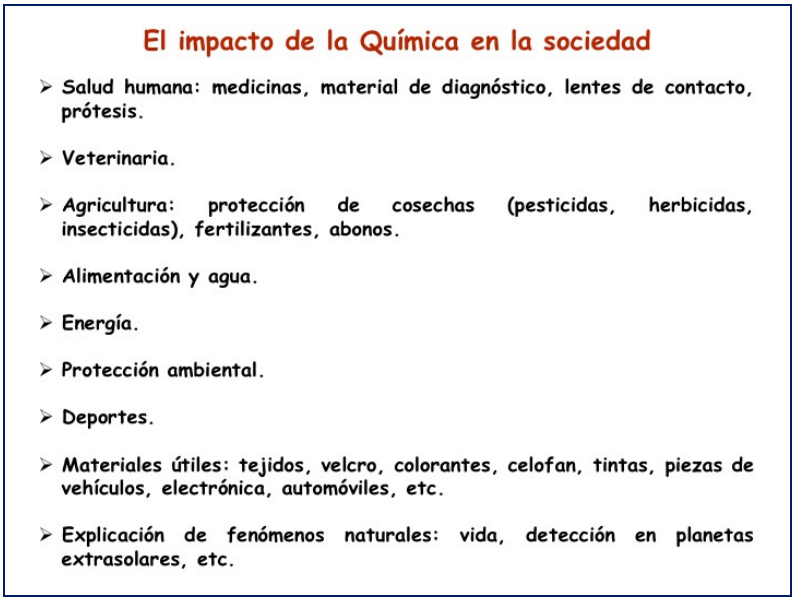


Figura 3. Áreas en las que los avances de la química benefician a la sociedad.

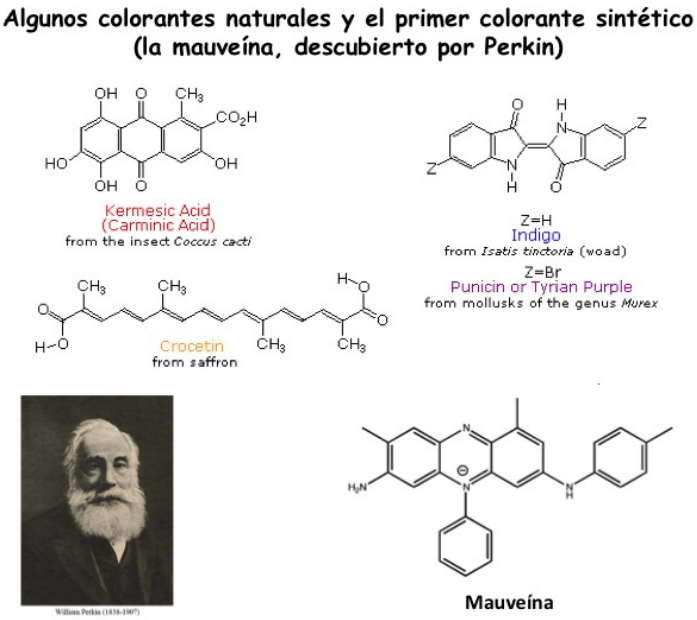


Figura 4. Colorantes naturales y sintéticos, destacando el papel de William Henry Perkin.

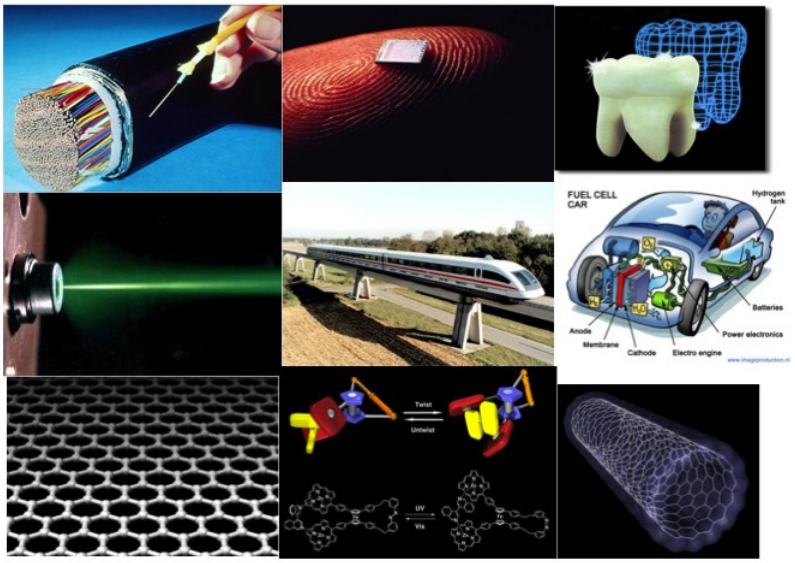


Figura 5. Imágenes de algunos materiales y moléculas de las que dependerá nuestro futuro.



Figura 6. Algunos químicos destacados de comienzos del siglo XIX y algunas de sus aportaciones.

REFERENCIAS

1. C. Elías, *La razón estrangulada. La crisis de la ciencia en la sociedad contemporánea,* Debate, Madrid (2008).
2. Informe ENCIENDE, *Enseñanza de las ciencias en la didáctica escolar para edades tempranas en España*. http://www.cosce.org/pdf/Informe_ENCIENDE.pdf
3. B. Herradón, *Los avances de la química*, Libros de la Catarata-CSIC (2011).
4. *Ponencia sobre la situación de las enseñanzas científicas en la educación secundaria*. http://www.senado.es/legis7/publicaciones/pdf/senado/bocg/I0660.PDF

ERRORES CONCEPTUALES FRECUENTES EN LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA: APLICACIÓN EN UN CONTEXTO EDUCATIVO

Ángel de Andrea González[a], *Ana Gómez Gómez*[b]
[a] Departamento de Física, Escuela Politécnica Superior
Universidad Carlos III de Madrid
[b]Departamento de Física y Química, I.E.S. Parque Aluche, Madrid
aandrea@fis.uc3m.es, agomezygomez@yahoo.es

En este trabajo se abordarán algunos errores conceptuales más corrientes en la divulgación científica. Como profesores de Física y Química de Secundaria y Bachillerato y Universidad hemos podido comprobar que la inclusión de estos aspectos en el proceso de enseñanza mejora la imagen de la ciencia, es un factor motivador, favorece el aprendizaje y el cambio conceptual, metodológico y actitudinal, contribuyendo a la alfabetización científica del alumnado.

1. INTRODUCCIÓN

El propósito de científicos y docentes en ciencias siempre ha sido intentar corregir la deformación conceptual. La divulgación en ciencias juega un rol de vital importancia en la sociedad actual, puesto que la alfabetización científica es una necesidad en pleno siglo XXI. La física y la química son parte de la cultura y desde nuestro punto de vista no pueden ocupar compartimentos estancos.

El sistema educativo actual ha respondido a esta necesidad con la implantación de la asignatura *Ciencias para el mundo contemporáneo*, la cual es de carácter obligatorio para todos los alumnos de primero de Bachillerato, independientemente de su itinerario (1, 2).

Es una realidad que nuestra sociedad demanda cada vez más una mayor divulgación científica. La prueba de ello es que la edición de libros de divulgación en ciencias ha ido creciendo en las últimas décadas. No obstante, en la mayoría de los casos la divulgación científica es llevada a cabo por personas carentes de una sólida base en ciencia, y ello contribuye a la propagación de errores conceptuales que tienden a distorsionar una correcta interpretación de la realidad.

El objetivo del presente trabajo es exponer una metodología interactiva con objeto de detectar y corregir posibles errores conceptuales transmitidos a través de periódicos, revistas, documentales… Esta metodología se podría aplicar tanto en la E.S.O. y Bachillerato como en los primeros cursos universitarios. Está basada en un aprendizaje significativo y funcional (3-10), todo ello fruto de nuestra labor docente en el aula. Hemos podido comprobar que una metodología de estas características mejora la imagen de la ciencia, es un factor motivador, favorece el aprendizaje y el cambio conceptual, metodológico y actitudinal, contribuyendo a la integración de la ciencia en la cultura. Por otro lado, en la E.S.O. se pueden trabajar las siguientes competencias: científica, social y ciudadana, cultural y artística, competencia para aprender a

aprender y autonomía e iniciativa personal. En este trabajo trataremos cuestiones fisicoquímicas (11) que se divulgan erróneamente.

2. ALGUNOS ERRORES FRECUENTES EN LA DIVULGACIÓN EN CIENCIAS

A continuación, mostramos una serie de errores conceptuales en la divulgación científica que podrían ser útiles en el aula, desde un punto de vista pedagógico.

2.1. La segunda ley de la Termodinámica implica que los sistemas no puedan volverse más ordenados

Si la energía fluye entre partes de un sistema, es posible para una parte del sistema volverse más ordenada mientras otra parte se vuelve más desordenada. Tomemos como ejemplo la Tierra y el Sol. Un pequeño número de moléculas en los sistemas vivos de la Tierra se vuelven ordenadas pero al mismo tiempo un número mucho más grande de moléculas en el Sol se vuelven más desordenadas. El desorden neto de los sistemas se incrementa. Por lo tanto, l*a segunda ley no implica que los sistemas no puedan volverse más ordenados.*

2.2. El Universo «dejará de funcionar» a causa de la segunda ley de la Termodinámica

Pese al hecho de que durante el siglo XIX la gente hablaba de algo llamado «la muerte térmica» del Universo, la idea era que, puesto que de acuerdo con la segunda ley de la Termodinámica toda la energía disponible acabaría finalmente siendo desechada como calor residual, todo en el Universo alcanzaría una elevada temperatura uniforme. Ya no creemos que éste vaya a ser el destino del Universo. Ahora comprendemos que se está expandiendo y enfriando. En consecuencia, nuestra visión del fin del Universo es muy diferente ahora que la que existía en el siglo XIX. Concluimos que el Universo no está condenado a una "muerte térmica".

2.3. Los sistemas newtonianos son siempre predecibles

Aunque es posible en principio usar las leyes de Newton para calcular las posiciones y velocidades futuras de un cierto número de bolas de billar en movimiento, si hay más de unas pocas bolas sobre la mesa es imposible para un ordenador realizar los cálculos de más de unas pocas decenas de colisiones en el futuro.

Después de eso, los inevitables errores de redondeo en el ordenador y los inevitables errores de edición en definir la posición y velocidad inicial de las bolas complican las cosas hasta el punto de que las predicciones ya no son de confianza. Luego se concluye que, *en la práctica, incluso los sistemas newtonianos se vuelven impredecibles con mucha rapidez.*

2.4. El principio de incertidumbre dice que es imposible efectuar mediciones exactas en el mundo cuántico

Si decidimos medir con exactitud una cosa, debemos pagar por este conocimiento renunciando a cualquier esperanza de obtener conocimiento sobre algo distinto. En otras palabras, si deseo saber exactamente la posición de una partícula, deberé efectuar una medición de tal modo que la incertidumbre en la posición sea cero. A fin de que el principio de incertidumbre sea cierto en este caso, la incertidumbre en la velocidad tendría que ser infinita: la velocidad podría tener cualquier valor. Podemos medir exactamente la posición, podemos medir exactamente la velocidad, o podemos medir ambas cosas dentro de algún nivel de compromiso en la precisión. Todo lo que dice el principio de incertidumbre es que no podemos medir ambas cosas con exactitud al mismo tiempo. Es lo mismo que decir que *el principio de incertidumbre no dice que es imposible efectuar mediciones exactas en el mundo cuántico.*

2.5. Las teorías de la relatividad de Einstein, especial y general, se sustentan en la afirmación de que «todo es relativo»

De hecho, como se explica a continuación, la teoría de la relatividad se enfoca en esos aspectos del mundo físico que *no* son relativos, es decir, en esos aspectos del mundo físico que no cambian cuando un observador cambia su punto de observación. Es un hecho poco conocido que Albert Einstein prefería llamar su nueva teoría la «teoría de las invariantes» antes que la «teoría de la relatividad». Tenía la sensación de que ese término reflejaba mejor sus pensamientos. Si la gente le hubiera escuchado, tal vez hubiéramos evitado algo de la confusión que ha rodeado la relatividad desde su comienzo. En definitiva, *las teorías de la relatividad general y especial no tienen nada que ver con el relativismo.*

2.6. La denominada paradoja de los gemelos se sustenta en una paradoja real

El hecho de que los relojes en movimiento funcionan más despacio puede ser probado experimentalmente. En los años sesenta un grupo de científicos de la Universidad de Michigan puso relojes atómicos en aviones que volaban alrededor del mundo (fue en el vuelo número 1 de la *Pan American*). Después de que los relojes completaran su viaje, fueron comparados a otros relojes idénticos que habían sido dejados en el laboratorio. El resultado: con los relojes viajeros habían "tictaqueado" de hecho menos veces que los estacionarios. Por supuesto, se trata de relojes que pueden medir el tiempo con una exactitud de trece cifras decimales, no nuestros relojes estándar de pulsera, pero establecieron el principio de que el tiempo es relativo. *La paradoja de los gemelos* surge debido a que, según la relatividad especial, si uno de dos gemelos idénticos pasa su vida en una nave cohete viajando a velocidades próximas a la de la luz, cuando regrese a la Tierra será más joven que el otro. Hoy en día sabemos que esta paradoja es un efecto real dentro de la relatividad general. En

otras palabras, no debería llamarse la «paradoja de los gemelos», sino el «efecto de los gemelos». Luego, *la paradoja de los gemelos no es una paradoja.*

2.7. Nada puede viajar, según la teoría de la relatividad, a mayor velocidad que la luz en el vacío

Lo que la teoría de la relatividad dice es esto: si tomamos un objeto y empezamos a acelerarlo, se vuelve más masivo. Cuanto más nos acercamos a la velocidad de la luz, más masivo se vuelve, hasta que, a la velocidad misma de la luz en el vacío, la masa se vuelve infinita. Puesto que se necesita una fuerza infinita para acelerar una masa infinita, la conclusión es que nunca podremos conseguir que un objeto alcance la velocidad de la luz en el vacío. Sin embargo, lo que demuestra realmente la argumentación es que nada que ahora se mueva más lento que la velocidad de la luz en el vacío puede ser acelerado hasta esa velocidad. Algunos científicos han sugerido que puede haber una clase de partículas que siempre se mueven más rápidas que la luz en el vacío, y que no pueden ser deceleradas a velocidades inferiores. Llaman a esas partículas «taquiones» (de la misma raíz griega que nos ha dado «tacómetro»). Hasta ahora la búsqueda de esas partículas no ha tenido éxito, de modo que hoy en día todavía no sabemos si existen o no. Si existen, podrían proporcionar una forma de comunicarnos instantáneamente con cualquier punto del Universo. Los científicos que postulan los taquiones, incidentalmente, se refieren a las partículas normales como «tardiones». En resumen, la teoría de la relatividad no muestra restricciones a que existan partículas que se muevan a velocidades superioresa la de la luz en el vacío, como los taquiones. Sin embargo, esta teoría no admite que acelerando desde el reposo una partícula pueda rebasar la velocidad de la luz en el vacío. En el mundo de los taquiones, la velocidad de la luz en el vacío es un límite inferior; en el mundo en el que nos movemos, es un límite superior a la velocidad de un cuerpo.

2.8. Estamos viviendo una crisis de energía

Los alumnos conciben una crisis de energía como una situación de escasez de la misma. Nada más lejos de la realidad, habría que mostrarles que realmente no existe una crisis de energía, sino más bien de energía utilizable. Así, por ejemplo, un automóvil no consume energía. Cuando se quema un litro de gasolina, la energía térmica de los rodamientos, el calor y energía química de los gases de escape, etc. son exactamente iguales a la energía inicial del litro de gasolina. Antes de quemarse los constituyentes químicos de la gasolina se encuentran en un estado ordenado; después de quemarse se encuentran en un estado desordenado. La energía se ha degradado, haciéndose menos utilizable. La entropía del conjunto ha aumentado.

3. CONCLUSIÓN

Desde un punto de vista de un aprendizaje significativo, funcional e interdisciplinar, la explicación en el aula de errores conceptuales en la divulgación

científica, además de mejorar notablemente el aprendizaje de la física, induce en el alumnado un cierto interés en esta disciplina, así como una mejora en su capacidad de razonamiento. De esta forma el alumnado comprueba que la Física no está tan alejada de la cultura general como solía pensar.

BIBLIOGRAFÍA

1. Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. BOE núm. 266. Martes 6 noviembre **2007**, pp. 45381-45477.
2. 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. BOCM núm 152. Viernes 27 de junio de **2008**, pp. 6-84.
3. D. Ausubel, J. Novak , H. Hanesian, *Educational psychology: A cognitive view,* Holt, Rinehart y Winston, New York (1978).
4. A. Gómez, A. de Andrea, *Revista Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales,* **2003,** Vol. 37*,* 99-105.
5. A. Gómez, A. de Andrea, en *Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos*, pp. 61-66, G. Pinto (Ed.), Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2005).
6. A. de Andrea, A. Gómez, en *Aprendizaje activo de la Física y la Química,* G. Pinto (Ed.), Equipo Sirius, Madrid (2007).
7. A. Gómez, A. de Andrea, en *La Química como materia básica de los grados de ingeniería*, pp. 139-147, J. Martínez Urreaga y G. Pinto (Ed.), Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2009).
8. A. Gómez, A. de Andrea, en *La Química como materia básica de los grados de ingeniería*, pp. 131-138, *Ibíd.*
9. J. Aguilar, F. Senent, *Cuestiones de Física,* Reverté, Barcelona (1994).
10. I. Píñar, A. de Andrea, A. Gómez, *Física,* Edelvives, Zaragoza (2003).
11. J. Trefil, *1001 Cosas que todo el mundo debería saber sobre ciencia,* RBA, Barcelona (1992).

DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA Y DE LA QUÍMICA A LAS PERSONAS MAYORES A TRAVÉS DE UN CURSO DE INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA: UNA EXPERIENCIA EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Beatriz Miguel Hernández, Juan Ignacio Moreno Sánchez, Gerardo León Albert, José Antonio Cascales Pujante, José Antonio Fernández López
Departamento de Ingeniería Química y Ambiental
Universidad Politécnica de Cartagena
beatriz.miguel@upct.es

La Universidad tiene entre sus objetivos divulgar la ciencia, es decir, hacer accesible el conocimiento científico a todas aquellas personas interesadas y motivar hacia ese interés a la mayor parte de la ciudadanía. Ello hace necesario explorar los potenciales receptores, seleccionar los contenidos científicos a divulgar, adecuar esos contenidos al nivel de los receptores, establecer la metodología a seguir y buscar las vías de difusión adecuadas. En esta comunicación se presenta una iniciativa de la Universidad Politécnica de Cartagena para divulgar la física y la química a las personas mayores mediante un curso de Iniciación a la Investigación Científica.

1. LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

1.1. Introducción

Trataremos inicialmente de conceptualizar el término divulgación científica.

Ruiz (1) considera la divulgación científica como el conjunto de actividades de difusión de la ciencia y la tecnología, cuyo objetivo es poner a disposición de todos lo que de otro modo quedaría reservado a unos pocos, mediante la información, interpretación y explicación de los contenidos que proceden del ámbito científico y tecnológico, pero teniendo en cuenta que la divulgación científica no es únicamente la transmisión de contenidos que proceden del escenario donde se desarrolla la investigación, sino que debe fundamentarse en planteamientos democráticos y tener una dimensión social, por lo que los ciudadanos deben conocer cómo afecta la ciencia y la tecnología a sus vidas, qué consecuencias tiene, qué riesgos implica y qué beneficios obtienen de sus aplicaciones.

Para De Semir (2), la ciencia da respuesta a algo innato del ser humano, la curiosidad, y dada la enorme aceleración del conocimiento científico y técnico, hoy día es indispensable conocer para poder opinar y participar en el debate público, por lo que el público busca en la divulgación científica no solo satisfacer su curiosidad, sino las claves de hacia dónde evoluciona, para bien y para mal, nuestro mundo. Para este autor, la divulgación científica se ha convertido hoy en una herramienta estratégica no solo cultural, sino de la sociedad del conocimiento, por lo que la ecuación clave de esta sociedad, I+D+i (investigación, desarrollo, innovación), necesita una cuarta

variable, un catalizador, para que funcione adecuadamente, la C de cultura científica, es decir, I+D+i+C.

Tomando en consideración las aportaciones de estos autores, podemos considerar que divulgar la Ciencia supone tanto hacer accesible el conocimiento científico a todas aquellas personas interesadas en entender o en recibir información sobre este tipo de conocimiento, como motivar, en lo posible, hacia ese interés a la mayor parte de las personas que componen la sociedad. Ello hace necesario la exploración de potenciales receptores, la selección de los contenidos científicos a divulgar, la adecuación de esos contenidos al nivel de los receptores, el establecimiento de la metodología a seguir y la búsqueda de vías de difusión adecuadas.

Durante muchos años la divulgación de la Ciencia ha sido realizada fundamentalmente a nivel periodístico, por lo que se debe diferenciar entre la divulgación científica realizada por los medios de comunicación y aquélla a realizar por los científicos, para extraer por parte de la segunda los aspectos positivos que puedan encontrarse en la primera y desechar los negativos.

Ruiz (1) diferencia entre ambos tipos de divulgación científica afirmando que se trata de dos modos diferenciados de construir un mensaje y de transmitirlo, ya que mientras que el discurso científico procede de la aplicación del método científico en el contexto de las instituciones de la ciencia y su posterior presentación y difusión a través de unos códigos propios a la comunidad científica, el periodista, si no quiere ser un mero traductor, debe deconstruir ese discurso y reestructurarlo usando los recursos propios del periodismo y la divulgación.

Alcíbar (3) considera que la forma en la que son presentados los mensajes periodísticos con información tecno-científica sugiere que el destinatario de la información no está interesado únicamente en conocer el contenido conceptual sobre el asunto del que se le informa, sino que lo está fundamentalmente en comprender el significado que esa información puede entrañar para él y qué consecuencias prácticas pueden derivarse para su vida cotidiana. Este autor pone en tela de juicio la extendida creencia de que el cometido prioritario de la divulgación de la ciencia en los medios de comunicación sea la de transmitir el contenido específico de la ciencia, considerando, de acuerdo con Polino (4), que es la de seleccionar, redirigir, adaptar y recrear un conocimiento producido en el ámbito especializado de ciertas comunidades científicas y tecnológicas para que, una vez transformado, cumpla una función social dentro de un contexto distinto y con propósitos diferentes para una determinada comunidad cultural, siendo el compromiso de la divulgación hacer circular socialmente la ciencia, estimulando con ello la curiosidad y el asombro, y fomentando la capacidad crítica y el debate sobre los asuntos controvertidos con implicaciones sociales. En este mismo sentido, para Roqueplo (5) la tarea primordial de la divulgación no es la de transmitir el saber científico, sino la de facilitar la representación social de este saber, de manera que el divulgador se comporta más como un creador que como un traductor.

Parece, por tanto, que la idea de la divulgación de la ciencia en los medios de comunicación como traducción de los contenidos tecno-científicos al lenguaje accesible para el lego no es correcta. Más bien cabe pensar, de acuerdo con Alcíbar (3), en la divulgación como una teatralización de la tecno-ciencia, en una especie de

puesta en escena, de libre adaptación del texto original (los contenidos de la ciencia), en la que los protagonistas y antagonistas (actores sociales o *actantes*) se intentan interesar y enrolar en determinadas posiciones, y son colocados en diferentes situaciones para que expresen sus intereses, ideas y emociones (las diferentes interpretaciones y expectativas que generan esos contenidos).

En cualquier caso, resulta interesante conocer las principales estrategias generales que los periodistas utilizan para construir su discurso divulgativo en los medios de comunicación para utilizar, en nuestro ámbito de divulgación, aquellos aspectos que se consideren de utilidad. Alcibar (3) especifica estas estrategias resumiéndolas en las siguientes:

- Minimización de las incertidumbres experimentales y presentación apodíctica de los resultados.

- Preponderancia de las aplicaciones técnicas y las consecuencias sociales sobre los contenidos científicos básicos.

- El recurso a lo espectacular.

- El descubrimiento y la citación como efectos de verdad.

- Utilización de recursos literarios y visuales.

2. LA DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA A LAS PERSONAS MAYORES

2.1. Selección de los receptores de la divulgación científica y vías de difusión

2.1.1. Las personas mayores como potenciales receptores de la divulgación científica

Un rasgo característico de la sociedad del siglo XXI es el envejecimiento de la población. Junto con este aumento de la longevidad, también se ha producido un cambio en el perfil de esas personas mayores. Debido a los avances médicos y tecnológicos, los mayores constituyen hoy día no solo un sector social cada vez más numeroso, sino también un colectivo en el que la incapacidad y la dependencia se ven relegadas a edades cada vez más avanzadas. De la misma manera, los procesos de reconversión en el mundo laboral han dado como resultado la aparición en nuestra sociedad de un gran sector de población, laboralmente inactiva, formado por un creciente número de personas que disponen libremente de todo su tiempo y que se encuentran aún en perfecto uso de sus capacidades. De esta manera, existe un grupo de personas, cada día más numeroso, fuera de las obligaciones del trabajo remunerado, con los beneficios en términos de tiempo libre que eso conlleva, y con todas las condiciones para poder implicarse en actividades y disfrutar de nuevos retos. Por ello, no es extraño que cada vez sean más las personas interesadas en continuar aprendiendo.

La universalización de la enseñanza es un criterio básico de democratización, que en nuestro sistema legislativo se pone de manifiesto en el artículo 27 de la Constitución, en el que se reconoce el derecho de todos a la educación, y que se desarrolla con posterioridad por la Ley Orgánica de 1985, reguladora del derecho a la

educación. Ello ha de suponer que la educación no solo llegue a todos los sectores sociales, géneros, lugares geográficos, etc., sino que llegue también a todas las edades, posibilitando el desarrollo de la educación con carácter permanente y el aprendizaje continuo a lo largo de todo el ciclo vital.

2.1.2. El programa de formación de Mayores de la UPCT como vía de difusión

En la V Conferencia Internacional sobre Educación de Adultos (6), celebrada en Hamburgo en julio de 1997, se proclamó abiertamente que la formación y el desarrollo intelectual de las personas mayores debe constituir una de las claves para resolver positivamente los problemas que se le presentarán a la sociedad del siglo XXI. En esta misma línea de planteamiento se manifiesta la Declaración de Bolonia (7), que aunque no tiene como objetivo concreto la formación adulta, sí que incide en la necesidad de la formación continua**,** fomentando la flexibilidad y el acceso a la universidad en todas las etapas de la vida.

De acuerdo con todo ello, la formación continua será, si no lo es ya, una de las claves del siglo XXI, por lo que se hace necesario que las distintas instituciones sociales (políticas, financieras, sanitarias, educativas, etc.) adapten sus objetivos y planteamientos a la sociedad a la que pretenden servir, no permanezcan estáticas ante la demanda de servicios y dispongan los correspondientes medios para satisfacer a ese gran sector de la población desatendido hasta el momento, las personas mayores.

En consonancia con estos criterios, distintos centros educativos universitarios, de todo el mundo han iniciando programas educativos, de carácter formal y no formal, dirigidos a las personas mayores.

La Universidad, por su propia naturaleza, debe mantenerse siempre abierta a las nuevas tendencias, ofertando la preparación científica, técnica, artística y humanística, mediante una adaptación continua de sus sistemas educativos a la versatilidad de la sociedad y el mercado. En este sentido, el programa universitario dirigido a los mayores de la Universidad Politécnica de Cartagena es un proyecto de desarrollo científico y cultural, orientado a promover la ciencia y la cultura entre las personas mayores, al mismo tiempo que es un instrumento útil para propiciar las relaciones intergeneracionales. Nuestra Universidad busca, de esta manera, facilitar a las personas mayores su desarrollo personal y social, con un espíritu de establecer una justa correspondencia con lo que ellos, mediante su trabajo y esfuerzo, han aportado a nuestra sociedad, devolviéndoselo en forma de bienes culturales.

Entre los principales objetivos del Programa de Formación de mayores de la UPCT pueden resaltarse:

- Facilitar el acceso de estas personas a los bienes culturales, para la mejora de su calidad de vida y el fomento del aprovechamiento creativo del ocio.
- Propiciar un espacio para el debate científico-cultural a una generación que ha tenido en el pasado menos oportunidades para el mismo.
- Ofrecer un marco para las relaciones intergeneracionales que, en otros contextos, han sido difíciles.

● Facilitar a los mayores las oportunidades que ofrece la nueva sociedad de la información.

● Incentivar el acceso de las personas mayores a los conocimientos propios de la vida universitaria que, entre otros resultados positivos, pueden contribuir a una mejor calidad de vida.

● Ofrecer la oportunidad de compartir conocimientos y experiencias en la interacción de distintos grupos de trabajo, y así obtener nuevas vivencias que refuercen la utilidad de cada participante en la sociedad.

La Universidad de Mayores de la UPCT está dirigida a las personas mayores de 50 años, con independencia de la formación académica que posean. También podrán cursarlo los que, sin haber llegado a esta edad, acrediten estar jubilados**,** prejubilados o en situación de reserva, siempre y cuando no se hayan cubierto las plazas inicialmente ofertadas. Queda exceptuada de la Universidad de Mayores la figura del "alumno oyente", velando la dirección académica de la misma y el profesorado por el cumplimiento de esta norma.

El Plan de Estudios de la Universidad de Mayores está estructurado en tres cursos académicos, divididos en dos cuatrimestres cada uno, con asignaturas obligatorias y asignaturas optativas. Las asignaturas obligatorias tendrán un componente generalista, mientras que las asignaturas optativas tendrán un componente de especialización o ampliación de las de carácter general. Todas las asignaturas tienen una carga lectiva de 30 horas, que equivalen a 3 créditos, de las cuales 20 horas son de carácter teórico y 10 horas de carácter práctico o de actividades complementarias, habiendo 8 asignaturas por curso académico.

Aquellos alumnos que han completado y superado los tres cursos de la Universidad de Mayores, así como que hayan cursado la totalidad de los Cursos de Formación que constituyen la oferta anual del Aula Permanente, pueden acceder al Programa de Trabajos tutorizados de la UPCT.

Dentro de este Programa se encuentra la asignatura Introducción a la Investigación en Ciencia y Tecnología, que busca formar al alumno en el razonamiento propio de la investigación científica, en las técnicas de investigación, en la búsqueda de información y manejo de bases de datos, en las pautas para la elaboración y difusión de un trabajo de investigación, entre otros aspectos, mediante clases teóricas y prácticas, con una duración de 30 horas. Al finalizar está asignatura el alumno realizará un trabajo bajo la supervisión de un tutor (90 horas).

La actividad que se describe en este trabajo se ha llevado a cabo durante cuatro cursos académicos (2008-09 hasta 2011-2012) con los alumnos matriculados en la asignatura Introducción a la Investigación en Ciencia y Tecnología.

Los contenidos generales de esta asignatura son:

1. Investigación en Ciencia y Tecnología. Aspectos conceptuales.
2. La actualización de la información.
3. Diseño y realización de algunas investigaciones sencillas.
4. El tratamiento de datos.
5. Divulgación de los resultados de las investigaciones científicas.

Las principales características de nuestro alumnado a lo largo de estos cuatro cursos se ilustran en la Figura 1.

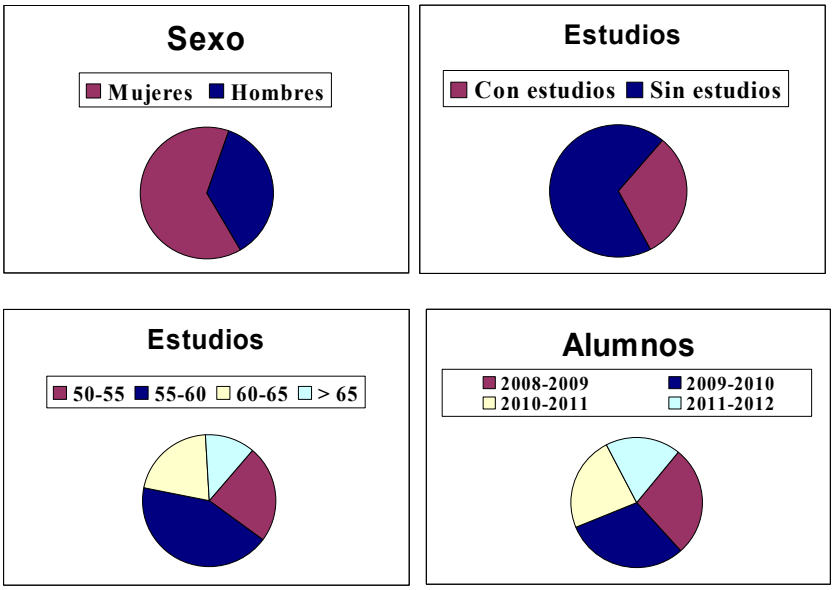


Figura 1. Características de los alumnos participantes en la experiencia.

2.2. Selección de los contenidos científicos a divulgar

Uno de los hallazgos de la divulgación científica a través de los medios de comunicación (8) es que la comprensión de una noticia científica disminuye tanto con el número de conceptos desconocidos que aparecen en ella como con el número de conceptos que tratan de explicarse, aunque estos sean conocidos.

De acuerdo con ello, se seleccionaron contenidos que incluyeran aspectos conceptuales más o menos conocidos por nuestros alumnos mayores y se abordaron, en un principio, de una manera individualizada y por tanto con un elevado grado de concreción (intentando no mezclar conceptos), para posteriormente buscar, en algunos casos, una mayor interrelación entre conceptos y, en definitiva, un mayor grado de abstracción.

Los contenidos seleccionados fueron: espacio, tiempo, velocidad, fuerza, presión, vacío, solubilidad, acidez, basicidad, velocidad de reacción química y catalizadores.

2.3. Adecuación de los contenidos al nivel de los receptores. Selección de las actividades

Con objeto de adaptar los contenidos a divulgar al nivel medio de nuestros alumnos mayores, se diseñaron actividades que ilustraban tales contenidos de una manera gradual, de lo más sencillo a lo más complejo.

Por otra parte, y tomando también como base las aportaciones de la divulgación de la Ciencia a través de los medios de comunicación, se buscaron actividades que fueran, dentro de las limitaciones de espacio y material que existían, lo más atractivas y llamativas posible para este tipo de alumnos.

Entre las actividades realizadas se encontraban:

1. Determinación de la constante de elasticidad de distintos muelles.
2. Estudio de los factores que influyen en el período de un péndulo.
3. Introducción de un huevo duro pelado en un matraz Erlenmeyer, de tamaño adecuado, que contiene agua caliente en su interior.
4. Estudio de la diferencia de rapidez de las reacciones químicas en estado sólido y en disolución.
5. Estudio cualitativo de los componentes coloreados que incluye la tinta que contienen diferentes marcas de rotuladores.
6. Estudio cualitativo de la acidez y basicidad de las sustancias mediante el uso de indicadores.
7. Estudio de una reacción autocatalítica.

2.4. Establecimiento de la metodología a seguir

De una forma general, se utilizó una metodología basada en el descubrimiento guiado, mediante trabajo colaborativo en pequeño grupo, finalizando con una puesta en común en gran grupo. En alguna actividad particular se trabajo de manera global con todo el grupo (estudio de los factores que influyen en el período de un péndulo) o partiendo de una experiencia inicial de cátedra (estudio de una reacción autocatalítica).

3. RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA

Los cuestionarios de evaluación del profesorado y de su actividad docente, en nuestro caso divulgativa, que realiza la Universidad de Mayores de la UPCT a todos sus alumnos, han puesto de manifiesto una gran aceptación de esta actividad por parte de los mismos, con una calificación situada entre las más altas y por encima de la media del conjunto de asignaturas. De hecho ya es, como se ha indicado, el cuarto año que impartimos la asignatura y siempre con un número importante de alumnos.

Por otra parte, queremos destacar que esta actividad focaliza la utilización de habilidades cognitivas y, en menor medida, de habilidades psicomotrices. Debe tenerse en cuenta que aunque no existe evidencia aceptada de que se produzca un deterioro general de la habilidad cognitiva con la edad (9), si parece que ciertos mecanismos cognitivos básicos muestran un deterioro parcial al aumentar la edad. Entre ellos se encuentran la memoria, la velocidad de procesamiento de la información y la habilidad espacial, (10-12). Por otra parte, la formación cultural, la situación familiar y social, el potencial de aprendizaje en la vida diaria y, especialmente, el nivel educativo, aparecen como factores más determinantes en el rendimiento cognitivo que la propia maduración biológica (13-15). De hecho, diferentes estudios postulan el importante papel de la formación permanente en la disminución del deterioro de las

habilidades cognitivas (16,17). Todo ello nos lleva a pensar que las actividades que esta iniciativa conlleva deben contribuir de una manera positiva al mantenimiento de este tipo de habilidades por parte de las personas mayores.

Por lo que se refiere a las habilidades psicomotrices, parece que se ven igualmente alteradas como consecuencia de las modificaciones biológicas que traen como resultado alteraciones cognitivas, sensoriales, neuromusculares y motoras (18), por lo que la realización de experiencias que requieren el uso de estas habilidades debe contribuir, igualmente, a una disminución en el deterioro de las mismas en este tipo de personas.

REFERENCIAS

1. M.J. Ruiz-Somavila. http://www.oei.es/divulgacioncientifica/entrevistas_132.htm
2. V. de Semir. http://www.upf.edu/pcstacademy/_docs/200711_desemir.pdf
3. M. Alcíbar, *Anàlisi*, **2004**, Vol. 31, 43.
4. C. Polino. http://www.unq.edu.ar/cts/cpolino
5. P. Roqueplo, *El reparto del saber*, Gedisa, Buenos Aires (1983).
6. V Conferencia Internacional de Educación de las Personas Adultas, Hamburgo (2007). http://www.unesco.org/education/uie/confintea/pdf/con5spa.pdf
7. Declaración de Bolonia, (Bolonia 1999).
http://eees.umh.es/contenidos/Documentos/DeclaracionBolonia.pdf
8. S. Graíño.
http://e-ciencia.com/blog/reflexion/la_comunicacion_cientifica_una_necesidad_social_026/.
9. K.W. Schaie, S.L. Willis, *The many dimensions of aging: Essays in honor of M. Powell Lawton,* Springer, New York (2000).
10. A.D. Baddeley, R.H. Logie, *Models of Working Memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*, Cambridge University Press, Cambridge (1999).
11. F.I.M. Craik, J.N. Jennings, *The Hanbook of Ageing and Cognition,* Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale (1992).
12. T.A. Salthaouse, E. Meinz, *Journal of Gerontology Pychological Sciciences*, **1995**, Vol. 50, 297.
13. U. Lehr, *Álterwerden: chance für mensch und gesellschaft*, Olzog, München (1994).
14. S.B. Merriam, *Adult Education Quarterley*, **2000**, Vol. 51, 45.
15. M. Lövdén, P. Ghisletta, U. Linderberger, *Psychology and Aging*, 2005, Vol. 20, 424.
16. P.B. Baltes, *The Gereonthologist*, **1993**, Vol. 33, 580.
17. J.S. Saczynski, S.L. Willis, K.W. Schaie, *Neuropsychology and Cognition*, **2002**, Vol. 9, 48.
18. O.A. Sandoval-Sheik.
http://www.psicocentro.com/cgi-bin/articulo_s.asp?texto=art35002

LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS A TRAVÉS DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN

Daniela Lorena Lamas
Cátedra Tecnología de Alimentos III, Universidad Provincial del Sudoeste, UPSO
Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur, UNS
Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina
dlamas@plapiqui.edu.ar

El objeto de la presente comunicación es exponer la experiencia sobre un proyecto de actividades didácticas extracurriculares para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje, desarrolladas en la cátedra de Tecnología de Alimentos III de la Universidad Provincial del Sudoeste, Argentina. En esta actividad, los alumnos relacionaron su cotidianidad con los conocimientos adquiridos en clase y con información técnica que compilaron como una tarea de investigación. Los resultados del proyecto, probados y evaluados, muestran que estas actividades refuerzan el aprendizaje de los contenidos curriculares de la asignatura y aumentan el interés de los alumnos al conocimiento de esta Ciencia.

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad es una institución social que tiene el mandato de generar y transmitir conocimientos con un alto valor científico, artístico y técnico. De esta forma, la enseñanza constituye una de sus funciones centrales, que nace junto con la universidad. El aprendizaje es uno de los fenómenos más complejos de la existencia del ser humano, ya que se trata de un proceso de cambios.

La docencia universitaria resulta una tarea distinta a otras y con complejidad notable. Si el eje de la docencia se focaliza en el aprendizaje de las cosas, se obliga al docente a desarrollar competencias que permitan el buen desempeño de la profesión. Enseñar es diferente a facilitar el aprendizaje, ya que se debe conocer mucho de un tema específico para la transmisión de conocimientos, pero para colaborar con las tareas de aprender un docente debe ser capaz de motivar, organizar procesos de aprendizaje, supervisar, tutorizar actividades y colaborar con la resolución de dificultades (1).

Al mismo tiempo, el aprendiz sufre un proceso durante el que se apropia de capacidades, conocimientos, experiencias, habilidades y hábitos a través de la acción e interacción con el medio externo, lo que, como un todo, va conformando progresivamente el desarrollo de su personalidad.

El aprendizaje es un proceso a través del cual cada persona se apropia de la cultura socialmente construida, y tiene una naturaleza multiforme, diversa (2). En esta actividad teórico-práctica educativa desarrollada, se refleja el logro de la motivación adquirida por parte de los alumnos cuando se logra trabajar la unidad dialéctica enseñanza-aprendizaje.

2. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

A lo largo de la historia, el ser humano ha acompañado su existencia con una permanente búsqueda de las razones de vivir. El conocimiento y el saber para un aprendizaje consciente que sumado al inconsciente marcan la evolución del hombre en su búsqueda de sentido. Resulta substancial acercar teorías apreciables de motivación y estímulo optimista para ir delineando modelos de vida que favorezcan encontrar un significado de la vida a partir de una participación activa, enriquecedora y plena de sentimiento de autorrealización. La obtención del máximo potencial del ser humano redunda en beneficios a nivel individual, por su vinculación con la calidad de vida, y de la sociedad. El paso por la Universidad ofrece la posibilidad de adquirir conocimientos, descubrir nuevos conceptos, ampliar la visión del mundo, incorporar y desarrollar aptitudes de disciplina intelectual. El gran incremento de la matrícula en educación superior en nuestro país daría cuenta de este reconocimiento, sin embargo las elevadas tasas de abandono o la prolongación excesiva de las carreras universitarias estarían mostrando la existencia de dificultades para el logro de aquellos beneficios. El problema de la deserción es poli-causal, se ve afectado por factores económico-laborales y de escasa claridad e interés vocacional fundamentalmente (3, 4).

Este contexto es el que ha promovido el desarrollo de un proyecto de divulgación de la Química de los Alimentos en la cátedra Tecnología de Alimentos III 2010 de las ciudades de Tres Arroyos y Coronel Suárez, correspondientes a la carrera Técnico Universitario en Emprendimientos Agroalimentarios, que la Universidad Provincial del Sudoeste UPSO comparte mediante el sistema PEUZO con la Universidad Nacional del Sur UNS de Bahía Blanca, Argentina.

La actividad principal se centró en el análisis de una encuesta inicial que determinó las actividades a desarrollar con el grupo de alumnos. En segundo término se delinearon diferentes actividades, propuestas en conjunto por el alumnado y el docente. En la etapa siguiente se formuló una exposición y evaluación oral sobre lo aprendido. Por último se realizó una evaluación desde la docencia de la cátedra.

3. ETAPAS Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO

A partir del fenómeno a investigar y la definición de los objetivos se seleccionó una estrategia metodológica mixta o combinada, que sistemáticamente utiliza un enfoque cuantitativo y cualitativo aplicado al mismo objeto de estudio (5). Las lógicas cuantitativas y cualitativas suponen procedimientos diferentes de resolución metodológica, y supuestos disímiles sobre la naturaleza del hecho social. Un diseño cuantitativo trata de asumir los supuestos de un modelo hipotético deductivo, de explicación causal, de verificación y de búsqueda de la verdad universal, sobre grandes universos de población. Así, los enfoques cuantitativos utilizan la teoría disponible desde el inicio de su estudio, generando hipótesis que contienen variables medibles, las cuales se someten a prueba. En los enfoques cualitativos, la teoría se va configurando a lo largo del proceso de investigación conformando una meta a

alcanzar. La teoría se conforma en articulación con los datos recabados en el trabajo de campo. El tipo de razonamiento utilizado es inductivo, de generación de teorías y búsqueda de profundización en la dinámica social de los casos particulares. En este caso, el marco teórico es un marco orientativo en el cual se elaboran las categorías en la interacción con los datos y se establece la relevancia del mismo a partir de lo observado. Esta investigación parte de un diagnóstico cuantitativo, basado en el análisis estadístico de variables con el objeto de caracterizar el fenómeno en estudio, haciendo énfasis en la derivación de hipótesis y definiciones operacionales de marcos teóricos previos. Luego, mediante el enfoque cualitativo se intenta profundizar e interpretar las características diagnosticadas.

Actividad 1

Encuesta cuali-cuantitativa.

Objetivo: Conocer el grupo de estudio, identificar sus necesidades, anhelos, temores y aspiraciones con respecto a la asignatura a dictar.

Tiempo de realización: 40 minutos.

Forma de presentación: Encuesta anónima formulada con 30 preguntas.

Tabla 1. Resultados obtenidos de las encuestas de análisis cuantitativo.

Preguntas	**Elección vocacional**	**Asistencia a clase**	**Alto porcentaje de aprobación**	**Métodos de estudio**
Respuetas	100% encuestados	100% encuestados	100% encuestados	100% encuestados
Sí	95	62,5	50	5
No	4	33	35	70
Duda	1	4,5	0	5
Ns/Nc	0	0	15	20

Resultados: En la tabla 1 pueden observarse algunos de los resultados más relevantes de las preguntas tipo sí-no, características de un análisis cuantitativo.

Los tipos de preguntas con opción a comentario permitieron observar que el 95% de los encuestados manifestó la elección de la carrera por un gusto con temas afines, pero con un total desinterés por emprender un proyecto, y quienes lo mencionaron, lo manifestaron como una traba para salir al mercado laboral. El mismo número mostró descontento por no cumplir las expectativas en cuanto a trabajos teórico-prácticos, visitas a planta e industrias, desarrollo de laboratorios y personal a cargo de las cátedras.

Solo un 5 % de los alumnos exteriorizó aprovechar al máximo su potencial durante el estudio, acudir a clases con entusiasmo y vivir con alegría el aprendizaje a diario; la

contraparte exhibió el estudio como una carga pesada, y sentimientos de agobio, temor, aburrimiento, angustia e indiferencia.

Casi la totalidad de los encuestados no se conoce a sí mismo, no sabe de la capacidad de aprendizaje que las neurociencias actualmente explican se puede obtener a cualquier edad, son pesimistas en cuanto potencial, no conocen el sentido y significado del estudio en general.

Estudian solos o acompañados según las circunstancias, pero desconocen del pensamiento grupal, del enriquecimiento por la capacidad de discernir, y no están acostumbrados al debate, temen emitir opinión y no se creen competentes para ello. No conocen métodos de estudio y aplican reglas equívocas que no les permiten razonar, confluyendo en la memoria.

El 100% anhela una relación alumno profesor con respeto y simetría, clases participativas, con diversidad en los métodos didácticos, con análisis de casos, dinámicas, con poco contenido pero consumado y aplicable.

Exhiben la necesidad de escucha activa, de ser "tenidos en cuenta", individualizados, de requerir un tutor durante la carrera, solicitan reconocimiento, acompañamiento de un vinculado y expresan claramente la carencia de referentes en todos los ámbitos que se hallan.

Se manifiesta la necesidad de un desarrollo de singularidad, de modificar el determinismo genético desde una construcción social del fenotipo, entendiendo que el potencial individual de desarrollo es muy elevado y que esta posibilidad reside no solo en las propias intenciones del alumno, sino en la necesidad de que el docente confíe en su logro.

Se concluye que están expresadas las necesidades de un trabajo intensivo y completo que contribuya al aprendizaje-enseñanza de los alumnos encuestados.

Este análisis inicial promovió las siguientes actividades.

Actividad 2

Estudio de la vida útil de un alimento, su deterioro y características organolépticas.

Objetivos: En este apartado se espera que el alumno desarrolle competencias genéricas, transversales y específicas.

Tiempo de realización: 4 meses.

Forma de presentación: Informe escrito como ejemplar de publicación científica y exposición oral en Encuentro de Alumnos y Directivos de la Carrera de grado.

Se realiza un el Encuentro de Expositores, simulando un Congreso Científico, con exposiciones de otros trabajos desarrollados durante el cuatrimestre, invitados especiales y disertaciones paralelas de temas relacionados.

Tiempo de presentación: 15-20 minutos.

Resultados: La forma de presentación del material permitió que los estudiantes desarrollaran la capacidad de síntesis, de organización y planificación, el razonamiento crítico, la creatividad, la toma de decisiones y el aprendizaje autónomo.

Este trabajo permitió a los alumnos ampliar conocimientos aportados como una base o posibilidad para ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a

menudo en un contexto de investigación, con el fin de que desplieguen sus capacidades para elaborar trabajos de investigación, desarrollo e innovación como competencias específicas dentro de la disciplina de la química de los alimentos.

En las exposiciones orales, los alumnos descubrieron la imagen que proyectan al comunicarse, y perdieron el temor a hablar en público tras varios ensayos previos.

Actividad 3

Visitas a plantas productoras de alimentos: Oleaginosa Moreno Daireaux y Maltería Quilmes Tres Arroyos.

Objetivo: Conocer distintos procesos químicos que ocurren en la ingeniería de alimentos.

Forma de evaluación: Los alumnos elaboraron un informe con los procesos destacados de cada industria, realizaron un flujograma del proceso global y analizaron distintas etapas de la obtención de alimentos.

Resultados: En estas visitas se pudieron desarrollar competencias específicas de los alumnos, como la comprensión de las tecnologías de la industria alimentaria, las operaciones básicas y la automatización; asimismo, esta experiencia enriqueció los conocimientos de la actividad 2, y permitió aunar teoría y práctica aprendida durante el cursado de la asignatura.

Actividad 4:

Elaboración de caramelos en el laboratorio como aplicación del fundamento de cristalización de azúcares.

Desarrollo integral de un alimento innovador de la industria alimentaria, elaboración en el laboratorio.

Objetivo: Realizar análisis y ensayos químicos y fisicoquímicos de materiales de origen natural o artificial para determinar su composición, estructura y propiedades.

Sintetizar y elaborar sustancias puras o mezclas a partir de materiales de origen natural o artificial.

Resultado: En este ensayo de laboratorio los alumnos aplicaron sus conocimientos sobre la elaboración y producción de alimentos, y desplegaron su creatividad.

La elaboración de caramelos estaba pautada con materiales y métodos por parte de la cátedra con la intención de realizar un estudio de cristalización de azúcares.

La elaboración de barras de cereal saladas para deportistas fue un trabajo que procuró ingenio y creatividad por parte de los alumnos. En este trabajo se desarrolló la simulación de la planta elaboradora, se imitó la elaboración y se contempló el desarrollo de un marketing estratégico para la venta del producto.

Esta labor permitió el desarrollo de competencias específicas y profesionales de los aprendices, ya que debieron programar, dirigir, coordinar, supervisar, ejecutar y evaluar las actividades de análisis, síntesis y elaboración de sustancias, así como las tareas de investigación y desarrollo correspondientes.

Este proceso incluyó la capacidad de determinar el equipamiento y las condiciones de instalación de laboratorios con el control de las condiciones de seguridad.

El diseño e ingeniería de proyectos de instalaciones y los procesos de ingeniería química que se aplicaban en la planta bosquejada, a escala de laboratorio, piloto o industrial, fueron registrados en forma teórica.



Figura 1. Exposición Oral, Encuentro de Alumnos Expositores de Tecnología de Alimentos III, Tres Arroyos.



Figura 2. Elaboración de caramelos. Laboratorio del Centro Regional de Estudios superiores, Tres Arroyos.

4. CONCLUSIONES Y REFLEXIÓN

En el proceso de enseñanza-aprendizaje suele ocurrir que los alumnos claman que las clases son poco interesantes y el docente aduce el escaso interés de los alumnos. La problemática surge por la falta de motivación para el aprendizaje. Esta problemática presenta dos caras, la del alumno que no es capaz de automotivarse y la del docente que no es capaz de motivar al alumno.

En este trabajo se realizó una tarea en conjunto del cuerpo docente con los alumnos, y se consiguieron aprendizajes y resultados en ambos segmentos.



Figura 3.Visita a Oleaginosa Moreno Daireaux.

Desde el lugar de los alumnos se logró una actitud de compromiso en los aspectos cognitivos, ya que desplegaron el impulso de aprender, de descubrir, de adquirir, de comprender, desde su interior. Aprendieron a ser perseverantes y a postergar recompensas inmediatas en beneficio de otras más redituables en el largo plazo. Experimentaron aplicar conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudios. Desarrollaron la capacidad de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información compilada. Experimentaron comunicar sus conclusiones de un modo claro y sin ambigüedades, y desenvolvieron habilidades de aprendizaje que les permitirán continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

El valor agregado de esta labor está en la tarea docente, que debió ejercer una acción indispensable para conseguir una actitud favorable hacia el aprendizaje de contenidos determinados, y despertar y afianzar en los alumnos motivos duraderos.

En este curso, el cuerpo docente ha tratado de ser competente y cumplir con los marcos de referencia propuestos en los catálogos del perfil de profesorado desarrollados en las últimas décadas.

Sin embargo, a esas competencias se les ha yuxtapuesto la didáctica de autor, donde el logro de unificar el proceso de enseñanza-aprendizaje ha reparado en crear, acorde con el campo de estudios, un diseño personal que permitió la construcción del conocimiento en la clase, y esa originalidad estuvo basada en el campo afectivo, como sustento de apoyo y acompañamiento incondicional, con el convencimiento de que enseñar es construir humanidad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Provincial del Sudoeste por la aprobación para realizar tareas de extensión, al Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Sur por la oportunidad de docencia en la cátedra, a la Oleaginosa Moreno

de Daireaux y a la Maltería Quilmes de Tres Arroyos por permitir la visita guiada. Se distingue a los alumnos de Tecnología de Alimentos III de las sedes de Tres Arroyos y Coronel Suárez 2010, por la colaboración y aceptación del trabajo conjunto. Se reconoce la asistencia y cooperación, en distintas áreas del trabajo, de Mariana Pagano, Marcial Pérez, Vanina Lamas, Laura Goñi y Marta Guzmán.

REFERENCIAS

1. M.A. Zabalza, *La cuestión Universitaria,* **2009**, Vol. 5, 69-81.
2. D.S. Castellanos, *Cursos de Maestrías en Educación* (2006).
3. D. Lamas, M. Pérez., *IV Encuentro Nacional y Latinoamericano sobre Ingreso a la Universidad pública,* **2011**, Vol. 1, 46.
4. D. Lamas, S. Morresi., *Ibíd.,* **2011**, Vol. 1, 23.
5. J. Morse, L. Niehaus; *Principles and procedures of mixed methods design.* Left Coast Press, Walnut Creek, EE.UU. (2009).

DE LA DIVULGACIÓN A LA FORMACIÓN EN LOS MUSEOS DE CIENCIAS: CAMBIO DIDÁCTICO EN EL PROFESORADO EN FORMACIÓN INICIAL

***Gonzalo Abellán Sáez*[a,b], *Jesús Carnicer Murillo*[b,c]**
[a]Instituto de Ciencia Molecular (ICMol), Universidad de Valencia
[b]Museo Didáctico e Interactivo de Ciencias de la Vega Baja del Segura Comunidad Valenciana (MUDIC-VBS-CV), Orihuela, Alicante
[c]Departamento de Física y Química, I.E.S. Thader, Orihuela, Alicante
gonzalo.abellan@uv.es, director@mudic.es

Un museo didáctico e interactivo de ciencias se ha empleado como laboratorio para el estudio de la formación del profesorado de ciencias en contextos no formales. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que los museos de ciencias tienen capacidad formativa y no solo divulgativa o estimulante.

1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente en la formación del profesorado se han distinguido dos fases: la de formación inicial (*pre service*) y la de formación permanente (*in service*), y aunque en 1979 Bolam distinguía una fase intermedia que llamaba de "inducción", también conocida como de profesorado novel, podemos considerar las anteriores como las dos grandes etapas bien diferenciadas de formación de un profesor (1). Este trabajo se centra en la primera fase, de formación inicial, y trabaja con estudiantes del Máster del Profesorado de Educación Secundaria de la Universidad Miguel Hernández que realizan un Seminario integrado en las enseñanzas de dicho Máster.

De numerosos estudios en formación del profesorado se desprende que el profesorado de ciencias tiene unas concepciones y prácticas docentes espontáneas. Esto supone, en nuestra opinión, un modelo coherente que abarca la mayor parte de los aspectos de su profesión y que ha adquirido por su inmersión en prácticas educativas tradicionales como estudiante, primero, y como docente, después. A eso le llamamos "formación ambiental o incidental". Este conjunto de creencias, ideas, hábitos y comportamientos aceptados como "naturales" de forma acrítica se pueden convertir en un serio obstáculo a la renovación de la enseñanza y hacer difícil de conseguir el "cambio didáctico" (2). Es muy importante comenzar a cuestionar esta "formación ambiental" en la formación inicial del profesorado ya que es más fácil alcanzar el perseguido cambio didáctico.

Por otra parte, la formación del profesorado en aspectos educativos no formales es de vital importancia, concretamente la capacidad de estimular el aprendizaje despertando la motivación es una herramienta que puede favorecer drásticamente la enseñanza de los estudiantes. En el contexto científico-técnico, las actitudes del profesorado frente a la ciencia suelen ser un factor clave en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y la formación de estas actitudes debe ser vehicular para obtener una formación integral. En Europa desde hace unos años se aboga por una enseñanza de

habilidades, en la que se minimiza el uso de libros de texto y clases magistrales, y se focaliza la enseñanza práctica. Numerosos estudios corroboran las bondades de esta metodología, poniendo de manifiesto que la mejor forma de despertar una actitud positiva hacia la ciencia es presentándola de forma experimental, tal y como se desarrolló en el pasado y continúa hoy en día. Los museos de ciencias son una herramienta útil en la enseñanza de las ciencias en contextos no formales y son, más que un apoyo a la docencia, una gran oportunidad para los profesores de cara a mejorar el aprendizaje de sus alumnos.

Dentro de los diferentes museos de ciencias, los interactivos están copando los puestos de mayor interés. En este tipo de museos se exhiben ideas y contextos más que objetos, pero se corre el riesgo de caer en una dispersión descontextualizada de módulos interactivos que pueden ser contemplados como un tipo de estaciones de ideas. Fomentar el aprendizaje por descubrimientos, impulsando la participación de los visitantes, está siendo uno de los grandes logros de los museos de ciencias actuales y se está intentando realizar una catarsis que evolucione desde un conglomerado de conceptos a líneas temáticas más definidas.

Las investigaciones sobre museos de ciencias y visitas escolares indican que es necesario integrar la visita en la programación del aula para que se obtengan resultados de aprendizaje que vayan más allá de los contenidos actitudinales. Este es un aspecto difícil de desarrollar por parte del profesorado, pues habitualmente no se trabaja en la formación inicial ni permanente el diseño de visitas escolares que sirvan de puente entre el conocimiento escolar (currículo) y el no formal (alfabetización científica) (3). En la formación inicial y continua en enseñanza de las ciencias, se analizan aspectos relativos a la educación formal (unidades didácticas, materiales y estrategias, actividades, etc., para desarrollar en el aula), pero no se reflexiona sobre la importancia de relacionar todos los aprendizajes que los alumnos y alumnas obtienen de fuentes no formales con el currículo establecido. Además, no se realizan transposiciones didácticas (relación teoría-práctica) en las que el futuro profesorado tenga que integrar, dentro de su programación concreta de aula, salidas de campo o visitas a museos y centros de ciencias (4). Por lo tanto, parece necesario que los museos y centros de ciencias se conviertan en centros de formación e investigación en estos aspectos que cada día cobran más importancia en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

En el Museo Didáctico e Interactivo de Ciencias de la Vega Baja del Segura (MUDIC-VBS) intentamos desde su creación trabajar estos aspectos de formación e investigación, participando en el Máster del Profesorado de Educación Secundaria con el Seminario “Aprender ciencias en un museo” y proponiendo para el curso próximo un título propio de especialista a desarrollar en la Universidad Miguel Hernández (UMH): "Especialista en divulgación y enseñanza de las ciencias en contextos no formales y escolares”**.** El MUDIC-VBS es un museo de titularidad municipal dirigido por una Fundación en la que participan la UMH, el Ayuntamiento de Orihuela y la A.P.C. “Hypatia de Alejandría”, y está ubicado en el campus de Desamparados de la Universidad Miguel Hernández. El MUDIC-VBS ha servido estos años de centro neurálgico de la ciencia en la comarca, las salas Charles Darwin y María Sklodowska

presentan más de 30 módulos interactivos que abarcan todas las áreas del conocimiento científico. La mayor parte de estos módulos han sido diseñados y construidos exclusivamente para el museo, y están siendo objeto de diversos estudios y publicaciones (5-7). Por otra parte, el museo cuenta con la sala Einstein en la que se desarrollan numerosos talleres de ciencia recreativa e interactiva, siendo este aspecto uno de los más innovadores del centro. Finalmente, se cuenta con un jardín científico en el que se exhiben numerosos relojes de sol y donde se realizan actividades relacionadas con la astronomía y la botánica. El MUDIC-VBS es claramente un museo no expositivo, interactivo, y con diferentes itinerarios que pueden ser programados antes de la visita. Más aún, el museo cuenta con una plantilla de monitores que dirigen las visitas y que realizan los diversos talleres. El paradigma pedagógico del museo está basado en el aprendizaje en pequeños grupos, ampliamente estudiado por los fundadores del mismo, y el aspecto más novedoso del complejo es el aprendizaje por investigación dirigida. Éste último aspecto es el que posiciona al MUDIC-VBS como un centro de investigación social, siendo un laboratorio útil para el estudio del aprendizaje de la ciencia en contextos no formales y aportando un marco óptimo para evaluar las implicaciones pedagógicas que conlleva la enseñanza científica en este tipo de centros.

2. OBJETIVO DEL TRABAJO. HIPÓTESIS

En este trabajo lo que se pretende es realizar un estudio preliminar sobre un problema general que adquiere cada vez más importancia en la didáctica de las ciencias: "¿La enseñanza en contextos no formales puede contribuir al cambio didáctico del profesorado de ciencias?". Cuando hablamos de cambio didáctico nos referimos a cambiar el paradigma tradicional de la enseñanza de la ciencia, basado en la transmisión verbal de conocimientos ya elaborados, evolucionando hacia estrategias de enseñanza-aprendizaje como investigación, en las que los estudiantes construyen sus propios conocimientos resolviendo problemas abiertos sobre temas científicos relacionados con la sociedad y el medio ambiente. Se trata de un estudio preliminar que se refiere solamente al profesorado en formación inicial y en un intervalo de tiempo muy corto (sin duda el afrontar el problema general exige un estudio más pormenorizado), con un seguimiento mayor en el tiempo y un diseño previo más detallado que realizaremos en el futuro y al que por descontado esta experiencia contribuirá. El estudio se realiza en una única sesión del Máster de Profesorado de Secundaria de la UMH, está centrado por lo tanto en el profesorado en formación inicial, siendo este más permeable a un cambio de paradigma tan acusado.

Nuestra hipótesis inicial era que un seminario centrado en una visita al MUDIC-VBS, con un trabajo en pequeños grupos anterior y posterior a esa visita, en la que los futuros profesores abordaran el problema del papel que los museos de ciencias juegan en el aprendizaje, cambiaría su visión sobre la utilidad de estos museos. Además, contribuiría también a que estos profesores valoraran como positivos aspectos de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias como investigación. En particular, pensábamos que el seminario contribuiría a que los profesores dejaran de pensar en las visitas a

museos como "actividades extraescolares" en las que los estudiantes observan y hacen cosas interesantes a la vez que se divierten, y pasaran a considerarlas como buenas praxis educativas que facilitan experiencias personales y sociales en un entorno científico promoviendo aprendizajes. También debía contribuir a acercar a los profesores a aspectos muy relevantes de la enseñanza-aprendizaje como investigación, el trabajo en equipo, la confrontación de ideas entre iguales y la realización de experimentos de laboratorio. Nos basamos para ello en los estudios que postulan que el aprendizaje en los museos está influenciado por las ideas previas que traen consigo los visitantes, su entendimiento conceptual de la ciencia, sus expectativas sobre el mismo y por último sus actitudes. También en las evidencias publicadas acerca de la necesidad de tener una programación previa y una estrategia de cara a la visita, que han demostrado que permiten un mejor aprendizaje de la ciencia y sus métodos para los estudiantes (8).

La dicotomía tradicional entre el aprendizaje no formal y el formal radica en que uno es voluntario y el otro, obligatorio. Uno no es estructurado mientras que el otro sí lo es, el no formal no está evaluado y tiene lugar fuera del aula, mientras que el formal está evaluado y tiene lugar en el aula. En este trabajo abogamos por complementar el aprendizaje en los museos con aspectos como la estructuración y la evaluación en el aula de conocimientos adquiridos en los mismos.

3. DISEÑO Y REALIZACIÓN EXPERIMENTAL

La sesión está diseñada de forma que se realiza una presentación previa del museo en la que se introduce el tipo de visita que se va a realizar y, adicionalmente, se les indica a los profesores la necesidad de realizar un estudio didáctico con sus apreciaciones de la visita. Ésta consiste en un taller de astronomía previo, la sesión guiada a las salas que contienen los módulos interactivos y finalmente los talleres en los que desarrollaban una serie de actividades. La metodología que hemos empleado ha sido la realización de cuestionarios antes y después de la visita, además de un estudio de casos con entrevistas y observación. Los cuestionarios se diseñaron incluyendo una batería de preguntas. Concretamente, el pre-test incluía preguntas relativas a las creencias y apreciaciones previas de los visitantes de cara a los museos de ciencias. Además se realizaron una serie de cuestiones acerca de la opinión de los profesores noveles sobre la vinculación curricular que deben de tener los museos de ciencias con la programación docente de los colegios e institutos. Por último, se les pregunta acerca del papel que tienen los museos en el aprendizaje, la visión y la relación con la vida cotidiana de la ciencia. La sesión se preparó para llevarse a cabo en al aula-taller del MUDIC-VBS, dirigida por el director del museo que actuó de formador, con el siguiente programa:

i. Presentación de la sesión y del MUDIC por parte del director.
ii. Realización individual de la "Encuesta evaluación antes de la visita" (consistente en 6 preguntas de respuestas múltiples).
iii. Visita al MUDIC en pequeños grupos guiados por monitores como si de una visita escolar se tratara.

iv. Desarrollo de la sesión con los asistentes organizados en pequeños grupos de discusión que realizaban las actividades propuestas (una descripción detallada de las actividades, incluyendo los cuestionarios, será el objeto de un próximo trabajo). A cada actividad realizada por los grupos seguía una puesta en común de todos coordinada por el profesor, que iba aportando información sobre investigaciones didácticas al respecto.

v. Realización individual de la "Encuesta evaluación después de la visita" (consistente en 19 preguntas de respuestas múltiples).

La titulación de la encuesta con un pseudónimo por parte de los profesores noveles permitía contrastar las respuestas de cada uno antes y después de la sesión sin romper con el anonimato, que era un aspecto que queríamos mantener. Este trabajo se realizó contando con 17 profesores de la especialidad de Matemáticas; la sesión tenía carácter voluntario dentro del Máster. Se formaron tres grupos de alumnos que participaron activamente durante las 4 h que duró ésta.

Este estudio se integra en un trabajo más amplio que engloba a asistentes de otras especialidades; los resultados de esos estudios serán recogidos en trabajos posteriores. En función de la especialidad de cada grupo la visita al museo se adaptaba; por ejemplo, aquellos que querían ser profesores de matemáticas visitaban con el monitor los módulos de matemáticas y física fundamentalmente, y en la encuesta final solo se les preguntaba sobre estos módulos. Los monitores eran los que habitualmente conducen las visitas del museo y debían comportarse con los profesores en formación como habitualmente lo hacían en las visitas de escolares.

4. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación se destacan los resultados más relevantes de las encuestas realizadas. En la primera pregunta de la encuesta previa a la visita (Tabla 1), solo una minoría (3 casos) piensa que los museos no sirven para aprender ciencia; después de la visita esta opinión es todavía más marginal. En cambio, cuando se revisa la tercera pregunta que se refiere al aprendizaje de algunos conceptos después de visitar el MUDIC, hay unanimidad en el sí: esto puede deberse a que los visitantes, futuros profesores de Matemáticas, han interactuado también con los módulos de Física y no han mejorado la comprensión en algunos conceptos que no son de su especialidad. Esto último viene corroborado por las respuestas a las preguntas 15c y 17c (Tabla 2), referidas a si mejoran los aprendizajes globales en física por un lado y matemáticas por otro, que resulta con más matices en física y mucho más contundente en matemáticas, donde solo hay una respuesta negativa. Con respecto a la segunda parte de estas preguntas, hay una total unanimidad en que los estudiantes se sentirán más atraídos tanto a las matemáticas como a la física después de visitar el MUDIC. Seguramente estos resultados se ven influenciados por el hecho de que todos los profesores valoran muy bien la visita al MUDIC, respondiendo a la pregunta 15, la primera de la Figura 2, con las mejores puntuaciones.

Tabla 1. Modificación de las expectativas hacia los museos de ciencia tras la visita al MUDIC-VBS.

	Sí	*No*	*Ns/Nc*
¿Crees que los museos de ciencias sirven para que los visitantes aprendan ciencias? (Pre-test)	14	3	0
¿Crees que los museos de ciencias generan actitudes positivas hacia las ciencias? (Pre-test)	17	0	0
¿Crees que los estudiantes que visitan el MUDIC aprenden ciencias en la visita? (Post-test)	15	2	0
¿Crees que los estudiantes que visitan el MUDIC tendrán una actitud más positiva hacia las ciencias después de la visita? (Post-test)	17	0	0
¿Has notado que el aprendizaje de alguno de los conceptos científicos mostrados en el museo se facilita mucho con la visita? (Post-test)	17	0	0

Tabla 2. Influencia de la visita en la visión global de las áreas científicas estudiadas (post-test).

	Sí	No	*Ns/Nc*
¿Crees que tienes una visión más global de la física después de la visita?	12	0	5
¿Y más atractiva?	17	0	0
¿Crees que tienes una visión más global de las matemáticas después de la visita?	14	1	2
¿Y más atractiva?	16	1	0

Es interesante destacar que 5 de los 17 encuestados creen que los profesores no preparan las visitas a los museos de ciencias, poniendo de manifiesto la predisposición no formativa de algunos docentes de cara a este tipo de visitas. Si analizamos las respuestas a las preguntas 2, 3 y 4 del pre-test detalladas en la Figura 1, nos damos cuenta de que cuando se trata de analizar las visitas como actividades extraescolares motivantes (gráficas A y C) las valoraciones son mucho más altas que cuando se trata de insertarlas en el currículo (gráficas B y D). Esto parece contradecir las respuestas a la primera pregunta, en la que la mayoría piensa que los museos sirven para aprender. Más bien todo apunta a que hay una tendencia a pensar que, aunque las visitas no se diseñen en relación con el currículo formal, en los museos se aprende ciencia. Parece claro que los profesores en formación inicial, antes de visitar el MUDIC, pensaban que el objetivo que deben proponerse los profesores en general cuando visitan un museo es la motivación y no tanto los aprendizajes, aunque éstos se consigan sin programarlos. Sin embargo, después de la visita las excelentes valoraciones que hacen sobre el aprendizaje global de su materia parecen haber cambiado esta concepción en muchos casos, como se puede observar en la Figura 2.

No hay dudas sobre la generación de actitudes positivas y parece claro que los profesores en formación inicial consideran muy motivantes las visitas a los museos. Pero más allá de los aspectos divulgativos y de motivación de la visita al museo, los resultados reflejan una percepción positiva del aprendizaje.

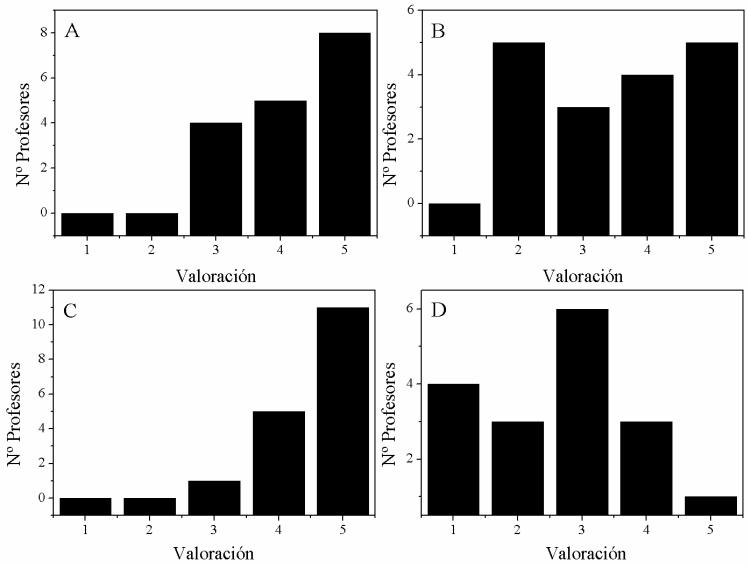


Figura 1. Ideas preconcebidas sobre las visitas a museos de ciencias, valorando de 1(nada de acuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo). (A) "Las visitas al museo son excelentes 'actividades extraescolares' en las que los estudiantes observan y hacen cosas interesantes a la vez que se divierten". (B) "Las visitas a los museos de ciencias deben diseñarse para complementar el currículo científico de los estudiantes". (C) "Las visitas a los museos de ciencias deben pensarse para presentar una ciencia divertida y motivar hacia el estudio de estas materias". (D) "Las visitas a los museos han de ser una parte más del currículo escolar con su diseño previo de objetivos y contenidos y su posterior evaluación".

5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

A raíz de los resultados obtenidos, se aprecia unanimidad en la idoneidad de los museos de ciencias para estimular el aprendizaje. Se pone de manifiesto una controversia acerca de la inclusión de las visitas a los museos de ciencia dentro del currículo escolar. De las entrevistas y del estudio de casos se desprende un consenso en la necesidad de emplear aplicaciones cotidianas para mejorar la comprensión de los conceptos científicos. Por otra parte, hemos detectado mejoras notables en la comprensión de los conceptos matemáticos y físicos por parte de los visitantes.

En cuanto a los aspectos didácticos, el aprendizaje en pequeños grupos y por investigación dirigida tiene una gran aceptación y se muestra muy útil. Hemos observado que se abre una serie de posibilidades en esta línea de investigación y

estamos preparando estudios más exhaustivos cambiando el diseño de los test, diferenciando por áreas, con muestras más representativas.

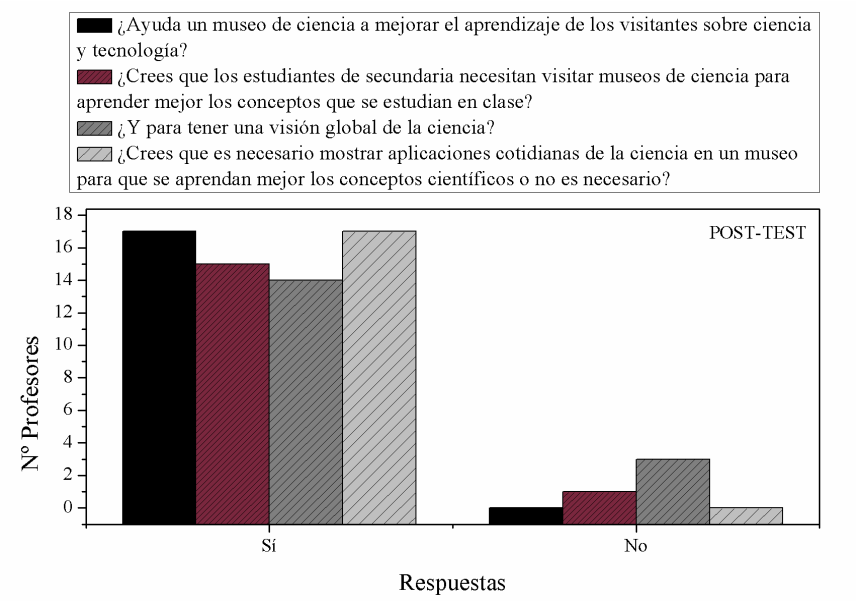


Figura 2. Resultados de las preguntas relativas al papel de los museos de ciencias en la formación del profesorado realizadas después de la visita.

En general, después de este trabajo creemos que el desarrollo de un programa de formación más exhaustivo y completo, centrado en la visita a un museo de ciencias interactivo, puede contribuir al cambio didáctico de los profesores de ciencias en formación inicial, ya que en esta sesión todos los asistentes valoraban como muy positivos aspectos relevantes de este tipo de aprendizaje como pueden ser el trabajo en pequeños grupos o la discusión entre iguales. Este tipo de iniciativas también pueden contribuir al cambio de consideración que este profesorado tiene sobre las visitas a museos, favoreciendo a que incluyan a estos en el currículo y las consideren como excelentes actividades para el aprendizaje científico, y no solo como actividades extraescolares de divulgación o muy motivantes.

AGRADECIMIENTOS

El MUDIC-VBS-CV agradece el apoyo de la Universidad Miguel Hernández, el Ayuntamiento de Orihuela, la Caja de Ahorros del Mediterráneo, la Caja Rural Central, la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y la APC Hypatia de Alejandría.

REFERENCIAS

1. R. Bolam, *British Journal of Teacher Education*, **1979**, Vol. 5, 1.
2. C. Furió, J. Carnicer, *Enseñanza de las Ciencias*, **2002**, Vol. 20, 47.
3. J. Guisasola, M. Morentin, *Enseñanza de las Ciencias*, **2007**, Vol. 25, 401.
4. M.A. Wamba, S. Aguaded, J.M. Cuenca, *Alambique*, **2006**, Vol. 47, 74.
5. M. Nieves, G. Abellán, J. Carnicer, *Anales de Química*, **2009**, Vol. 105, 300.
6. J. Carnicer, F. Reyes, J. Guisasola, *Revista Brasileira de Ensino de Fisica,* **2011**, Vol. 33, 1506.
7. J. Carnicer, F. Reyes, J. Guisasola, *The Physics Teacher*, **2012**, Vol. 50, 12.
8. J. Guisasola, M. Morentin, *Enseñanza de las Ciencias*, **2010**, Vol. 28, 127.

Parte II

Recursos educativos para la física y la química

THE MOOT COURT AS A WAY TO INCREASE STUDENT INVOLVEMENT IN CHEMISTRY[1]

Paul Kelter
Department of Literacy Education, Northern Illinois University
DeKalb, IL 60115 Estados Unidos de América
pkelter@niu.edu

The "moot court" is a standard style of debate in law schools throughout the world in which participants advocate for their side of a legal case in front of judges, who grade them based on their expertise, presentation style, and response to questions. I have modified the moot court for use in my "Curriculum Methods" class so that the goal is not winning, but learning. I describe how I use the moot court in my classroom, the overwhelmingly favorable response of my students, and how this format can be used in chemistry classrooms to clarify difficult concepts, such as bonding theory, strategies in performing an analysis, etc. by having the students debate each other.

1. INTRODUCTION

A "Moot Court" is a law-school-based competition, most often done in a major forum outside of class, in which two teams of students debate their side of a legal case in front of a panel of judges, who grade the students on their knowledge and understanding of the case, the quality of their presentation, and their ability to answer questions from the judges (1-3). As done in law schools, the procedure is technical and can be complex (4). Still, the level of preparation required by the students to do a good job means that their understanding grows as a result of the process. Therefore, law schools in the U.S. are increasingly using moot courts as a core part of their curriculum (5).

I have long been fascinated by the moot court because of the depth and breadth of the discussion, and I often thought of having my own students discuss issues using a variation of this format. Two years ago, when I began to teach a senior-level course in "curriculum methods," I found the perfect place to test the idea. I have changed the format to fit the purpose and structure of my education classes, and many students now consider it their favorite part of the course because they gain so much understanding about issues of importance to educators, and they get to present their ideas in front of the class. They are, in effect, the teachers.

[1] Se ha mantenido este trabajo en inglés por entender que es fácilmente comprensible para el lector en español con conocimientos del tema. Se describe la utilización de la técnica de aprendizaje basado en casos conocida como "simulacro de juicio", empleada de forma habitual en estudios de Derecho, para estudiantes de Química.

What is the connection of the moot court to chemistry, a subject in which we study rationally the interaction of matter and energy in the world to explain why and how things work? We present the ideas of chemistry to students as certainties. Here is an experiment. Here is the outcome. Here is what it means. Here is the law that represents the physical behavior we observe. We, as scientists, know that neither the history nor the practice of chemistry is that simple, though we often present it as such because we want our students to see the directed beauty of the subject, and we have so much "material to cover" in class that showing the false starts, the dead ends, and the ideological battles that scientists have as we head toward "the truth" simply takes too much time. Perhaps it is time that our students understand that moving our understanding forward can lead to differences in interpretation, and that the accumulation of data can lead even the most dispassionate chemists to different conclusions.

2. HOW THE MOOT COURT FITS THE GOALS OF THE CURRICULUM METHODS CLASS

"Curriculum methods" is the part of the last formal class sequence that many of our education students take before they receive their teaching degree. The other classes in this final semester include assessment, philosophy of teaching, and outdoor education. There are typically between 20 and 30 students in the class, which meets as a 3-hour "block" once a week. During the semester, we discuss what we mean by curriculum (the who, what, when, where, why, and how of the teaching decisions we make), and its development. We discuss differentiation, the recognition that learners are different from each other in important ways, and how we account for those differences in our instruction. We discuss the educational decisions that teachers must make on a moment-by-moment basis so their students can have the most effective educational experience.

The teaching profession is under assault in the U.S., with the relatively poor performance of students in math and basic English language skills being blamed on the teachers. (6, 7) Doing so means that the impact of poverty and the increasing gap between the very rich and everyone else in the U.S. can be ignored. This pervasive view that *teaching quality, rather than increasing economic poverty, is the central problem with the U.S. educational system,* has put great pressure on the teaching profession. The poor economy has added to the problem because it has given cities and states throughout the country the excuse to fire thousands of teachers and attempt to reduce the health and retirement benefits of those who still teach. This assault on the dignity of teachers and their freedom to choose what is best in their classrooms expresses itself in every facet of the curriculum, from what is to be taught in the classroom to how and when it is to be taught. Social issues outside the classroom affect the teaching inside the classroom, and our new teachers must understand these issues. As such I pick important educational issues of the day that affect these future teachers inside and outside of the classroom. Here is a list of recent moot court topics:

Should bosses be allowed to consider Facebook when hiring/firing? (8)

NCLB *vs.* other methods of assessing teaching success. (9, 10)

Should students with severe learning disabilities be in the mainstream classroom? (11)

Pay for grades? (12)

Should teachers be forced to be part of a union? (13)

Should teachers be fired for speaking with a heavy Spanish accent? (14)

3. HOW THE MOOT COURT WORKS IN CLASS

I allocate 30 minutes for each moot court discussion. Each topic has a "Yes" and "No" team of two students each. The students work together, using whatever resources will help convince the class that their position is correct, including YouTube videos, Power Point presentations, etc. Students may well need to defend a position with which they do not initially agree. The sequence of events:

a. I introduce the topic, and we welcome the presenters (2 students) on each side of the issue;

b. Each side gets 10 minutes to present its case.

c. Each side gets 3 minutes to rebut the other side;

d. The rest of the class asks questions of the presenters for 10 to 15 minutes;

e. The class discusses what we've learned, summarizing the key ideas. I'm not concerned with winning and losing. I *am* concerned with the groups leading an *informed* discussion.

4. WHAT HAS BEEN THE STUDENT RESPONSE?

Weekly e-journals (15) and end-of-semester student comments indicate that the moot court discussions are among the most popular and important parts of the class. Students wrote, "I loved that current issues were brought up on a regular basis through moot court discussions. These discussions really helped to bring the world of teaching into a greater perspective and showed us that there are always two sides to every story." "I enjoyed the moot courts, because they exposed the students to issues that we will have to face once we become teachers." "I would keep (moot courts) within the course (as)...a way that we were able to see highly debated topics in education and were able to research them to present to the class." "Moot courts were very fun and effective." "Moot courts were effective in presenting both sides of the issues." What the students did not say, yet what is so important to me is that during the moot courts, *they were the teachers*.

Students are often reluctant to share their ideas because of peer pressure, as well as being raised in an educational system that models lecture as the primary instructional mode. The moot court model rejects that mode and puts into place a model of the curriculum in which students are the teachers, effectively discussing fact-based points of view and exchanging difficult ideas.

5. HOW CAN WE APPLY THIS TO ALL LEVELS OF CHEMISTRY?

The history of chemistry is filled with debates about the interpretation of data as our forebears deduced the fundamental ideas of the field. Several recent books considered some of the more notable debates, as well as the impact of social events on science (see, for example, 16, 17) (What might Lavoisier had done had he not been executed in the French Revolution?).

In the general chemistry classroom, we discuss with students the development of bonding models and when, for example, molecular orbital theory is better than valence bond theory. In the moot court format, students can present and debate these models, their strengths and weaknesses, and their applications. Even the nature of the hydrogen bond remains open for debate, with a new definition having been recommended by IUPAC last year (18).

Analytical chemistry courses can be wonderful forums for moot courts. So much of what we want students to learn relates to proper decision-making when confronted with an analysis. How do we get a representative sample? Do we choose a destructive or non-destructive analysis technique? What is the appropriate instrumental technique? What do the data tell us? These are not easy questions, and they are most assuredly not "pretend." We grapple with exactly these questions with every analysis, and the sooner our students are made to consider them, the better.

Organic chemistry can naturally embrace moot courts, with student debates about mechanisms of reactions as well as the best routes to products. For example, Paclitaxel, sold under the trade names Taxol and Abraxane, is a pharmaceutical that is used in the treatment of breast, lung, and other cancers. The compound was isolated in 1962 from the bark of the Yew tree, but the demand for the compound far exceeded the supply that could be obtained from the tree, and stripping the bark from tree killed it. A different route was needed, and was developed in the intervening decades. The current "semisynthetic" method uses an intermediate (10-deactylbaccatin III), isolated from the needles of a relative of the Yew tree, which is then synthetically converted to Taxol. (19) After learning about the history and chemistry of the process, students can be introduced to other pharmaceuticals, debating questions such as: What series of reactions would maximize the yield of a desired product while minimizing side-reactions? What is the best series of reactions that will allow a company to scale up a process to prepare enough product to sell commercially?

While our priority is on the ideas of pure chemistry, our students are members of the world community who will make the decisions about how science will inform public policy. As such, we need to guide them in analyzing issues of the day that relate to chemistry. The moot court is an ideal forum for these discussions. Example topics include policy considerations related to global warming, alternative energy sources, "organic" vs. conventional agriculture, and even the assignment of spectral frequencies for individual vs. government use of cell phones and other modes of communication.

In sum, the moot court format allows us to consider conventional chemistry content as well as the relationship of the content to pressing social issues in a way that

can reinforce and deepen learning. The format also enhances the involvement of the class in the ideas, because all students are part of the discussion.

6. WHAT CONTENT DO WE GET RID OF IN ORDER TO DO THE MOOT COURTS?

None. The moot court format allows us to cover all of the content we would otherwise cover, but in a different way. Instead of us talking *at* our students, our students are talking *with* each other, and because they work so hard at understanding their topic, they can learn it more deeply than if they were sitting and listening to a Power Point presentation. We learn and reinforce well what we teach. This is also true with our students. I will now make explicit what has been implicit until now. This form of student learning can be called "value-added" because of the enhanced level of learning needed to debate successfully in the moot court. In my classes, students claim to have a marked increase in understanding of topics as a result of their research and the pressure of having to present their ideas to their peers. The added value is not only the deeper understanding of the content that is possible, but the heightened communication skills that are necessary to debate persuasively. Such skills will be of value in the workplace, and are typically not considered in any university-based science course.

7. CAN THE MOOT COURT BE DONE IN A LARGE LECTURE FORMAT?

Yes. When organized and done well, the moot courts can be highlights of the semester because of the depth and range of the discussion, and because the students are doing the teaching. This latter point is crucial because students in my classes have shown support for, and interest in, the work of their fellow students when it is done seriously. It helps define the classes as serious places of scholarship, as they should be. In a class of 150-300 students, typical of large lecture classes in the U.S., perhaps only 20 of the students will present each semester. These students can get extra credit or other tangible recognition of their work, such as a small gift certificate to a local restaurant. It is possible to have all of the students present if there are small weekly discussion sections in which a teaching assistant can supervise the presentations.

8. CONCLUSION

The moot court has been a long-time part of law school education throughout the world because it compels participants to present legal cases in a scholarly, interesting way that convinces the presiding judges that their reasoning makes sense. I have adapted the construct to my curriculum methods classes, and it is among the favorite aspects of class according to student comments for several semesters. The moot court can fit naturally and successfully into chemistry classes at all levels, fostering serious consideration of the ideas of chemistry and the uses to which it is put.

REFERENCES

1. ICC-CPI. http://mootcourt.icc-cpi.info/es/129/
2. Robert H. McKinney School of Law*, Indiana University*, August 17, **2010**. from http://indylaw.indiana.edu/mootcourt/
3. The University of Chicago Law School, 2011. http://www.law.uchicago.edu/studentorgs/mootcourt
4. C.Y. Garrett, 2006. http://www.cesqd.org/MCWebPDF/Teacher%27sGuideVersion.pdf
5. K. Mangan, *Chronicle of Higher Education*, March 4, **2011**, Vol. 57(26). http://law.wlu.edu/deptimages/news/thirdyearchronicle.pdf
6. *New York Times*, March 6, **2011**. http://www.nytimes.com/roomfordebate/2011/03/06/why-blame-the-teachers
7. IES National Center for Education Statistics, September 2009. http://nces.ed.gov/pubs2009/2009001.pdf
8. *The New York Times*, July 21, **2010**. http://www.nytimes.com/2010/07/25/magazine/25privacy-t2.html?pagewanted=all
9. *The New York Times*, June 10, **2010**. http://www.nytimes.com/2010/06/11/education/11cheat.html?pagewanted=all
10. *The New York Times*, February 28, **2010**. http://www.nytimes.com/2010/07/29/education/29scores.html
11. Australian Department of Education, **2007**. http://www.dest.gov.au/NR/rdonlyres/D3113371-7E2C-49FE-8017-8495030736BF/19755/InclusiveClassroomTeacherResourceFinal1.pdf
12. *Time*, April 8, **2010**. http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,1978758,00.html
13. American Federation of Teachers. http://www.aft.org/about/
14. *The New York Times*, September 24, **2011**. http://www.nytimes.com/2011/09/25/us/in-arizona-complaints-that-an-accent-can-hinder-a-teachers-career.html?_r=2&ref=education
15. P. Kelter, *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, **2011**, Vol. 26, 89-93.
16. R. Holmes, *The Age of Wonder*, Harper Collins, London (2008).
17. S. Johnson, *The Invention of Air*, Penguin Books, London (2009).
18. E. Arunan, G.R. Desiraju, R.A. Klein, J. Sadlej, S. Scheiner, I. Alkorta, D.C. Clary, R.H. Crabtree, J.J. Dannenberg, P. Hobza, H.G. Kjaergaard, A.C. Legon, B. Mennucci, D.J. Nesbitt, *Pure Applied Chemistry*, **2011**, Vol. 83, No. 8, 1637–1641. http://iupac.org/publications/pac/pdf/2011/pdf/8308x1637.pdf
19. P. Kelter, M. Mosher, A. Scott, *Chemistry: The Practical Science*, Houghton Mifflin, Boston, MA, pp. 528-529 (2009).

USO DE CÓMICS COMO RECURSO DIDÁCTICO EN UNA ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE ACTIVO DE LA CIENCIA

Patricia Morales Bueno
Grupo de Investigación y Desarrollo de Estrategias para la Enseñanza de la Química
Departamento de Ciencias, Sección Química, Pontificia Universidad Católica del Perú
pmorale@pucp.edu.pe

Se describe la incorporación de los cómics como recurso didáctico en una estrategia de aprendizaje activo de la ciencia, con estudiantes de cursos de Química de primer año de Ingeniería. Se priorizaron dos objetivos para la actividad: llamar la atención acerca de temas del curso de manera lúdica e ilustrar temas controversiales de la disciplina que puedan generar debate o discusión. Los estudiantes pudieron revisar con mayor nivel de motivación temas como propiedades periódicas, fuentes de energía, problemas ambientales, etc., además de involucrarse en una dinámica lúdica que facilitó el fortalecimiento de la interacción al interior de grupos de trabajo.

1. INTRODUCCIÓN

Dos medios muy efectivos para llamar la atención, capturar el interés y comunicar mensajes a un gran público objetivo son los *cartoons* y los cómics. Usualmente se ubica a estas formas de expresión en la categoría de arte popular, sin embargo varios especialistas en el tema discrepan de esta calificación, en particular para el caso de los *comics* en el que es posible encontrar muchos ejemplos que pueden catalogarse tanto como arte y literatura (1). Ambos, los *cartoons* y los cómics, usan imágenes asociadas con textos, pero se diferencian en el hecho que en los cómics existe una secuencia de cuadros (imágenes) relacionados, que va construyendo una historia.

Las ilustraciones simples, de un solo cuadro, que se denominan *cartoons*, tuvieron como predecesoras a las caricaturas, pero tal como las conocemos actualmente se empezaron a desarrollar a inicios del siglo XVIII. La evolución del *cartoon* lo fue convirtiendo en una expresión artística más compleja, en la que se logra la comunicación a través de una combinación de textos, símbolos y analogías visuales, que no necesariamente recurren a la exageración o la distorsión, muy frecuentes en las caricaturas.

Actualmente se conocen una diversidad de categorías de *cartoons*, por ejemplo: *cartoons* ilustrativos, dibujos animados, tiras cómicas, gag (*cartoon* que utiliza solamente imagen y no textos) y *cartoons* editoriales. Estos últimos se hicieron muy populares hacia fines del siglo XVIII e inicios del XIX, dado que se usaban para satirizar situaciones sociales y políticas del momento. Recientemente, a inicios del siglo XX empezó a crecer el interés por desarrollar otros temas, lo que repercutió también en el uso que se empezó a dar a estos recursos en las comunidades científicas con fines de: enseñanza, ilustrar presentaciones o reflejar particularidades de la actividad profesional, entre otros (2).

2. LA CIENCIA EN *CARTOONS* Y CÓMICS

Las tipologías de los *cartoons* y cómics en relación a su contenido científico o su vínculo con la ciencia son muy variadas. Existen varios estudios que abordan este tema desde diversas perspectivas (1, 3-6). Si bien no es el objetivo de este trabajo hacer un análisis de este punto, pueden señalarse algunos aspectos relevantes. En términos generales el tipo de *cartoon* o cómic que se encuentra actualmente en diferentes medios dependerá de si está dirigido a los miembros de una comunidad científica o al público en general. Es frecuente, en este último caso, identificar una tendencia a mostrar los estereotipos negativos de la ciencia, como por ejemplo: riesgos de contaminación, adulteración de alimentos, peligro químico, etc., lo que de alguna manera contribuye a reforzar la percepción negativa hacia la ciencia del ciudadano común. Existen también ejemplos de cómics que usan personajes del estilo superhéroe, en donde los autores se refieren a supuestos hechos científicos, no necesariamente ciertos, pero que encajan muy bien en la historia relatada, originando con ello el riesgo de difundir concepciones equivocadas de ciertos contenidos científicos.

Por otro lado, los *cartoons* y cómics creados en el contexto de una comunidad científica generalmente se orientan hacia temas propios de las disciplinas, como por ejemplo: historia de la ciencia, la vida en un laboratorio (ej. *Newton and Copernicus*, http://www.newtonandcopernicus.com/), los incidentes típicos de estudiantes de Doctorado durante el desarrollo de su investigación (*PhD Comics*, http://www.phdcomics.com/comics.php), etc. Sin embargo, de particular importancia son aquellos creados para ayudar a promover y explicar la ciencia a los estudiantes y al público en general.

El uso educativo de *cartoons* y cómics es cada vez más frecuente, ya que parece ser un medio eficaz para comunicar ideas científicas a los estudiantes de diferentes niveles, así como también para contribuir al entendimiento y percepción positiva hacia la ciencia y tecnología del público común.

3. USO EDUCATIVO DE *CARTOONS* Y CÓMICS

El cambio del contexto de aprendizaje hacia metodologías activas en los diferentes niveles educativos ha promovido la búsqueda de recursos que contribuyan a incrementar la participación y el aprendizaje de los estudiantes. Particularmente, en la enseñanza de las ciencias, encontrar propuestas didácticas que sean útiles para elevar los niveles de interés y motivación es una preocupación constante. En este sentido, el uso de *cartoons* y cómics parece mostrar una eficacia importante. Se han utilizado por ejemplo: para introducir y discutir conceptos básicos, plantear preguntas y ejercicios, estimular la discusión e introducir cierto sentido del humor para contrarrestar la imagen clásica y formal de la ciencia (7, 8); para promover la alfabetización científica (9); para mejorar el aprendizaje de las normas de seguridad en el laboratorio (10), entre otros.

De toda esta variedad de usos resulta especialmente interesante el objetivo de introducir conceptos de la disciplina a través de estos medios, así como el de promover el debate o discusión de diferentes puntos de vista acerca de una situación controversial relacionada con la ciencia. En ambos casos se ofrece una excelente oportunidad de desarrollar habilidades de pensamiento crítico, comunicación y creatividad, fundamentales para la formación de los estudiantes. La mayoría de reportes coincide en señalar que el uso de estos recursos tiene un efecto muy positivo sobre la motivación y el interés en la disciplina; sin embargo, los efectos sobre la calidad del aprendizaje a largo plazo aún no se han demostrado con claridad. Tal vez una razón de ello sea la falta de un equilibrio adecuado entre el factor lúdico y entretenido del recurso y el aprendizaje promovido por este.

4. USO DE CÓMICS EN CURSOS DE QUÍMICA GENERAL

Desde hace varios años, en los cursos de Química General, pertenecientes al primer año de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, se viene aplicando un modelo híbrido de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), en el cual se mantienen las características esenciales de la metodología, pero con una fase paralela de actividades de aprendizaje colaborativo, diseñadas con el objetivo de que los estudiantes desarrollen sus habilidades de trabajo en equipo, aprendan a buscar y procesar información, desarrollen responsabilidad individual y grupal y ganen gradualmente la seguridad necesaria para ir asumiendo la responsabilidad de su propio aprendizaje.

La formación de aprendices autónomos es una de las principales metas de las instituciones universitarias; sin embargo, al diseñar las estrategias didácticas a emplear con los estudiantes es común no tener claro cuáles son aquellas que van a promover el desarrollo de la autonomía del estudiante. La mayoría de experiencias reportadas respecto al uso educativo de cómics y *cartoons* se refieren a una estrategia en la que el profesor es quien lleva el control del proceso de aprendizaje. En el modelo híbrido ABP implementado en los cursos de Química, se pretende más bien lograr que sea el estudiante el que asuma el rol central del proceso.

Bajo esta premisa se diseñó una actividad en la que cada grupo de trabajo debía elaborar un *comic*. En el curso de Química 1 la actividad se usó durante las primeras unidades del programa, con el propósito de que los estudiantes que se iniciaban en la dinámica de trabajo en equipo se familiarizan con ella mediante una actividad entretenida y lúdica. Con ello se pretendía disminuir las tensiones que normalmente se presentan cuando el grupo de estudiantes empieza a compartir metas conjuntas. El cómic debía diseñarse con el objetivo de llamar la atención acerca de un concepto o principio relacionado con el contenido de la unidad. Este debía presentarse acompañado del desarrollo del concepto o principio escogido para su elaboración y de una explicación de lo que se pretendía que el observador entienda al verlo. Se dio la alternativa de presentar algún cómic ya elaborado, pero citando la fuente utilizada adecuadamente.

En el curso de Química 2 la actividad se usó en las últimas unidades del programa. El cómic debía diseñarse con el objetivo de ilustrar un tema controversial, como lo es el uso de fuentes de energía y su impacto en el medio ambiente, para generar debate e intercambio de ideas en el aula. Similarmente al caso anterior, el cómic debía presentarse con el desarrollo del tema y una explicación de su contenido, así como también se dio la alternativa de usar un cómic elaborado citando debidamente la fuente.

A continuación se muestran algunos de los trabajos presentados por los estudiantes de ambos cursos:

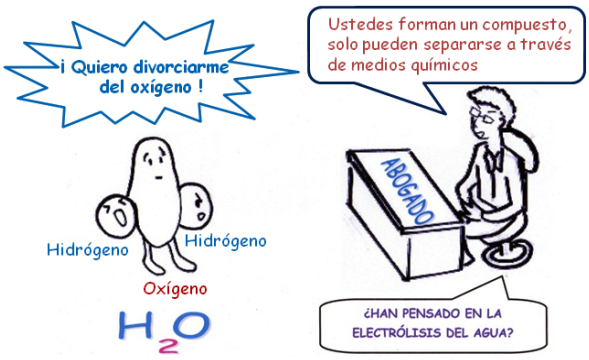


Figura 1. Trabajo presentado por el grupo "Los Ácidos" de Química 1. Integrantes: J. Durand, O. Capcha, J. Flores y L. Cirilo.

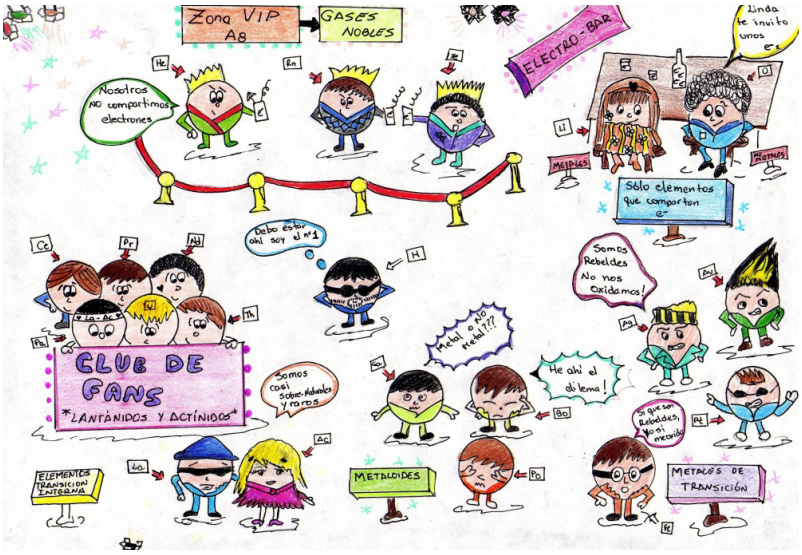


Figura 2. Trabajo presentado por el grupo "Alkimya" de Química 1. Integrantes: V. de la Cruz, M. Fernández, E. Cahuaya y M. Archimbaud.

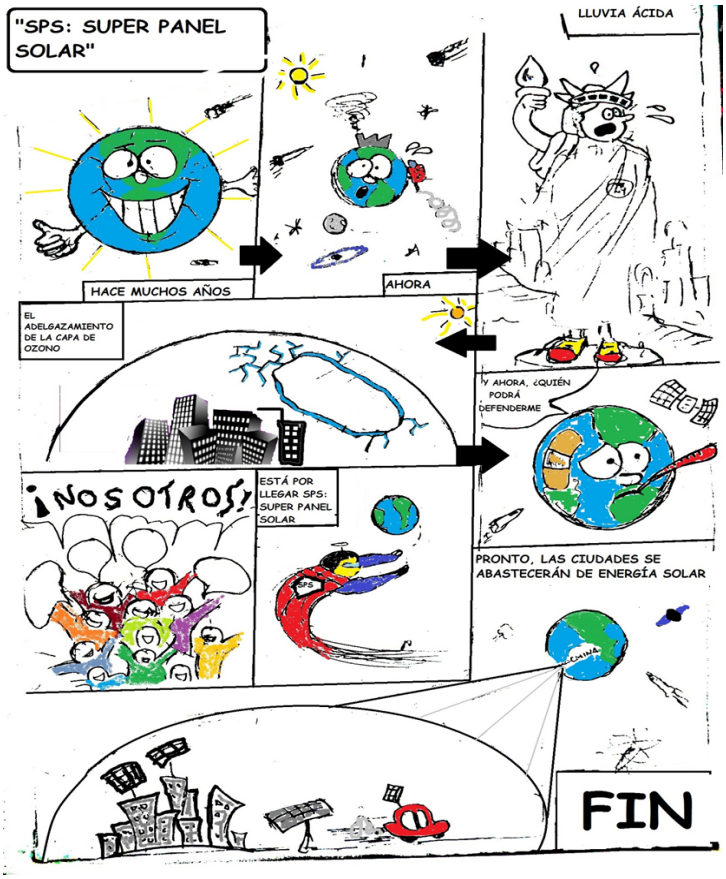


Figura 3. Trabajo presentado por el grupo "Redox" de Química 2. Integrantes: M. Crisóstomo, D. Díaz, J. Huaraca y K. Ludeña.

5. COMENTARIOS FINALES

La actividad concitó el interés de los estudiantes en ambos casos. El propósito fue cumplido en el curso de Química 1, ya que la mayoría de los grupos de estudiantes logró una integración inicial positiva que contribuyó a propiciar el desarrollo de una buena dinámica de trabajo en equipo. El aprendizaje de los temas de la unidad se logró muy satisfactoriamente, siendo ello evidente en los resultados de las evaluaciones del curso, en donde se pudo observar que los grupos que mejor trabajaron la actividad tuvieron mejores rendimientos en la evaluación del tema.

En el curso de Química 2, en donde los grupos de estudiantes tenían mayor tiempo de trabajar en equipo, se lograron también resultados satisfactorios. Tal vez debido a que la actividad se realizó en las últimas semanas del semestre hubo una mayor cantidad de grupos que optaron por presentar cómics elaborados citando debidamente las fuentes. Sin embargo, la discusión y el debate generado alrededor del tema fue motivante y superó las expectativas.

El uso de este tipo de recursos es indudablemente una estrategia muy útil para incrementar la motivación e interés de los alumnos, más aún si son ellos quienes directamente tienen la potestad de elaborarlos, sustentando adecuadamente su trabajo sobre la base de los contenidos que están siendo aprendidos. De esta manera se logra crear un contexto propicio para el desarrollo de las habilidades necesarias para lograr efectivamente autonomía en su proceso de aprendizaje.

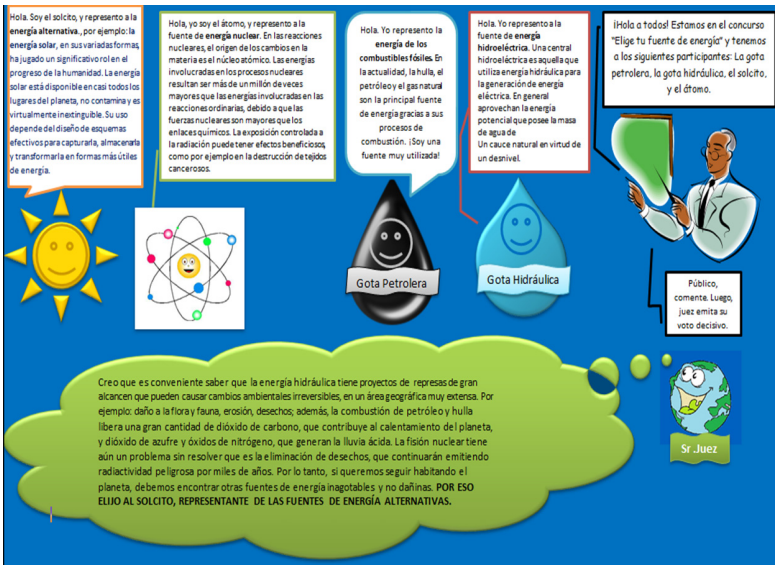


Figura 4. Trabajo presentado por el grupo "ETC" de Química 2. Integrantes: Z. Aquino, S. Bobadilla, J. Bojórquez y M. Galindo.

REFERENCIAS

1. M. Tatalovic, *Journal of Science Communication*, **2009**, Vol. 8, 1.
2. H. W. Roesky, D. Kennepohl, *Journal of Chemical Education*, **2008**, Vol. 85, 1355.
3. H.A. Carter, *Journal of Chemical Education*, **1988**, Vol. 65, 1029.
4. H.A. Carter, *Journal of Chemical Education*, **1989**, Vol. 66, 118.
5. J.M. Vilchez-Gonzales, F.J.P. Palacios, *Physics Education*, **2006**, Vol. 41, 240.
6. Z. Szafran, R.M. Pike, M.M. Singh, *Journal of Chemical Education*, **1994**, Vol. 71, A151.
7. R. García Molina, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **2009**, Vol. 60, 64.
8. K. Cheesman, *Journal of College Science Teaching*, **2006**, Vol. 35, 48.
9. J. C. Olson. http://www.csun.edu/~jco69120/coursework/697/projects/OlsonActionResearchFinal.pdf
10. P. di Raddo, *Journal of Chemical Education*, **2006**, Vol. 83, 571.

LIBROS Y REVISTAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA COMO RECURSOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA Y LA FÍSICA

María Araceli Calvo Pascual
Departamento de Didácticas Específicas, Facultad de Formación de Profesorado y Educación, Universidad Autónoma de Madrid
macp@quimicosmadrid.org

En este trabajo se muestran distintos ejemplos de la utilización de libros y revistas de divulgación científica en actividades de Física y/o Química realizadas en E.S.O. y Bachillerato dentro de las materias de Ciencias de la Naturaleza, Física y Química y Ciencias para el Mundo Contemporáneo. Se pretende que sirva para reflexionar sobre la utilidad de este tipo de recursos en el aula, ya que además de fomentar la lectura, motivan al alumnado a interesarse por aspectos científicos tratados de manera distinta a como puede encontrarlos en otros medios.

1. INTRODUCCIÓN

El interés personal por los libros de divulgación científica como recurso en el aula se remonta a los primeros años de docencia, con el objetivo de trabajar con los alumnos de B.U.P. actividades que plantearan situaciones de la vida cotidiana en lugar de enunciados ajenos a su realidad. Los libros *Cuestiones curiosas de química* (1) y posteriormente, con temática más enfocada a la física, *Por qué sucede lo que sucede* (2) sirvieron de ayuda para llevar a cabo actividades con las que conseguir captar el interés de los alumnos. Al llevar los libros al aula y mostrárselos a los alumnos recomendando su lectura, algunos de ellos se los compraron y les resultó ameno leerlos. Pudo así comprobarse que utilizar un libro de divulgación científica puede ser un buen recurso en la enseñanza de la Química y la Física.

La lectura de textos con contenido científico de diferentes fuentes tiene un papel fundamental en el aprendizaje de las ciencias, no solo para mejorar la comprensión de fenómenos científicos sino también para ayudar al alumnado a desarrollar una serie de capacidades para desenvolverse en el mundo y poder discutir con argumentos científicos y con espíritu crítico problemas de relevancia social (3). No hay que olvidar que si se lee ciencia comprendiendo, se aprende ciencia y se está preparando al alumnado para continuar aprendiéndola toda la vida (4), por ello la lectura debe plantearse dentro del conjunto de actividades que se desarrollan en el aula (5).

El reto del profesorado en la formación del lector debería ser conseguir que, una vez que el alumnado haya finalizado la escolaridad obligatoria, siga leyendo, informándose e intentando interpretar la realidad por el puro placer de saber, por curiosidad, por el deseo de participar a su manera de los avances de la ciencia (6).

Además, una evaluación preliminar de la lectura de textos de ciencias de diferentes géneros indica que el texto de divulgación científica se ha asociado a un aumento de la velocidad de lectura, a una actitud más positiva de los alumnos con relación al texto, a una mejor comprensión inmediatamente posterior a la lectura y a la producción de

textos escritos más extensos (7). Actualmente los libros de divulgación científica van teniendo más espacio en las librerías, y sin embargo se utilizan poco en el aula.

Por otra parte, los artículos que publican los investigadores pueden ayudar a presentar una visión más cercana a la realidad de los procesos de construcción y justificación de las disciplinas, a la vez que permiten cuestionar algunas concepciones epistemológicas inadecuadas (8); incluso el estudio de la sección de *cartas al editor* de las revistas de investigación y divulgación puede ayudar a desmontar la visión individualista de la actividad científica (9).

Personalmente, el potencial de la utilización de las revistas en el aula se ha comprobado al estudiar con alumnos de tercero de E.S.O. cómo se investiga, en qué centros y cómo se difunden los resultados. Al pedir a los alumnos ejemplos de medios de difusión de resultados, indicaban la televisión, los periódicos, Internet, pero no revistas. Además, para un número importante de alumnos éstas equivalían a publicaciones que nada tienen que ver con la ciencia y, para el resto, a publicaciones que tratan temáticas científicas pero que frecuentemente no lo hacen de un modo riguroso, mostrando información no contrastada y con un enfoque sensacionalista.

Ante estas respuestas se llevaron al aula revistas de investigación, se comentó qué organismos las editan, quiénes las escriben y qué proceso que se lleva a cabo para la publicación de los artículos, pudiendo observarse un gran interés en los alumnos, que tenían entre sus manos revistas hechas por científicos y dirigidas a científicos.

2. EJEMPLOS DE LA UTILIZACIÓN DE LIBROS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA EN EL AULA

A continuación se citan ejemplos de cómo pueden utilizarse estos recursos en el desarrollo de actividades de Física y/o Química en E.S.O. y Bachillerato dentro de las materias de Ciencias de la Naturaleza, Física y Química y Ciencias para el Mundo Contemporáneo, así como la metodología seguida. No se pretende citar los libros de divulgación más representativos: los citados constituyen un número mínimo en relación a todos los libros existentes en el mercado que pueden utilizarse y, a su vez, con los indicados pueden realizarse más actividades de las expuestas y en distintos cursos. Simplemente, teniendo en cuenta la extensión del trabajo, se han seleccionado ejemplos aplicados en el aula con un resultado muy positivo, y que han fomentado la lectura de libros de divulgación científica.

2.1. Ciencias de la Naturaleza de segundo de la E.S.O.

- Tras el estudio de las propiedades de la materia, se inicia la siguiente sesión con la lectura de unos párrafos seleccionados del libro *Serendipia. Descubrimientos accidentales en la ciencia* (10):

> *"Hierón, rey de Siracusa y buen amigo, quizá incluso pariente de Arquímedes, había encargado a un orfebre una corona de oro puro. Cuando recibió la corona terminada dudó de si el orfebre había utilizado todo el oro en ella.*

¿No podría el orfebre haber sustituido un metal menos valioso, plata o cobre, por algo de oro y quedarse con el oro que no usó?. […] El Rey Hierón llamó a su amigo Arquímedes y le ofreció al famoso matemático la tarea de desvelar si la corona era de oro puro y contenía todo el metal precioso que el rey había dado al orfebre. […] Él se dio cuenta de que si pudiese determinar el volumen de la corona de Hierón, sería capaz de decir si la corona estaba hecha de oro puro o de una mezcla de oro con otros metales."

A continuación se pregunta: ¿Qué crees que hizo Arquímedes?, se deja tiempo para que cada alumno lo piense, se hace una puesta en común de las posibles soluciones y un alumno/a lee la solución que da el libro. Puesto que se han dado alternativas distintas a las del libro, es importante ir analizando cada una de las soluciones dadas por los alumnos, viendo su posible viabilidad.

2.2. Física y Química de tercero de la E.S.O.

- Antes de estudiar el modelo atómico de Rutherford, se lee en voz alta un párrafo de *Una breve historia de casi todo* (11):

"En 1910, Rutherford -con la ayuda de su alumno Hans Geiger, que inventaría más tarde el detector de radiación que lleva su nombre- disparó átomos de helio ionizados, o partículas alfa, contra una lámina de oro. Rutherford comprobó asombrado que algunas de las partículas rebotaban. Era, se dijo, como si hubiese disparado una bala de 15 pulgadas contra una hoja de papel y hubiese rebotado cayéndole en el regazo. No se suponía que pudiera suceder aquello. Tras una considerable reflexión comprobó que solo había una explicación posible:…"

En este punto se interrumpe la lectura pidiendo a los alumnos que den posibles explicaciones, analizando cada una de las respuestas. A continuación se continúa con la lectura del párrafo:

"…las partículas que rebotaban lo hacían porque chocaban con algo pequeño y denso situado en el corazón del átomo, mientras que las otras partículas atravesaban la lámina de oro sin impedimentos. Rutherford comprendió que un átomo era mayoritariamente espacio vacío, con un núcleo muy denso en el centro. Era un descubrimiento sumamente grato, pero planteaba un problema inmenso de acuerdo con todas las leyes de la física convencional, los átomos no deberían existir".

Como puede comprobarse, el final del texto leído permite introducir la explicación de la necesidad de un nuevo modelo.

- Otro ejemplo de utilización de un libro de divulgación científica en este curso es trabajar, con el tema de la química y el medio ambiente, capítulos del libro *Moléculas en una exposición. Retratos de materiales interesantes de la vida cotidiana* (12), en concreto "Retrato 4. Demasiado alto y demasiado bajo para ser cómodo: el ozono" y "Retrato 5. La lluvia ácida, el vino de solera y las patatas blancas: dióxido de azufre".

La metodología empleada es la siguiente: se les muestra a los alumnos el libro, invitando a su lectura, y se les dan fotocopias de estos capítulos para que los trabajen por grupos. Primero se les pide una lectura individual, extrayendo las ideas fundamentales del texto y analizándolas críticamente por escrito, y después se exponen a los demás miembros del grupo para redactar un comentario común del texto. Finalmente se hace una lectura en voz alta de los dos capítulos, cada grupo expone sus conclusiones y se hace un debate entre todos los grupos.

Debido a su extensión, indico solo un pequeño fragmento del primer párrafo del primer capítulo para mostrar la capacidad del texto de atraer la atención del lector:

> *"La experiencia enseña que no todos los amigos, familias, coches, comidas de gourmet y vacaciones son buenos, ni todos los vecinos de la puerta de al lado, parientes políticos, comidas rápidas y aeropuertos son malos. Y lo mismo pasa con las moléculas del medio ambiente. A algunas se las pone en el punto de mira por ser malas, pero hasta éstas pueden tener cosas buenas. El ozono es un contaminante en la baja atmósfera; en la estratosfera, en cambio, es bueno porque nos protege de los rayos dañinos del sol".*

2.3. Ciencias para el Mundo Contemporáneo de primero de Bachillerato

- A principio de curso se presenta a los alumnos una lista de algunos de los autores prolíficos en el campo de la divulgación científica, haciendo un pequeño comentario de cada uno, tanto personal como profesional (Isaac Asimov, Carl Sagan, Paul Davies, Stephen Hawking, Stephen Jay Gould, James Lovelock, Richard Dawkins, Richard Feynman…, y divulgadores españoles, como José Manuel Sánchez Ron, Manuel Toharia, Manuel Lozano, Eduardo Punset…). Se propone a los alumnos, de modo voluntario, la lectura de libros de divulgación científica, sean o no de la lista de autores expuesta. No se les exige uno determinado sino que vayan a librerías o bibliotecas y elijan el que consideren más interesante. Una vez leído elaboran un análisis crítico del libro que entregan al profesor y, si lo desean, empiezan la lectura de otro libro. Se ha considerado que de esta manera se fomenta más la lectura que si se obliga al alumno a leer un libro en concreto, ya que de modo voluntario eligen el libro por el que se sienten más atraídos, lo que puede hacer que quieran seguir leyendo.

A su vez, a lo largo del desarrollo de la asignatura, se llevan a clase varios libros de divulgación científica de los que, ya independientemente de la propuesta hecha anteriormente, se recomienda su lectura, y se trabajan en distintos temas de la materia. A continuación se describen algunos ejemplos.

- Con el estudio del nacimiento del universo, se lee un fragmento de *Los nuevos enigmas del universo* (13), que se analiza posteriormente.

> *"El universo empieza a organizarse en protones, neutrones y electrones, con sus antipartículas. Pasado el primer segundo la temperatura desciende a 10.000 millones de grados. La materia […] prevalece sobre la antimateria. Más adelante, cuando se llega a los mil millones de grados, nacen los primeros átomos ligeros, en primer lugar el hidrógeno, y después el deuterio y el helio. El universo tiene 10 segundos. Un cuarto de hora más tarde, ya no hay formación de átomos ligeros y la temperatura ha bajado a varios cientos de millones de grados. Solo al cabo de 300.000 años, cuando la temperatura está alrededor de los 3.000 grados, se liberan los fotones y permiten que exista la luz fuera de la materia. El universo se vuelve transparente. Después de la era radiactiva, comienza la era material: la materia se hace lo bastante densa como para experimentar de forma importante la gravitación y organizar la expansión del universo. Las estrellas y las galaxias podrán empezar a aparecer, 100 millones de años más tarde, a partir de conglomerados de materia nacidos de pequeñas fluctuaciones de densidad formadas al azar, desde los primeros instantes."*

- Con el estudio del origen de la vida, y la posibilidad de existencia de vida fuera de la Tierra, se leen fragmentos del ensayo del físico Paul Davies escrito en el libro *Los próximos cincuenta años. El conocimiento humano en la primera mitad del siglo XXI* (14), leyéndose previamente un breve currículum del autor, que figura en el libro. Dichos fragmentos, tras analizarlos, se comparan con las noticias sobre este tema recogidas en páginas web representativas. Recojo algunos de los fragmentos leídos:

> *"¿Dónde debemos buscar exactamente vida en Marte? Su superficie supone una hostilidad severa para cualquier forma de vida conocida, puesto que el agua líquida resulta esencial. Hay abundante agua líquida congelada en los polos, pero la temperatura es demasiado baja como para que el hielo se derrita. Aunque así fuera, el líquido se evaporaría con rapidez, porque la presión atmosférica de Marte es inferior al uno por ciento que la de la Tierra. En el pasado, Marte debió tener una atmósfera mucho más densa, cargada de gases invernadero, como el dióxido de carbono; esto habría elevado la temperatura y alcanzado una presión suficiente como para que el agua líquida permaneciese en la superficie durante largos periodos. […] A lo largo de los últimos veinte años, los científicos han descubierto, con gran asombro, microbios que habitaban zonas profundas de la corteza terrestre […] La fuente de energía para muchas especies de vida en la subsuperficie no se deriva de la luz del Sol, sino de energía química y térmica. Ciertos microbios pueden asimilar gases y minerales que se filtran por la corteza terrestre y convertirlos directamente en biomasa, sosteniendo así una cadena alimenticia completamente independiente de la vida superficial. […] La vida de la*

subsuperficie de Marte podría evidenciar su presencia a través de gases exudados, como el metano, que se filtrasen hasta la superficie."

- En el estudio de las pruebas de la evolución humana, tras abordar los estudios paleontológicos, se leen fragmentos del libro *Genes de neandertal* (15), escrito por Carles Lalueza, habiendo leído previamente el currículum del mismo que figura en el libro. Dichos fragmentos permiten conocer las técnicas de laboratorio para el estudio de ADN antiguo. Por su extensión reproduzco solamente algunos de los fragmentos sobre los que se ha trabajado en el aula:

  "En el interior de los huesos y de los dientes quedan restos de proteínas, y también fragmentos del material genético del organismo[…] El hecho de que en algunos casos, seamos capaces de recuperar material genético de hace unos miles de años de antigüedad no debe engañarnos sobre la estabilidad química del ADN. En realidad, se trata de una molécula frágil sometida a reacciones químicas que la degradan muy rápidamente. […] Hay diversos factores externos que ayudan a la conservación del material genético; las condiciones de frío son mejores que las de calor, un pH del suelo neutro mejor que un pH ácido o básico, y un entorno árido mejor que un entorno húmedo. […] Es esencial que, para trabajar con ADN antiguo al más alto nivel, dispongamos de un laboratorio apartado del laboratorio principal, y que esté sellado con presión de aire positiva (esto significa que el aire del laboratorio se halla a una presión ligeramente mayor que la del exterior, con lo cual nunca entra aire del exterior cuando se abre la puerta). Además hay que disponer de toda una serie de medidas contra la contaminación, como rayos ultravioleta en el techo (que ayudan a mantener áreas estériles), material de laboratorio esterilizado, etc."

Con la lectura de fragmentos de libros de divulgación científica, al igual que con el resto de recursos que suministran una información, es necesario analizar con los alumnos los errores que aparezcan. Además, puesto que se les recalca que, para que pueda obtenerse información más completa y rigurosa, siempre debe contrastarse la información de distintas fuentes, es interesante realizar una actividad en la que se lean fragmentos de distintos libros que traten el mismo tema, comparándolos y analizando las diferencias que se muestran. Como ejemplo de lo dicho anteriormente, tres fragmentos que abordan la relatividad del tiempo, leídos a los alumnos a continuación de un breve currículum de cada autor (por una cuestión de extensión, se indica la parte más representativa de lo leído y analizado):

"Einstein muestra […] que el tiempo varía con el movimiento: el de un observador que va muy deprisa es más lento que el de un observador inmóvil. Esto dio al físico Paul Langevin la idea de la paradoja de los gemelos en el espacio. Imagina que uno despega en cohete, con un movimiento uniforme y a una velocidad próxima a la de la luz. Cuando vuelva a la Tierra, dos años

después -según su reloj-, se encuentra con que su hermano ha envejecido un siglo. La demostración de esta relación del tiempo con la velocidad se llevó a cabo en 1971, con dos relojes muy exactos. Uno, situado en un avión rápido y que dio la vuelta al mundo, indicaba, a su regreso, algunas milmillonésimas de segundo menos que el otro, idéntico y que había permanecido inmóvil. […] No hay un patrón absoluto de tiempo. El concepto de tiempo no es universal".

Robert Clarke (13)

"Einstein, en su famoso artículo de 1905, […] formulaba la llamada Teoría Especial de la relatividad, que representó un cambio definitivo en la idea newtoniana de que el tiempo es universal y absoluto, idéntico para todos en todas partes. Einstein dijo que tu tiempo y mi tiempo pueden ser diferentes si nos estamos desplazando de forma diferente, y lo ilustró con la historia de los gemelos. Imagina que somos gemelos y yo viajo en un cohete a una velocidad próxima a la de la luz durante un año de mi tiempo. A mi vuelta, habrán transcurrido diez años de los de la Tierra. […] Es, en cierta forma, un viaje al futuro, un efecto real. Lo he descrito en términos de avanzar años hacia delante, aunque todavía no se puede realizar porque no podemos viajar a una velocidad cercana a la de la luz. Como mucho, podemos viajar a un 0,1 por ciento de la velocidad de la luz. Y a este tipo de velocidades el efecto es muy pequeño, pero real, y es posible medirlo utilizando relojes atómicos".

Paul Davies (16)

"El mecanismo necesario para viajar a un futuro distante consiste en servirse del efecto de dilatación temporal de la relatividad especial, según el cual un reloj en marcha parece funcionar más despacio cuanto más se acerca a la velocidad de la luz. Este efecto, corroborado de manera aplastante por pruebas experimentales, se da con todo tipo de relojes, incluido el envejecimiento biológico.
Si saliéramos de la Tierra en una nave espacial capaz de adoptar una aceleración constante al cómodo ritmo de 1g (una aceleración que produciría una fuerza igual a la gravedad en la superficie de la Tierra), empezaríamos a acercarnos a la velocidad de la luz en relación con la Tierra en cuestión de un año. A medida que la nave siguiera acelerándose, se acercaría cada vez más a la velocidad de la luz y veríamos que los relojes funcionarían cada vez más despacio comparados con los de la Tierra. En estas circunstancias, un viaje de ida y vuelta desde nuestro planeta hasta el centro de la Galaxia (una distancia de unos 60.000 años-luz) podría completarse en poco más de 40 años de tiempo dentro de la nave. […] Un viaje tal plantearía unos problemas formidables de ingeniería, ya que la cantidad de energía que requiere, aún presumiendo una conversión perfecta de masa en energía, supera la masa de nuestro planeta."

William A. Hiscock

El último fragmento indicado, publicado en el libro *Cuestiones curiosas de ciencia* (17), en el que se publican las respuestas dadas por expertos científicos de distintos campos a la revista *Scientific American*, sirve para abordar el siguiente recurso tratado en este trabajo junto a los libros de divulgación científica: las revistas.

3. EJEMPLOS DE LA UTILIZACIÓN DE REVISTAS EN EL AULA

Al igual que con los libros, los ejemplos seleccionados han sido aplicados en el aula con resultados positivos.

3.1. Física y Química de tercero de la E.S.O.

A principio de curso se comparan las características de las revistas de divulgación con las de investigación, llevando al aula ejemplares de ambos tipos para su análisis y visitando sus páginas web en el caso de que existan en formato electrónico. A su vez, teniendo en cuenta que, dentro de las revistas de divulgación, son más conocidas por los alumnos las que muestran una imagen de la Ciencia menos rigurosa, se analizan las diferencias entre distintos tipos de revistas de divulgación: *Muy Interesante*, *Quo*, *Investigación y Ciencia* (versión española de *Scientific American*)...

Se leen y analizan en clase fragmentos seleccionados de artículos, publicados en revistas, que aporten información interesante. Como ejemplo, el artículo *Relatos casi siempre falsos sobre la teoría atómico-molecular* (18) en el que se comentan brevemente incorrecciones en las traducciones de los escritos de Dalton y Avogadro, y se argumenta que "la teoría atómico-molecular no es la idea genial de nadie, sino el trabajo de decenas de científicos a lo largo de más de tres siglos, y uno de los más grandes logros de la humanidad".

3.2. Ciencias para el Mundo Contemporáneo de primero de Bachillerato

Al estudiar las teorías sobre el origen de la vida en la Tierra, se proporciona a los alumnos un artículo de investigación sobre la Teoría de la evolución química (19). Se les pide que a partir de él elaboren un artículo de divulgación, actuando como periodistas científicos (a principio de curso se ha trabajado el tema del periodismo científico), en grupos interdisciplinares (en cada grupo debe haber alumnos de todas las modalidades existentes en el centro). Posteriormente se hace una puesta en común.

4. PROPUESTA DE CREACIÓN DE TEXTOS

Que los alumnos creen, por grupos, su propia revista en la que describan noticias de actualidad, referentes a temáticas científicas, consultando distintas fuentes bibliográficas (páginas web representativas, revistas en formato papel…) es una actividad que motiva al alumnado, favorece la adquisición de conocimientos científicos y fomenta que se interesen por la divulgación científica, diferenciando los

hechos de las interpretaciones, y la noticia que se ocupa de una investigación concreta en proceso, de la noticia que describe el resultado final contrastado.

Por otra parte, puesto que muchos de los libros de divulgación científica son biografías más o menos extensas de científicos, desde el "clásico" *Momentos estelares de la ciencia* (20) hasta los recientes *Bajo la estirpe de Hypatia. Científicos que cambiaron la historia* (21) o *Las pioneras* (22), además de los muchos dedicados a una única biografía, una posible forma de fomentar la lectura de estos libros y la utilización de otros recursos puede ser proponer una actividad en la que los alumnos creen un pequeño texto en torno a un científico del que finalmente harán una lectura dramatizada (23). Se ha comprobado que introduciendo Historia de la Ciencia en las clases de Física y Química se desarrollan actitudes positivas en los alumnos y se muestra una imagen de la Ciencia más correcta (24). De la forma descrita pueden trabajarse los contenidos científicos bajo el contexto histórico en el que se desarrollaron.

5. CONCLUSIONES

Utilizar como recurso en la enseñanza formal libros de divulgación científica, leyendo y analizando extractos, motiva al alumnado a interesarse por aspectos científicos tratados de manera distinta a como pueden encontrarlos en otros medios, y fomenta que, fuera del aula, quiera disfrutar leyendo Ciencia.

Además, que los alumnos conozcan y utilicen revistas que muestran el resultado de investigaciones facilita que entiendan el verdadero significado de la Ciencia y por tanto cómo se investiga realmente, y que se sientan más atraídos por los temas relacionados con la investigación científica, al tener entre sus manos y trabajar con una revista que leen los investigadores. Comparar estas revistas con otro tipo de publicaciones permite que desarrollen su capacidad crítica, distinguiendo la fiabilidad de la noticia en función de la fuente de la que proviene.

La finalidad de los ejemplos dados es que puedan servir para reflexionar sobre la utilidad de los libros y las revistas de divulgación científica como recursos en el aula, generándose nuevas ideas que cada profesor pueda desarrollar en su práctica docente.

REFERENCIAS

1. F. Vinagre Arias, M.R. Mulero, J.F. Guerra, *Cuestiones curiosas de química*, Alianza Editorial, Madrid (1996).
2. A. Frova, *Por qué sucede lo que sucede*, Alianza, Madrid (1999).
3. B. Oliveras, C. Márquez, N. Sanmartí, *Alambique*, **2012**, Vol. 70, 37.
4. A. Sardà, C. Márquez, N. Sanmartí, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, **2006**, Vol. 5, 290.
5. A. Marbà, C. Márquez, N. Sanmartí, *Alambique*, **2009**, Vol. 59, 102.
6. C. Márquez, A. Prat, *Enseñanza de las Ciencias*, **2005**, Vol. 23, 431.
7. R. Gonçalves, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, **2010**, Vol. 9, 376.
8. J.M. Campanario, *Enseñanza de las Ciencias*, **2004**, Vol. 22, 365.

9. G. Pedrós, M.P. Martínez, M. Varo, *Enseñanza de las Ciencias*, **2007**, Vol. 25, 195.
10. R.M. Roberts, *Serendipia. Descubrimientos accidentales en la ciencia*, Alianza, Madrid (2004).
11. B. Bryson, *Una breve historia de casi todo*, RBA, Barcelona (2003).
12. J. Emsley, *Moléculas en una exposición. Retratos de materiales interesantes de la vida cotidiana*, Península, Barcelona (2000).
13. R. Clarke, *Los nuevos enigmas del universo*, Alianza, Madrid (2001).
14. P. Davies, *¿Hubo un segundo génesis?* En J. Brockman (ed.), *Los próximos cincuenta años. El conocimiento humano en la primera mitad del siglo XXI*, Kairós, Barcelona (2004).
15. C. Lalueza, *Genes de neandertal*, Editorial, Madrid (2005).
16. P. Davis, *La máquina del tiempo*. En E. Punset, *Cara a cara con la vida, la mente y el universo. Conversaciones con los grandes científicos de nuestro tiempo*, Destino, Barcelona (2007).
17. W.A. Hiscock, *¿Es posible en teoría viajar en el tiempo?*, En *Scientific American, Cuestiones curiosas de ciencia*, Alianza, Madrid (2008).
18. M. Reyes, *Química e Industria*, **2007**, Vol. 573, 45.
19. M. Ruiz, C. Menor, *Anales de Química*, **2007**, Vol. 103, 14.
20. I. Asimov, *Momentos estelares de la ciencia*, Alianza, Madrid, 2010.
21. O. Menéndez, *Bajo la estirpe de Hypatia. Científicos que cambiaron la historia*, Es, Madrid (2009).
22. R. Levi-Montalcini. *Las pioneras*, Crítica, Barcelona (2011).
23. M.A. Calvo, *Anales de Química*, **2011**, Vol. 107, 390.
24. J. Solbes, M. Traver, *Enseñanza de las Ciencias*, **2001**, Vol. 19, 151.

LA INTERPRETACIÓN DE LAS PROPIEDADES MACROSCÓPICAS DE LA MATERIA A PARTIR DE LAS INTERACCIONES A ESCALA ATÓMICO-MOLECULAR: UN ESTUDIO PRELIMINAR

Juan Antonio Llorens Molina[a], Rafael Llopis Castelló
[a]E.T.S. de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural
Universidad Politécnica de Valencia
juallom2@qim.upv.es

Se describe un estudio preliminar acerca de la interpretación de las propiedades fisicoquímicas de las sustancias a partir de las interacciones a escala atómico-molecular en el contexto de la introducción a la química orgánica en un primer curso universitario. Se realiza un estudio diagnóstico previo y se experimentan dos tareas online alternativas, analizando el efecto de su planteamiento como actividades de autorregulación. Por último, se propone una metodología para la continuación de este estudio en próximos cursos.

1. INTRODUCCIÓN

La coordinación entre los diferentes niveles de descripción de la materia es un problema característico de la didáctica de la Química y ampliamente estudiado en la literatura desde hace décadas (1). Un aspecto particularmente importante de este problema es la notable dificultad que muchos estudiantes tienen a la hora de interpretar las propiedades fisicoquímicas de la materia a partir de las interacciones a escala atómico-molecular. Este hecho se halla claramente vinculado a la escasa comprensión de las nociones de sustancia pura y cambio químico (2) y a los problemas de aprendizaje relacionados con el enlace químico (3). Así, podemos citar como dificultades particularmente significativas la tendencia a relacionar los cambios de estado con la ruptura de enlaces covalentes (4-6) o el empleo ambiguo del término "estabilidad" como reflejo de la mayor o menor facilidad con que se producen los cambios de estado progresivos o con la mayor o menor reactividad química. A partir de los estudios citados previamente podemos identificar varias carencias vinculadas a estas dificultades:

a. La escasa atención concedida al estudio de las fuerzas intermoleculares en la introducción al enlace químico.
b. La excesiva focalización en el concepto de molécula al introducir los conceptos básicos de química, en detrimento de otros tipos de organización microscópica de la materia como las estructuras reticulares y macromoleculares, fundamentales a la hora de interpretar las propiedades de los materiales más comunes.
c. Uso confuso y contradictorio del lenguaje; así, por ejemplo, Kind (5), refiriéndose a los términos habitualmente empleados en lengua inglesa para referirse a las fuerzas intermoleculares, indica que expresiones tales como "interacciones dipolo-dipolo inducido", "interacciones dipolo permanente-dipolo inducido" o "dipolo permanente-dipolo permanente" son más descriptivas y consecuentemente más

adecuadas que términos como “Fuerzas de Van der Waals”, “Fuerzas de London”, “fuerzas atractivas”, etc.

A la hora de afrontar estos problemas en un curso introductorio de Química Orgánica, hemos considerado conveniente partir de un esquema conceptual que sirva de referencia detallada a la hora de establecer el contenido de las actividades de aprendizaje.

Dicho esquema viene expresado en la siguiente red semántica (Figura 1) cuyos conceptos básicos corresponden a las siguientes categorías: interacciones, procesos, sistemas macroscópicos, sistemas atómico-moleculares, propiedades macroscópicas y propiedades atómico-moleculares.

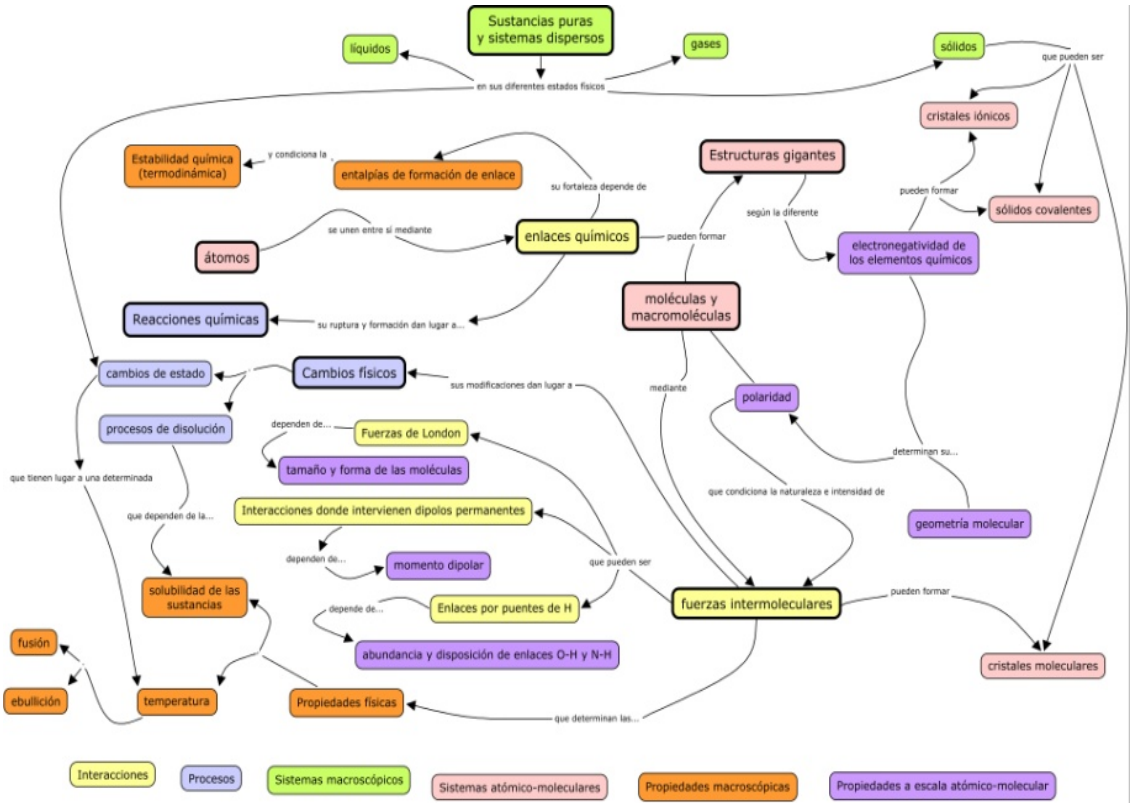


Figura 1. Red semántica como marco de referencia para el estudio de la relación entre propiedades macroscópicas e interacciones a nivel atómico-molecular.

Consecuentemente, el primer objetivo de esta investigación preliminar es diagnosticar la presencia de los citados problemas en estudiantes de primer curso del grado de Ciencia y Tecnología de Alimentos en la Universidad Politécnica de Valencia.

En segundo lugar, a lo largo de 4 créditos dedicados a la introducción de la Química Orgánica, se realiza un estudio comparativo entre la evolución de dos grupos

de similares características en los que se aplicaron sendas tareas de aprendizaje *online* diseñadas de modo que se diferencian exclusivamente en la naturaleza y modo de proporcionar *feed-back*. Para llevar a cabo dicho estudio comparativo, se han registrado las puntuaciones la prueba inicial, de la resolución de estas tareas y de los resultados de la prueba final.

2. PRUEBAS Y TAREAS DESARROLLADAS

2.1. Prueba inicial

La siguiente información es válida para las tres primeras cuestiones:

Datos sobre las moléculas de N_2 y H_2: masas moleculares relativas: 28 y 2; temperaturas de ebullición -196 ºC y -253ºC, respectivamente; energía de enlace N-N: 940 $kJ \cdot mol^{-1}$, energía de enlace H-H: 436 $kJ \cdot mol^{-1}$.

Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

1. Las fuerzas entre las moléculas de H_2 son más débiles que entre las de N_2.
2. La temperatura de ebullición del N_2 es mayor porque la energía del enlace N-N es mayor y consecuentemente las moléculas son más difíciles de romper.
3. La intensidad de las fuerzas intermoleculares es independiente de las energías de enlace.

Las siguientes cuatro cuestiones se basan en la siguiente información. Léela atentamente (puedes volver a consultarla en cualquier momento retrocediendo hasta esta pregunta).

La nitroglicerina y el trinitrotolueno son dos conocidos explosivos. Sus reacciones de descomposición son, respectivamente:

$$4\ C_3H_5N_3O_9\ (l) \rightarrow 12\ CO_2\ (g) + 10\ H_2O\ (g) + 6\ N_2\ (g) + O_2\ (g)$$

$$2\ C_7H_5(NO_2)_3\ (s) \rightarrow 7\ C(s) + 7\ CO\ (g) + 3\ N_2\ (g) + 5\ H_2O\ (g)$$

La nitroglicerina funde a 13 ºC y a 270 ºC explota espontáneamente. El trinitrotolueno funde a 80,1 ºC y a 240 ºC también explota espontáneamente. Sin embargo, hay otros ejemplos de sustancias particularmente estables como el N_2 y Ar que se emplean como gases inertes para rellenar bombillas, ya que de este modo el filamento de wolframio no arde ni se volatiliza. Son gases que licúan a temperaturas muy bajas.

Indicar razonadamente si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

4. Las fuerzas intermoleculares en la nitroglicerina y el trinitrotolueno son más débiles que en el argón y el nitrógeno. Ello explica su escasa estabilidad.
5. La fortaleza de los enlaces químicos es lo que explica las diferencias entre las temperaturas de fusión y ebullición de las sustancias, ya que cuando los enlaces químicos son débiles las moléculas están poco unidas entre sí.
6. El nitrógeno y el argón son químicamente más estables que la nitroglicerina y el trinitrotolueno, aunque sean gases a temperatura ambiente.
7. Las temperaturas de cambio de estado, así como la solubilidad, están relacionadas con las fuerzas intermoleculares, mientras que la estabilidad química depende de los enlaces químicos (intramoleculares).

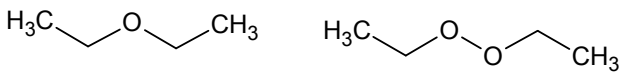
2.2. Tarea *online*

La tarea propuesta al grupo experimental está diseñada según una secuencia de actividades basada en la autorregulación. Tras un primer desarrollo de las cuestiones, éstas deben ser realizadas de nuevo tras acceder a la información proporcionada a través de un enlace a la página web de la asignatura. En el grupo control, las actividades tienen el mismo contenido pero toda la información se aporta inicialmente, proporcionando *feed-back* tras su resolución. Éste también se proporciona al grupo experimental tras la realización de la tarea completa (ver el enlace indicado al final de esta comunicación).

Texto de la tarea para el grupo experimental:

Esta tarea consta de dos partes. En la primera (relativamente rápida) debes contestar a las siguientes preguntas sin más información que la proporcionada en el texto. Al finalizar la pregunta 3, recibirás instrucciones para la segunda parte.

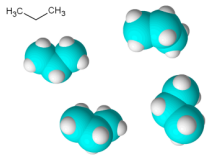
1. Vamos a comparar el dietiléter y el dietil peróxido. Estas son sus estructuras:



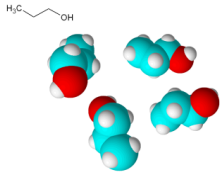
Las masas molares del dietiléter y del dietil peróxido son 74,12 $g \cdot mol^{-1}$ y 90,12 $g \cdot mol^{-1}$, respectivamente. Las energías de enlace en $kJ \cdot mol^{-1}$ para los enlaces presentes en ambas moléculas, son: C-O: 352; C-H: 415; C-C: 347; O-O:139. A la vista de sus estructuras y de los valores de las energías de enlace, ¿qué diferencias crees que habrá entre ambos compuestos, en cuanto a sus propiedades físicas y químicas?

2. A continuación se muestran las representaciones de las moléculas de varias sustancias. Ordena de mayor a menor sus temperaturas de ebullición y sus solubilidades en agua.

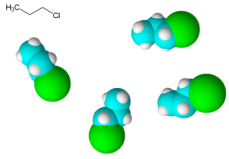
a) Propano



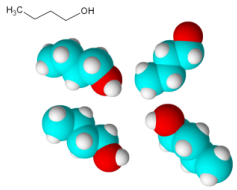
b) 1-Propanol



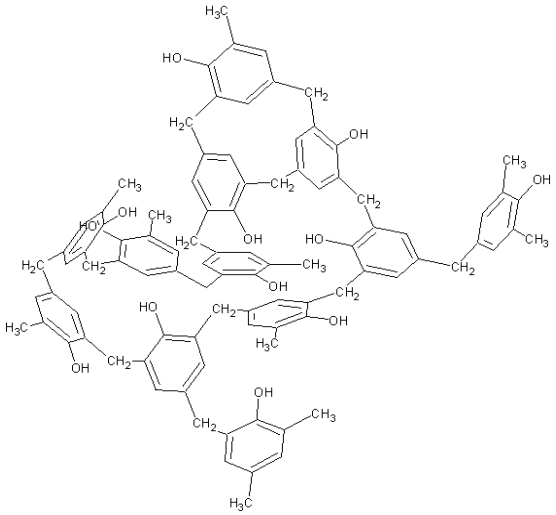
c) 1-clorobutano



d) 1-butanol



3. La siguiente figura muestra la estructura de un material. Esta estructura se extiende indefinidamente de modo parecido constituyendo toda la masa del material.



A la vista de esta estructura ¿Sabrías predecir alguna propiedad física o química de este material? Concretamente, si comparamos la anterior estructura con la del fenol ¿qué diferencias cabría esperar entre sus propiedades y las del fenol?

Una vez contestadas estas preguntas, consulta la información relativa a esta tarea a través del enlace:

https://poliformat.upv.es/access/content/user/19877419/Informaci%C3%B3n%20relativa%20a%20la%20tarea%201.doc

Después, revisa tus contestaciones, modificándolas de manera razonada como consecuencia de la información recibida.

2.3. Prueba final. Contenido y criterios de evaluación

El texto de la prueba final y sus criterios de evaluación, establecidos mediante rúbricas pueden consultarse en el enlace indicado al final de la comunicación. Su contenido es análogo al de las tareas propuestas pero basadas en ejemplos diferentes. En cuanto a los criterios de evaluación, y dado que dicha prueba forma parte del examen final de la asignatura, son restrictivos en el sentido de asignar puntuación nula a todas aquellas respuestas que manifiesten errores básicos.

3. RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

3.1. Prueba inicial

Los resultados obtenidos a partir de 110 cuestionarios se muestran en la Figura 2.

La matriz de correlaciones entre las puntuaciones de estas cuestiones (Figura 3) puede ofrecer alguna pista acerca de la coherencia de las respuestas del alumnado y del grado en que determinadas concepciones erróneas puedan hallarse asociadas.

Estos resultados muestran algunas tendencias dignas de consideración. Por una parte, se observa cómo la dificultad para distinguir las fuerzas intermoleculares de los enlaces covalentes es mayor en las preguntas de carácter interpretativo, mientras que cuando se plantea desde un enunciado general la proporción de respuestas erróneas es menor. La significación de las correlaciones entre algunas de las cuestiones puede interpretarse admitiendo cierta consistencia (tanto en las concepciones correctas como erróneas) a la hora de vincular el tipo de cambio (físico o químico) con el tipo de interacciones puestas en juego (fuerzas intermoleculares o enlaces covalentes).

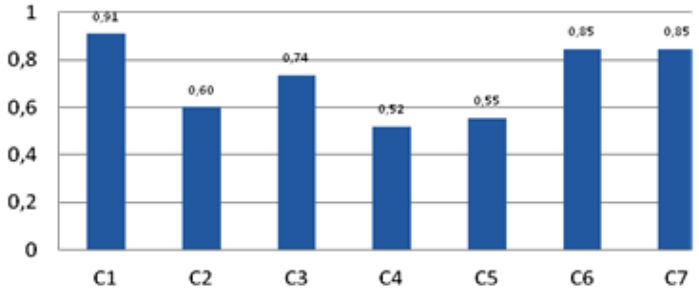


Figura 2. Puntuaciones medias para cada cuestión de la prueba inicial.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1							
C2	0.065						
C3	0.098	0.480					
C4	0.012	0.104	0.208				
C5	0.035	0.276	0.294	0.161			
C6	-0.048	-0.041	-0.085	-0.161	0.072		
C7	-0.135	0.113	-0.028	0.141	0.022	-0.113	

Figura 3. Matriz de correlaciones entre las cuestiones de la prueba inicial (sombreadas las que resultan significativas para P<0.05).

3.2. Puntuaciones globales de la prueba inicial, tarea *online* y prueba final

En la Figura 4 se muestran las puntuaciones medias. El primer aspecto que cabe destacar es la elevada dispersión de los resultados, que impide considerar como significativa la diferencia observada a favor del grupo experimental (contrariamente a lo sucedido en la prueba inicial). Desde nuestro punto de vista, dicha dispersión es inherente a las características típicas de un primer curso universitario donde el grado de implicación en la asignatura suele ser variable e irregular. Los peores resultados registrados en la prueba final cabe interpretarlos teniendo en cuenta los criterios de evaluación más restrictivos a los que anteriormente nos referíamos. Partiendo de esta consideración y comparando los resultados de las pruebas finales 1 y 2, la efectividad

de las tareas *online* podría aceptarse en cuanto a la interpretación de las propiedades físicas, no así en cuanto a la comparación entre las estructuras reticulares y moleculares. Desde un punto de vista cualitativo y centrándonos principalmente en el análisis de las tareas, podemos distinguir un conjunto de dificultades de aprendizaje con una incidencia significativa:

a) Se aprecia una importante dificultad para aceptar la existencia de estructuras reticulares constituidas por enlaces covalentes. Se asigna un papel ambiguo a las fuerzas intermoleculares considerando que se ejercen tanto entre las moléculas como en el seno de dichas estructuras.
b) El concepto de estabilidad es utilizado indistintamente para referirse a la reactividad química o a la facilidad para experimentar cambios de estado progresivos.
c) El enlace de hidrógeno se asigna con cierta frecuencia a cualquier compuesto que contiene átomos de hidrógeno. En química orgánica, este error se manifiesta particularmente en los enlaces C-H de los hidrocarburos.
d) Los cambios de estado progresivos, particularmente la ebullición, se interpretan admitiendo la ruptura de enlaces covalentes; asimismo, y de manera convergente con este error, también es relativamente frecuente que la mayor o menor temperatura de cambio de estado se relacione con la mayor o menor fortaleza de los enlaces covalentes.
e) En cuanto a la interpretación de las propiedades macroscópicas a partir de la consideración simultánea de varias propiedades moleculares, se observa también una tendencia a interpretar aquellas a partir de una única propiedad, frecuentemente, la longitud de la cadena carbonada, sin considerar otros factores. En cuanto a las propiedades moleculares también es frecuente que el concepto de electronegatividad se asigne a los enlaces y a las moléculas, confundiéndolo así con el de polaridad.

4. CONCLUSIONES

Las tareas desarrolladas han permitido afrontar problemas de aprendizaje relevantes a los que no siempre se les concede la atención adecuada, al considerarse (tal vez erróneamente) ya superados en un curso universitario. Esta conclusión viene reforzada por la relativa facilidad con que se interpretan correctamente las propiedades físicas en ejemplos donde pueden aplicarse criterios basados en propiedades moleculares: longitud de la cadena carbonada, presencia de grupos polares, etc., cuando al mismo tiempo se observa una elevada persistencia de errores básicos como la vinculación de los cambios de estado a la ruptura de enlaces covalentes.

Desde el punto de vista metodológico, la realización de tareas de autorregulación *online* se enfrenta a dificultades derivadas de hábitos de trabajo y actitudes característicos de una cultura educativa basada en el éxito académico aparente más que en el esfuerzo y la responsabilidad personal. No obstante, creemos que puede aumentarse su eficacia mediante la mejora de su diseño y organización.

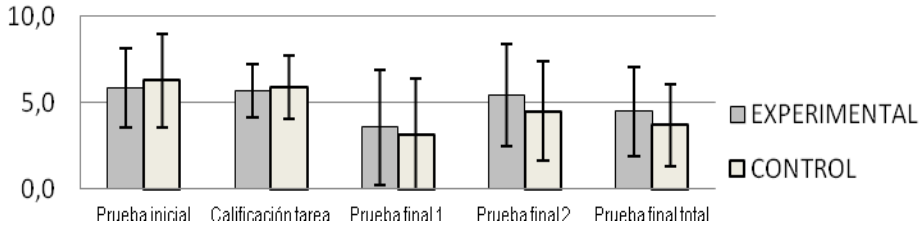


Figura 4. Puntuaciones medias de la prueba inicial, la tarea online y las cuestiones C1 y C2 de la prueba final, así como de la suma de ambas (las barras de error representan +- σ y todas las puntuaciones han sido referidas a 10 puntos).

Dadas las características de nuestro contexto de aprendizaje, consideramos más adecuado proseguir esta investigación mediante un enfoque metodológico individualizado y cualitativo que permita identificar pautas de cambio conceptual en estudiantes implicados en un desarrollo coherente de la asignatura. En este sentido, la obtención de redes semánticas mediante la aplicación de instrumentos de investigación cualitativa, como los estudios de caso, puede ayudarnos a caracterizar esquemas conceptuales alternativos en los estudiantes. Estos pueden ser un punto de partida útil para el diseño de actividades de autorregulación encaminadas a la superación de los problemas de aprendizaje descritos.

Se incluye una referencia (7) con material complementario a este trabajo.

REFERENCIAS

1. R. Ben Zvi, B. Eylon, J. Silberstein, *A Study of Students Conceptions of Structure and Process*, The Weizmann Institut, Rehovot, Israel (1982).
2. J.A. Llorens Molina, *Comenzando a aprender química. Ideas para el diseño curricular*, Visor, Madrid (1991).
3. H. Özmen, *Journal of Science Education and Technology*, **2004**, Vol. 13, 147-159.
4. L. Tarhan, H. Ayar Kayali, R. Ozturk, B. Acar, *Research in Science Education*, **2008**, Vol. 38, 285-300.
5. V. Kind, *Beyond appearances: students' misconceptions about basic chemical ideas*, Durham University, Durham (2004).
6. H. Schmidt, B. Kaufmann, D.F. Treagust, *Chemistry Education Research and Practice*, **2009**, Vol. 10, 265-272.
7. Material complementario.
https://poliformat.upv.es/access/content/user/19877419/Jornada%20Did%C3%A1ctica%20de%20la%20Qu%C3%ADmica%2C%20Madrid%202012/

INTRODUCCIÓN A CONCEPTOS FISICOQUÍMICOS Y FORMACIÓN EN COMPETENCIAS: PROPUESTAS DE TRABAJO PARA ALUMNOS

Gabriel Pinto Cañón, Isabel Paz Antolín
Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente
E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid
gabriel.pinto@upm.es

En este trabajo se muestran varios ejemplos de tareas que se proponen a alumnos de primer curso de ingenierías. El objetivo de estas tareas es: favorecer el proceso de aprendizaje de conceptos fisicoquímicos (variación de la presión de vapor con la temperatura, propiedades magnéticas de moléculas sencillas, principio de Le Châtelier, etc.), promover la motivación (tanto de los alumnos como de los profesores que imparten la materia), facilitar el empleo de herramientas educativas innovadoras, favorecer el pensamiento crítico y colaborar en la formación de ciertas competencias básicas en ciencias (resolución de problemas, análisis de datos, elaboración de tablas, empleo de unidades adecuadas, representación gráfica, etc.).

1. INTRODUCCIÓN

Algunos de los retos que plantea la innovación educativa contemporánea de las ciencias experimentales, en los distintos niveles educativos, se pueden resumir en aspectos como: aprendizaje basado en problemas/casos y en la indagación, aproximaciones interdisciplinares (por ejemplo, mediante enfoques C-T-S), rediseño de contenidos, aprendizaje cooperativo (con aspectos como interdependencia positiva, responsabilidad individual e interacción simultánea), uso de ordenadores gráficos (como los mapas conceptuales), uso de las TIC, formación en competencias (1), desarrollo del concepto de crédito ECTS (en el ámbito universitario), nuevas formas de evaluación (portafolio, rúbricas…), entre otros (2). Es frecuente que se considere que las ideas innovadoras son muy interesantes pero su consecución práctica es complicada, necesitan mucho tiempo y no resultan especialmente efectivas.

Con objeto de mostrar ejemplos concretos de cómo se pueden intentar abordar algunos de los retos citados, los autores recogen en este trabajo ejemplos de tareas que proponen a sus alumnos de Química de primer curso universitario de las titulaciones de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales y en Ingeniería Química. Con esta tarea se pretenden alcanzar, entre otros, los siguientes objetivos: favorecer el proceso de aprendizaje de conceptos fisicoquímicos, promover la motivación (tanto de los alumnos como de los profesores que impartimos la materia), facilitar el empleo de herramientas educativas innovadoras, favorecer el pensamiento crítico y colaborar en la formación de ciertas competencias básicas en ciencias, como son resolución de problemas, análisis y búsqueda de datos (conocido en inglés como *data mining*, minería de datos), elaboración de tablas, empleo de unidades adecuadas, representación gráfica, y otras. Una característica importante es que cada grupo de

alumnos trabaja con datos diferentes, por lo que se evita que se puedan copiar fácilmente las soluciones. Además, algunas tareas se basan en vídeos expuestos en Internet en inglés, con lo que se debe practicar dicho idioma.

2. TAREAS PROPUESTAS PARA REALIZAR POR LOS ALUMNOS

2.1. Instrucciones generales

Al principio de curso se indica (con instrucciones por escrito) a los alumnos, aparte de aspectos formales (tamaño del trabajo, fecha de entrega,…) que los ejercicios, realizados en grupos de tres alumnos, deben presentarse con claridad, orden y resaltando los resultados. Además, se señala que es conveniente comentar con los profesores las dudas que vayan surgiendo.

2.2. Ejercicio 1: propiedades magnéticas de moléculas diatómicas

Comentar brevemente (no más de quince líneas y una o dos figuras si se estima necesario) el vídeo que aparece en la dirección web indicada al final de este párrafo, y su justificación desde el punto de vista de alguna de las teorías del enlace químico analizadas en clase. Algún aspecto adicional a comentar podría ser: resumen de lo mostrado, resultados, explicación, comentarios…

http://www.youtube.com/watch?v=KcGEev8qulA

2.3. Ejercicio 2: variación de la presión de vapor con la temperatura

En un folleto informativo de la empresa *Ibérica Vacuum*, dedicada a bombas y sistemas de vacío, se ofrecen datos de presiones de vapor, para distintas sustancias (en total 38) y temperaturas (entre 0ºC y 50ºC). En la tabla 1 se muestra un fragmento de dicho folleto. Cada grupo de alumnos deberá seleccionar una de estas sustancias. Una vez asignada la sustancia (es recomendable consultar con el profesor si los valores de presión de vapor son excesivamente bajos, por si fuera preferible cambiar la elección), se realizará el ejercicio solo para ella. Se pide:

1.- Señalar el nombre de la sustancia (en inglés, como viene en la tabla, y en español), sus fórmulas (molecular y desarrollada), su geometría detallada (justificándola, por ejemplo, mediante hibridación de orbitales atómicos, en su caso) y, brevemente (en no más de cinco líneas), alguna característica, curiosidad, reacción química de interés y/o aplicación de esa sustancia.

2.- Recoger en una tabla, incluyendo encabezamiento, nombre de propiedades y unidades adecuadas, los valores de temperatura (en ºC y K) y la correspondiente presión de vapor (en bar, atm y mmHg). Para calcular estos valores habrá que tener cuidado con el número de cifras significativas. Antes de incluir la tabla en el trabajo, deben indicarse las equivalencias entre las unidades señaladas anteriormente.

Tabla 1. Presión de vapor saturado (mbar) para productos químicos, en función de la temperatura, según un folleto informativo de Ibérica Vacuum.

	Temperature (ºC)								
Chemical	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Acetone	93,9	121,3	155,0	196,1	246,0	306,0	377,5	462,2	561,9
Benzaldehyde	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	1,8	2,5	3,5
Benzene	35,0	46,3	60,6	78,3	100,1	126,8	159,0	197,6	243,6

3.- Representar en una gráfica la presión de vapor (en atm) en función de la temperatura (en ºC). Para realizar adecuadamente esta gráfica, se sugieren las recomendaciones que se pueden encontrar en la dirección web:
http://quim.iqi.etsii.upm.es/didacticaquimica/actividades/PresentSantiago.pdf

4.- Discutir si, a partir de los datos indicados, se pueden obtener los valores de punto de ebullición normal y punto de fusión normal. Si es factible obtener alguno de ellos, hágase, expresando el resultado en ºC.

5.- Razonar si, a partir de los datos indicados, se puede obtener el valor de variación de entalpía de vaporización (o calor de vaporización) de la sustancia y, de ser así, expresarlo en kJ/mol.

6.- En alguna fuente bibliográfica (hay varias posibles en la Biblioteca de la Escuela), por ejemplo el *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, buscar los valores solicitados en los epígrafes 4 y 5, comentando si coinciden o no con los calculados. Se sugiere incluir una fotografía de la fuente indicada.

7.- Justificar si la sustancia elegida es de las más o de las menos volátiles de las incluidas en la tabla, explicando el razonamiento seguido.

8.- Comentar cualquier observación que se estime conveniente.

2.4. Ejercicio 3: variación de la temperatura de ebullición con la presión

Comentar brevemente (no más de quince líneas y una o dos figuras si se estima necesario) el vídeo que aparece en la dirección web indicada al final de este párrafo, y su justificación desde el punto de vista de la variación de la presión de vapor del agua con la temperatura. Algún aspecto a comentar podría ser: resumen de lo mostrado, resultados, explicación, reproducción del experimento por parte del grupo, comentarios adicionales… Además, se sugiere discutir si tiene alguna relación el efecto observado en el vídeo con la ley de Henry que cuantifica la variación de la solubilidad de un gas en un líquido en función de la temperatura.
http://www.youtube.com/watch?v=ILWP1cgLXKI

2.5. Ejercicio 4: aplicación del principio de Le Châtelier

El vídeo que aparece en la dirección web indicada al final hace referencia al equilibrio de una determinada reacción química. Se pide:

a.- Escribir de forma ajustada dicha reacción, considerando como proceso hacia la derecha la descomposición. Describir debajo de cada sustancia el color que presenta.

b.- Consultar en unas tablas adecuadas el valor de ΔH^o asociado a la reacción. Indicar en este mismo apartado, de forma clara, la referencia de la fuente.

c.- Describir el experimento que se desarrolla en el vídeo, explicando a qué se deben los cambios de color que se observan.

d.- Razonar cómo se espera que varíe el color de la mezcla inicial mostrada en el vídeo al aumentar la presión.

http://www.youtube.com/watch?v=tlGrBcgANSY&feature=related

2.6. Ejercicio 5: reacciones ácido-base

Describir brevemente (poniendo énfasis en los cambios de color) el vídeo que aparece en la siguiente dirección web y discutir qué procesos químicos tienen lugar a lo largo del experimento. Utilizar ecuaciones químicas ajustadas y hacer cálculos aproximados suponiendo concentraciones iniciales arbitrarias para cada disolución.

http://www.youtube.com/watch?v=g_ZK2ABUjvA&feature=related

2.7. Ejercicio 6: reacciones de precipitación

En la clase de Química I se realizó el siguiente experimento: en un Erlenmeyer de 50,0 mL de capacidad se pusieron 30,0 mL de una disolución acuosa de nitrato de plomo (II) de concentración 0,024 M. Con una pipeta se fue añadiendo poco a poco una disolución acuosa de ioduro potásico de concentración $1{,}0 \cdot 10^{-2}$ M. Las cantidades añadidas fueron 1,0 mL, 5,0 mL y 10,0 mL. Se pide:

a.- Describir lo observado (si se ha formado precipitado o no, el color, etc.).

b.- Escribir la ecuación química ajustada que tiene lugar en el experimento. Buscar en unas tablas el valor de la constante del producto de solubilidad correspondiente y anotar la referencia bibliográfica (considerar que el experimento se ha llevado a cabo a 25ºC).

c.- Calcular la solubilidad de la sal formada, en g/L y en mol/L. ¿Qué significado tiene ese valor? En función del mismo, ¿cómo podríamos clasificar la sal obtenida?

d.- Mediante cálculos adecuados, justificar los resultados obtenidos en el experimento realizado en clase después de cada adición de ioduro potásico.

e.- ¿Qué cantidad, en g, de sal se ha obtenido después de adicionar 10,0 mL de ioduro potásico?

2.8. Ejercicio 7: reacciones redox y electrólisis

Esta tarea se basa en el trabajo de Seco y col. (3), donde se aportan más detalles.

En este experimento se va a llevar a cabo un proceso de recubrimiento de un metal por vía electroquímica. Para su realización es necesario hacerse con el siguiente material: una pila, cables, lámina o hilo de Cu, un clip y disolución $CuSO_4$ 1,0 M.

Se debe pesar, en el laboratorio, el clip y la lámina de cobre, previamente lavados. Tras preparar 50,0 mL de disolución de sulfato cúprico (proporcionada por la profesora) y ponerlos en un vaso, se conectará, mediante unos cables, la lámina de cobre al extremo positivo de la pila y el clip al extremo negativo. Seguidamente, se introducirá la lámina de cobre y el clip en el vaso que contiene la disolución, procurando que no entren en contacto. Al cabo de 30 minutos se desconectará la pila y se extraerán el clip y la lámina de cobre, dejándolos secar al aire. Finalmente, se deberán pesar de nuevo el clip y la lámina de cobre. Se pide:

a.- Comentar el experimento realizado indicando los fenómenos observados (sería conveniente documentarlo con alguna fotografía hecha durante el mismo).

b.- Utilizando esquemas apropiados, describir en qué consiste el proceso que ha tenido lugar (utilizar los términos electroquímicos aprendidos en clase, como electrodos, electrolito, etc.) así como las reacciones químicas que se han producido.

c.- Con los datos experimentales obtenidos, calcular la cantidad de electricidad que ha pasado a través de la disolución y la intensidad de la corriente que circuló durante el proceso. ¿Qué ley se pone de manifiesto en este experimento? Enunciarla.

d.- El experimento realizado es una técnica utilizada para recubrir metales. ¿Con qué nombre se conoce dicha técnica? Utilizando los medios disponibles (libros, Internet, etc.), buscar información sobre esta técnica y comentarla brevemente.

2.9. Ejercicio 8: aprovechamiento energético del gas natural y análisis de la información sobre productos comerciales

Consultando una factura de gas natural: (i) indicar (se recomienda recoger la información con una fotografía) la conversión de volumen (m^3) de gas y energía (kWh) que se indica en la misma. Con este valor, (ii) determinar (explicando detalladamente los cambios de unidades) la energía que puede producir cada mol de gas en su combustión (en kcal/mol), (iii) comparar esta energía con los datos de algún problema ejemplo de los apuntes o de tablas de valores termodinámicos, (iv) comentar las aproximaciones realizadas y cualquier aspecto que se considere de interés (reacción principal ajustada, datos adicionales,…) y (v) calcular la masa de dióxido de carbono (en kg) que se habrá desprendido por el consumo de gas que se indica en la factura (normalmente se señala el consumo de dos meses) analizada.

2.10. Ejercicio 9: reacción del sodio con agua

En la clase de Química se mostró lo que sucede cuando se pone en contacto sodio con agua. Comentar detalladamente y de forma razonada (poniendo especial cuidado en indicar la ecuación química ajustada que lo explica) lo que se observó, incluyendo el cambio de color que se produjo por la presencia de un indicador ácido-base, así como los siguientes hechos: si flota o se hunde el sodio, si se mueve o no, si se observa desprendimiento de gas, y otros aspectos. Se recomienda visualizar de nuevo la experiencia en algún vídeo expuesto en Internet.

3. PROPUESTA DE ANÁLISIS FINAL DE LA TAREA POR LOS ALUMNOS

Los casos anteriores son ejemplos que, en los últimos años, se han propuesto a alumnos de ingeniería, según se indicó anteriormente. En el presente curso, se les propuso, además, que señalasen el procedimiento seguido para realizar esta tarea: asignación de funciones en el grupo, fechas de reuniones del grupo y con el profesor, u otros aspectos que se consideren de interés para reflejar el trabajo realizado. Para facilitar esta tarea se les dio por escrito unas nociones de estrategia para resolución de problemas. En concreto, se recoge la traducción del documento (protocolo GOAL) que la profesora Oliver-Hoyo ofrece a sus alumnos de Química de la *North Carolina State University*, bajo el título de *Problem Solving Steps*. El nombre del protocolo hace referencia a los pasos que se recomiendan (en inglés): *gather* (recopilar), *organize* (organizar), *analyze* (analizar) y *learn* (aprender). Más detalles sobre este protocolo y sus ventajas se encuentran en el trabajo de Oliver-Hoyo y Justice (4).

Según lo indicado, la propuesta de análisis de la tarea por parte de los alumnos es:

1. Gather information. Recopila la información.

Lo primero que hay que hacer cuando se aborda un problema es comprenderlo. Para ello, lee detalladamente el enunciado, buscando frases/términos clave, como "reacciona" o "produce". ¿Qué información se da? ¿Qué es exactamente lo que se pregunta? No olvides recopilar información de tu propia experiencia y sentido común. ¿Qué sería una solución razonable? ¿Qué unidades cabe esperar para el resultado? ¿Hay algún caso limitante que se tiene que considerar? Asegúrate también de que analizas con cuidado cualquier dibujo o esquema que acompañe al problema.

2. *Organize your approach.* Organiza tu aproximación.

Una vez que tienes realmente una buena idea de cómo es el problema, necesitas pensar sobre qué hacer a continuación. ¿Has visto antes ese tipo de cuestión? Si se clasifica un problema es más fácil plantear un plan para resolverlo. Casi siempre, deberías hacer un dibujo o esquema rápido de la situación. Marca lo importante. Indica los valores conocidos, en una tabla o directamente en el esquema. Una vez que has hecho esto y tienes un "plan de ataque", es el momento del siguiente paso.

3. *Analyze the problem.* Analiza el problema.

Dado que ya has clasificado el problema, no debería ser demasiado difícil seleccionar las ecuaciones que se refieren a la situación. Usa el álgebra para resolver las incógnitas correspondientes. Emplea los valores adecuados en las ecuaciones, calcula el resultado y redondea con el número adecuado de cifras significativas.

4. *Learn from your efforts.* Aprende de tus esfuerzos.

Esta es, realmente, la parte más importante. Analiza tu respuesta numérica. ¿Se cumplieron tus expectativas del primer paso? La forma algebraica del resultado, antes de trabajar con números, ¿tiene sentido? Piensa sobre el problema y compáralo con otros que hayas resuelto. ¿En qué es similar? ¿En qué puntos críticos difieren? ¿Por qué se pidió este problema? Deberías haber aprendido algo resolviéndolo. ¿Puedes valorar qué es lo que has aprendido?

Para problemas complejos, quizá necesites aplicar estos cuatro pasos del proceso GOAL a "subproblemas". Para problemas muy sencillos quizá no necesites usar este

protocolo. Pero cuando estés afrontando la resolución de un problema y no sepas cómo avanzar, puede serte de utilidad.

4. COMENTARIOS GENERALES Y RESULTADOS OBTENIDOS

Los ejemplos recogidos en este trabajo son, en buena medida, resultado de la reflexión sobre cómo preparar enunciados de problemas más motivadores y próximos a la realidad para los alumnos. En las referencias se indica un trabajo excelente sobre este aspecto (5). Además, como ya se ha indicado, aparte del uso de ecuaciones y conceptos fisicoquímicos específicos, se pretende que los alumnos se formen en competencias genéricas que se consideran de interés (6).

Con este tipo de tareas, que en el caso concreto de las materias implicadas (Química I y Química II) suponen el 10% de la calificación final, se pretende que la evaluación no recaiga solo en exámenes (parciales y finales), sino que los alumnos tengan la oportunidad de redactar trabajos elaborados en equipo y apreciar cómo entornos bien conocidos por ellos, como el repositorio de vídeos Youtube, pueden ser fuentes de información. Por ejemplo, la figura 1 muestra un detalle del vídeo sugerido en el ejercicio 1, donde los alumnos pueden apreciar el distinto comportamiento, en un campo magnético, del nitrógeno y del oxígeno líquidos.



Figura 1. Imágenes que demuestran las distintas propiedades magnéticas del nitrógeno líquido (izquierda) y del oxígeno líquido (derecha).

La experiencia de los últimos años, en los que los autores hemos utilizado este tipo de ejercicios, muestra que es posible fomentar el aprendizaje de materias de química, en grupos con cerca de cien alumnos, con estrategias que favorecen la evaluación continua y la formación en competencias. Conlleva mayor tiempo de corrección, pero también el proceso de enseñanza y aprendizaje es más enriquecedor, tanto para los alumnos como para los profesores. No obstante, surgen también dudas pedagógicas. Por ejemplo, el mismo día que los alumnos entregaban una tarea con el ejercicio 8, se les pidió que calcularan, como ejercicio de evaluación, el apartado ii. Solo el 10% de los alumnos fue capaz de hacerlo, aunque el 80% lo había respondido correctamente en la tarea. De alguna manera, parece que los alumnos están evolucionando de un sistema en el que un buen porcentaje de ellos se preparaba la asignatura a base de un "impulso" próximo al examen, a otro en el que se considera que hay que hacer tareas y exámenes parciales por cumplir un "expediente" que permite aprobar. A pesar de

insistir en que consulten con los profesores a medida que realizan la tarea, no suelen hacerlo porque la llevan a la práctica poco tiempo antes de la fecha de entrega.

En todo caso, gracias a problemas como los aquí expuestos hay alumnos muy motivados que encuentran vías para fomentar esa motivación, otros con un interés moderado en la asignatura pueden apreciar que lo abordado en la materia tiene un interés en su formación y, quizá en los menos motivados, les lleve a la necesidad de que tienen que esforzarse más. Como última reflexión, se cita de nuevo (2) el trabajo de Bent y Power (7), escrito hace casi cuatro décadas y titulado "*You can't win*"; se cuestionaba que al intentar mejorar ciertos aspectos, con modificaciones de las metodologías educativas, se pierde siempre en otros, porque cualquier cambio tiene partes positivas y negativas. No obstante, los autores concluyen de forma optimista: "*… pero siempre [como docente] puedes mejorar, e intentando mejorar, no puedes perder*". En ese sentido, los autores de este trabajo también piensan que si bien no hay ninguna metodología educativa óptima para todos los alumnos, la búsqueda de nuevas vías abre posibilidades de sugerir caminos de interés para un buen número de ellos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la ayuda recibida por la Universidad Politécnica de Madrid durante el curso 2011/12, a través del proyecto de innovación educativa "Enlaces múltiples: la Química en los distintos niveles educativos".

REFERENCIAS

1. J. Martínez Urreaga, G. Pinto, *Anales de Química*, **2010**, Vol. 106, 223.
2. G. Pinto, J. Martínez Urreaga, *Metodologías educativas para la química básica de los Grados de ingeniería*. En *La química como material básica de los Grados de ingeniería*, Ed. J. Martínez Urreaga, G. Pinto, Sección de Publicaciones de la ETS de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2009), p. 81.
3. H. Seco y col., Embellecimiento de objetos de la vida cotidiana. En *Didáctica de la química y vida cotidiana*, Ed. G. Pinto, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2003), p. 143.
4. M.T. Oliver-Hoyo, J. Justice, *Journal of College Science Teaching*, **2008**, Vol. May/June, 62.
5. C. Orozco, A. Pérez, M.N. González, *Anales de Química*, **2008**, Vol. 104, 38.
6. Competencias genéricas: recursos de apoyo al profesorado.
http://innovacioneducativa.upm.es/competencias-genericas
7. H.A. Bent, J.D. Power, *Journal of Chemical Education*, **1975**, Vol. 52, 448.

LA ENERGÍA Y SU DIVULGACIÓN EN UN CONTEXTO EDUCATIVO

Ángel de Andrea González[a], *Ana Gómez Gómez*[b]
[a] Departamento de Física, Escuela Politécnica Superior
Universidad Carlos III de Madrid
[b]Departamento de Física y Química, I.E.S. Parque Aluche, Madrid
aandrea@fis.uc3m.es, agomezygomez@yahoo.es

En esta comunicación se abordará el concepto de energía desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) mediante una herramienta metodológica basada en un aprendizaje significativo y funcional, todo ello fruto de nuestra labor docente en el aula. Como profesores de Física y Química de Secundaria, Bachillerato y Universidad hemos podido comprobar que la inclusión de estos aspectos CTS en el proceso de enseñanza mejora la imagen de la ciencia, es un factor motivador, favorece el aprendizaje y el cambio conceptual, metodológico y actitudinal, contribuyendo a alfabetización científica del alumnado.

1. INTRODUCCIÓN

El término *energía* es uno de los términos científicos más utilizados en la sociedad actual. Sin embargo, no es un concepto correctamente asimilado por la mayoría de los ciudadanos. El propósito de científicos y docentes en ciencias siempre ha sido intentar corregir esta deformación conceptual.

El objetivo del presente trabajo es exponer una metodología de carácter inherentemente divulgativa para enseñar el concepto de energía, tanto en la E.S.O. y Bachillerato, como en los primeros cursos universitarios. Esta metodología está basada en un aprendizaje significativo y funcional, toda ella fruto de nuestra labor docente en el aula. El origen del aprendizaje significativo hay que situarlo en la década de los sesenta, cuando D.P. Ausubel lo acuñó para definir lo opuesto al aprendizaje repetitivo (1). Para este autor y para sus seguidores, la significatividad del aprendizaje se refiere a la posibilidad de establecer vínculos sustantivos y no arbitrarios entre lo que hay que aprender, el nuevo contenido y lo que ya se sabe, lo que se encuentra en la estructura cognitiva de la persona que aprende (sus conocimientos previos). Este aprendizaje está ligado inherentemente al aprendizaje funcional. Se entiende que un aprendizaje es funcional cuando la persona que lo ha realizado puede utilizarlo efectivamente en la situación concreta para resolver un problema determinado.

La utilización de una metodología basada en un aprendizaje significativo y funcional:

- Organiza los conocimientos en torno a núcleos significativos.
- Permite combinar el aprendizaje por recepción y el aprendizaje por descubrimiento.
- Da importancia a los procedimientos a través de la experimentación y el proceso de investigación.

- Realza el papel activo del alumno en el aprendizaje de la ciencia.
- Desarrolla actitudes de gran importancia en la formación científica y personal en el alumnado.

Hemos podido comprobar que una metodología de estas características (2-8) mejora la imagen de la ciencia, es un factor motivador, favorece el aprendizaje y el cambio conceptual, metodológico y actitudinal, contribuyendo a la integración de la ciencia en la cultura. Por otro lado, en la E.S.O. se pueden trabajar las siguientes competencias: científica, social y ciudadana, cultural y artística, aprender a aprender y autonomía e iniciativa personal. En este trabajo trataremos cuestiones como las siguientes: la razón por la cual los puertos de montaña se suben en zigzag y no en línea recta; el análisis del diferente alcance de rifles, pistolas y cañones mediante el uso del teorema de las fuerzas vivas; la preconcepción errónea del concepto de crisis de energía; el efecto de la temperatura sobre los vasos sanguíneos, aplicación del primer principio de la de la termodinámica al crecimiento y a la enfermedad…

2. LA NECESIDAD DE UN ENFOQUE CTS

La Física y Química de primer curso de Bachillerato tiene como principal objetivo que los alumnos y alumnas adquieran la capacidad de describir y comprender su entorno y explicar muchos de los fenómenos naturales que en él suceden, aplicando sus conocimientos y los procedimientos habituales del quehacer científico. Su papel educativo en el Bachillerato está relacionado con la profundización en los conocimientos trabajados en cursos anteriores. Su carácter formativo, por otro lado, hace necesario que esta asignatura contribuya también a la formación de ciudadanos críticos y, por ello, debe incluir aspectos de formación cultural como las complejas interacciones, Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), o la forma de trabajar del científico (9). La visión funcional del aprendizaje hace imprescindible tener en cuenta, además de los contenidos científicos, aspectos tecnosociales y culturales y para ello esta nueva visión va a tratar de acercar la Física a aspectos cotidianos.

3. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS DESDE UNA PESPECTIVA CTS

Nuestra experiencia nos indica que los resultados académicos mejoran si los contenidos se relacionan con fenómenos cotidianos, que son susceptibles de explicarse cualitativamente**.** Por ello, el enfoque metodológico seguido se basa en la exposición de una aplicación después del desarrollo de los contenidos. Este recurso puede ser también utilizado como actividad motivadora, de desarrollo, de refuerzo o ampliación (8-10). A modo de ejemplo, hemos seleccionado algunas de estas actividades relacionadas con la energía.

3.1. El diferente uso de las marchas del coche y su fundamento físico

Uno aspecto CTS de interés estaría relacionado con el preceptivo cambio de marchas en los vehículos. Por ello, se podría plantear en el aula la siguiente pregunta:

¿por qué los vehículos de motor suben las cuestas con marchas cortas? La respuesta estaría relacionada con la definición operativa de potencia instantánea. La potencia instantánea es el producto escalar del vector fuerza y el vector velocidad: $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$, expresión deducida por Leonhard Euler (1707–1783) en 1747. En el caso de un vehículo de motor, considerando que la fuerza motriz tiene la misma dirección y sentido que la velocidad resulta $P = F\ v$. Si despejamos la fuerza motriz obtenemos:

$$F = \frac{P}{v}$$

Expresión que pone de manifiesto que aplicando la máxima potencia, la fuerza ejercida por el motor es inversamente proporcional a la rapidez. Es decir, una marcha larga proporciona una rapidez mayor y una fuerza motriz menor y una marcha corta proporciona una rapidez menor y una fuerza motriz mayor, que es lo que interesa para subir una cuesta.

3.2. Los aspectos energéticos de la hipertensión arterial

Sería significativo señalar que en una actividad normal, una persona rinde unos 100 W y su corazón late con una potencia de 3 W. El efecto de la presión sanguínea alta es hacer que el corazón trabaje más que en condiciones normales. La potencia media disponible del corazón es el trabajo que éste realiza por unidad de tiempo para impulsar la sangre. Si la sangre avanza una distancia Δx en el tiempo t, la potencia media es:

$$P_m = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F\ \Delta x}{\Delta t} = F\ v_m$$

Donde v_m es la velocidad media de la sangre cuando sale del corazón y F es la fuerza media ejercida por el corazón sobre la sangre. Esta fuerza es precisamente la presión p ejercida por el corazón sobre la aorta multiplicada por el área de la sección transversal S de la aorta: $F = p\ S$. Luego:

$$P_m = p\ S\ v_m$$

La ecuación anterior muestra que la potencia media aumenta con la presión sanguínea. La tensión alta o hipertensión (HTA) es un término que se refiere al hecho de que la sangre viaja por las arterias a una presión mayor que la deseable para la salud. Una tensión arterial típica normal es 120/80 mmHg. Esto significa que el corazón ejerce una presión máxima de 120 mmHg durante la sístole o fase de bombeo, y que el corazón en reposo, en fase diastólica o de relleno, tiene una presión de 80 mmHg. La HTA es el aumento de la tensión arterial a 140/90 mmHg o más.

3.3. Las subidas en zigzag en los puertos de montaña

¿Por qué los puertos de montaña se suben en zigzag y no en línea recta? La respuesta errónea que suelen dar nuestros alumnos con bastante frecuencia es que en zigzag los coches realizan menos trabajo que en línea recta. Nada más lejos de la

realidad: apelando al principio de conservación de la energía, despreciando las pérdidas de energía debidas al rozamiento y suponiendo que el coche asciende con rapidez constante, el trabajo que realiza la fuerza motriz se acumula en el vehículo en forma de energía potencial gravitatoria. Esto hace suponer que si el vehículo tiene una masa "m", el trabajo para elevar éste a una altura "h" es W=mgh, es decir, independiente de la trayectoria seguida. Por otro lado, marchando el coche a la misma rapidez se emplea más tiempo en recorrer la trayectoria en zigzag que la trayectoria en línea recta. Por lo tanto, si la potencia media es el cociente entre el trabajo y el tiempo empleado, se deduce que la potencia que se requiere para la trayectoria en zigzag es menor que la requerida para realizar el recorrido en línea recta.

3.4. La velocidad metabólica

Sería interesante mostrar en el aula que el concepto de potencia no está restringido solo a las máquinas. También tiene sentido aplicarlo a los seres vivos. Así en los animales la rapidez de utilización de la energía se denomina velocidad metabólica. De esta manera, un hombre de 70 kg consume normalmente unos 10^7 J por día, cantidad ésta que depende de su actividad física, es decir, de la cantidad de trabajo mecánico que hace. Su velocidad metabólica es 121 W. La velocidad metabólica decrece hasta 75 W durante el sueño y se eleva hasta 230 W cuando se anda.

3.5. El alcance de rifles y pistolas y el teorema de las fuerzas vivas

Es bien conocido que los rifles tienen mayor alcance que las pistolas convencionales. Pero, ¿cuál es el fundamento físico de este hecho? La respuesta estaría relacionada con el teorema de las fuerzas vivas, que pone de manifiesto que "el trabajo de la fuerza resultante sobre un sistema se invierte en incrementar su energía cinética". Así pues, cuando se dispara un rifle, la fuerza F de los gases en expansión actúa sobre la bala durante una mayor distancia Δx, que coincide con la longitud del cañón del arma, y según el teorema de las fuerzas vivas

$$W = F\ \Delta x = \Delta E_c$$

esto supondría un mayor incremento sobre la energía cinética de la bala, y en consecuencia una mayor rapidez de salida de la misma, que es lo que se trata de conseguir. Uno de los errores más habituales en estos niveles, al enunciar el teorema de las fuerzas vivas, es considerar que el trabajo de la fuerza resultante produce un cambio de velocidad en el sistema sobre el que actúa dicha fuerza. Nada más lejos de la realidad, ya que la velocidad es una magnitud vectorial y realmente lo que se está produciendo es un cambio en la rapidez del sistema que es una magnitud escalar inherente a la definición de energía cinética.

3.6. Los aspectos funcionales del rendimiento de una máquina

En relación al concepto de rendimiento de una máquina, se podrían plantear a los alumnos las siguientes preguntas: ¿Por qué los coches hacen ruidos? ¿Por qué vibran?

¿Por qué arrojan humos por el tubo de escape? Las respuestas estarían relacionadas con el concepto de rendimiento: un motor de automóvil es una máquina que transforma parte de la energía química almacenada en el combustible en energía mecánica. El rendimiento de un automóvil de gasolina no suele ser superior al 15 %. Como esta transformación de energía no puede ser total, debido al segundo principio de la termodinámica, habría que introducir el concepto de rendimiento. Sería conveniente hacer reflexionar a los alumnos sobre las implicaciones físicas que tendría la existencia de un hipotético motor de automóvil, por ejemplo, con un rendimiento del 100%. Si un automóvil tuviese un motor ideal de estas características, transformaría toda la energía del combustible en trabajo, luego el automóvil no se "calentaría"; éste no arrojaría energía en forma de calor por el tubo de escape, no haría ruido, no vibraría…

3.7. La importancia de la longitud del filamento de una bombilla

En esta actividad se les plantea a los alumnos el hecho de que el filamento de una bombilla esté arrollado en espiral, de forma que si lo estiramos puede llegar a alcanzar una longitud de medio metro. Para llegar a una respuesta convincente, en primer lugar, tienen que tener presente que cuando un conductor metálico filiforme de resistencia R es recorrido por una intensidad de corriente I, en un tiempo t, disipa energía en forma de calor, debido al efecto Joule. La energía disipada en forma de calor viene dada por

$$Q = I^2 \, R \, t$$

Lo que significa que cuanto mayor sea la resistencia del conductor, mayor será la energía disipada en forma de calor, y por lo tanto mayor será el "calentamiento" del mismo. Y por último, si consideramos el filamento como un conductor de longitud L, sección S, y resistividad ρ, la resistencia del mismo viene dada por:

$$R = \rho \, \frac{L}{S}$$

Como la resistencia es directamente proporcional a la longitud, cuanto mayor sea la longitud, mayor será la resistencia, siendo así mayor la temperatura alcanzada por el filamento y produciendo una mayor luminosidad, que es de lo que se trata de conseguir.

3.8. El efecto del calor sobre los vasos sanguíneos

Es bien conocido en el campo de la Física que uno de los efectos del calor sobre los cuerpos es el de la dilatación. Efecto que también podría extrapolarse al campo de la Biología, teniendo en cuenta que los vasos sanguíneos se dilatan al absorber energía en forma de calor, hecho que permite explicar el agravamiento del problema de las varices en épocas veraniegas.

Otra cuestión de interés que se podría plantear en el aula estaría relacionada con el concepto de hipotermia: ¿sería recomendable "calentar" a alguien aquejado de hipotermia? Si se intentase calentar al accidentado bien mediante compresas

"calientes" o bien mediante masajes se produciría una dilatación súbita de los vasos sanguíneos superficiales, de modo que fluiría una gran cantidad de sangre hacia las regiones superficiales, y se produciría un déficit de riego sanguíneo en el cerebro y en el corazón. Por ello, es recomendable dejar al propio organismo que restituya las condiciones normales, envolviendo al sujeto en una manta o en una capa aislante, las cuales no "calientan", como erróneamente se suele pensar, sino que minimizan las pérdidas de energía en forma de calor.

3.9. Primer principio de la termodinámica, crecimiento y enfermedad

Los españoles vienen observando desde hace varias generaciones que los hijos alcanzan de adultos tallas superiores a sus progenitores. Sin desmerecer el efecto de la alimentación, muchas son las causas de este hecho. Por ello, hacemos reflexionar al alumno sobre la posible causa física de este fenómeno, apelando al primer principio de la termodinámica, que no es más que el principio de conservación de la energía, y considerando el cuerpo humano como un sistema termodinámico. Bien es cierto que en el crecimiento la energía interna que se obtiene de los alimentos se dedica, casi exclusivamente, al desarrollo corporal. Ahora bien, si al niño se le somete a trabajos físicos se produciría una merma de esa energía interna que se requiere para un crecimiento normal: parte de la esta energía interna se disiparía en forma de calor, por el hecho de que la fuerza muscular es no conservativa, y parte de esta energía interna se transformaría en trabajo mecánico.

Siguiendo el razonamiento anterior, se recomienda guardar cama en un proceso viral, como la gripe, con objeto de que el organismo utilice prácticamente toda su energía interna en combatir al virus, ya que de no hacerlo parte de la energía interna del organismo se invertiría en la realización de las actividades cotidianas como trabajar.

El principio de conservación de la energía permite también explicar la fatiga que experimenta, por ejemplo, un enfermo de cáncer: cualquier tipo de cáncer es un tumor que crece anormalmente y utiliza energía interna dentro del sistema que se utilizaría para otras actividades.

4. CONCLUSIÓN

Desde un punto de vista de un aprendizaje significativo, funcional e interdisciplinar, la explicación en el aula de fenómenos relacionados con la energía y que ocurren en la vida cotidiana, además de mejorar notablemente el aprendizaje de la Física, induce en el alumnado un cierto interés en esta disciplina, así como una mejora en su capacidad de razonamiento. De esta forma el alumnado comprueba que la Física no está tan alejada de la cultura general como solía pensar.

REFERENCIAS

1. D. Ausubel, J. Novak, H. Hanesian, *Educational psychology: A cognitive view,*

Holt, Rinehart y Winston, New York (1978).
2. A. Gómez, A. de Andrea, *Revista Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales,* **2003**, *Vol. 37,* 99-105.
3. A. Gómez, A. de Andrea, en *Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos*, pp. 61-66, G. Pinto (Ed.), Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2005).
4. A. de Andrea, A. Gómez, en *Aprendizaje activo de la Física y la Química,* G. Pinto (Ed.), Equipo Sirius, Madrid (2007).
5. A. Gómez, A. de Andrea, *La Química como materia básica de los grados de ingeniería*, pp-139-147, J. Martínez Urreaga y G. Pinto (Ed.), Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2009).
6. A. Gómez, A. de Andrea, *La Química como materia básica de los grados de ingeniería*, pp-131-138, Ibíd.
7. J. Aguilar, F. Senent, *Cuestiones de Física,* Reverté. Barcelona (1994).
8. I. Píñar, A. de Andrea, A. Gómez, *Física,* Editorial Edelvives, Zaragoza (2003).
9. J.A. Acevedo. *Enseñanza de las Ciencias* **1996** ,14(1), 35-44
10. W. Bauer, G. Westfall, *Física para Ingeniería y ciencias,* Mc-Graw Hill, Mexico (2011).

NUEVA DIDÁCTICA DEL ELECTROMAGNETISMO

José Damián Catalá Galindo, Manuel Caravaca Garratón, José Abad López
Departamento de Física Aplicada, E.T.S. de Ingeniería Industrial
Universidad Politécnica de Cartagena
josed.catala@upct.es

Presentamos una nueva obra de Electromagnetismo en cuatro volúmenes:
- "Electromagnetismo: Electrostática" (ya publicado).
- "Electromagnetismo: Campos magnéticos" (en fase última de preparación).
- "Electromagnetismo: Ondas electromagnéticas" (en fase de preparación).
- "Electromagnetismo: Técnicas experimentales" (ya publicado).
Esta obra presenta como novedad la metodología empleada, con todos sus contenidos interconectados. Todo el conjunto resulta una obra completa rica en aplicaciones, y siempre estructurada y pensada para el alumno.

1. METODOLOGÍA

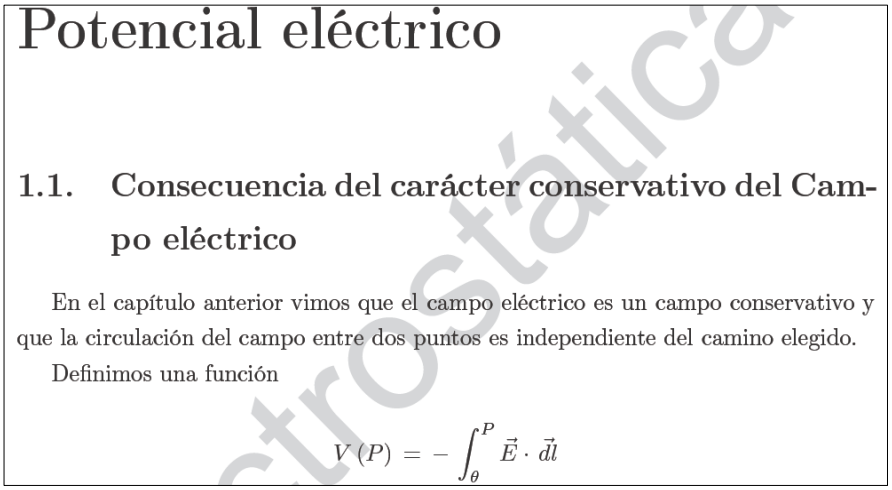
En un principio parece que la obra es similar a todas las existentes, pero difiere en la metodología y en la aplicación práctica. Hacemos mención a Séneca, que sostenía: *"Largo es el camino de la enseñanza por medio de teorías; breve y eficaz por medio de ejemplos"*. Muchos textos sugieren ejercicios prácticos, e incluso algunos de ellos se presentan como explicación teórica, pero difieren de la metodología que nosotros presentamos. En nuestros libros, la conexión y el desarrollo coherente tienen un interés sumamente relevante, y por ello cada aplicación ha sido escogida con sumo cuidado para construir el conocimiento y desarrollar las capacidades en el alumno de forma gradual (1).

Toda nuestra obra viene precedida del análisis de las necesidades que nuestros alumnos plantean para su aprendizaje. La información necesaria para conectar con ellos, a través de nuestra obra, la hemos obtenido de encuestas, entrevistas personales y consultas de foros en nuestra universidad, en la UNED, y en la Universidad de Murcia.

En todo el desarrollo, en las aplicaciones y en los ejercicios, deseamos potenciar la capacidad de profundizar en los conocimientos matemáticos que impregnan a toda la obra del rigor necesario para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje del alumno. Partimos siempre desde el inicio del conocimiento fenomenológico hasta el desarrollo más complejo. No ajustamos los distintos contenidos a diferentes niveles, ni encorsetamos o parcelamos la información según la edad o el nivel del alumno. Corresponde al profesor establecer, a la luz de las competencias a desarrollar, la guía didáctica que presentará para el aprendizaje del estudiante, seleccionando él mismo los contenidos y los niveles de éstos. Con todo ello aseguramos la capacidad de modelar cualquier fenómeno electromagnético y trasladarlo a un lenguaje matemático para su análisis e interpretación.

En la configuración de cada tema, comenzamos siempre desde el concepto más general, como se puede observar, por ejemplo, en la Figura 1 para la definición de la función *potencial eléctrico*.

Establecemos un objetivo básico a lo largo del tema, en este caso la determinación del potencial eléctrico creado por cierta distribución de carga a través de distintos métodos. En primer lugar, a partir del *campo eléctrico*, donde establecemos el potencial como campo escalar a partir del cual deriva el campo vectorial. Posteriormente, presentamos otro método para determinar dicho potencial, como es la utilización de las ecuaciones de Poisson o Laplace, en dependencia de una o más coordenadas (ver Figura 2).



Potencial eléctrico

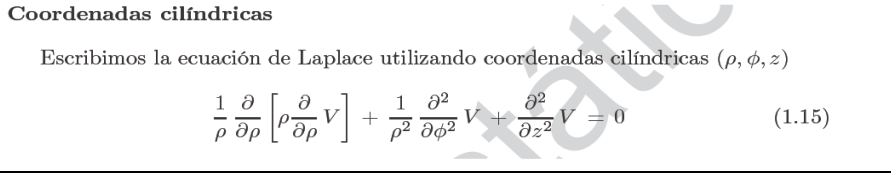
1.1. Consecuencia del carácter conservativo del Campo eléctrico

En el capítulo anterior vimos que el campo eléctrico es un campo conservativo y que la circulación del campo entre dos puntos es independiente del camino elegido.

Definimos una función

$$V(P) = -\int_{\theta}^{P} \vec{E} \cdot \vec{dl}$$

Figura 1. Introducción al potencial eléctrico.



Coordenadas cilíndricas

Escribimos la ecuación de Laplace utilizando coordenadas cilíndricas (ρ, ϕ, z)

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial\rho}\left[\rho\frac{\partial}{\partial\rho}V\right] + \frac{1}{\rho^2}\frac{\partial^2}{\partial\phi^2}V + \frac{\partial^2}{\partial z^2}V = 0 \qquad (1.15)$$

Figura 2. Potencial eléctrico determinado a partir de la ecuación de Laplace.

El método de las imágenes es el tercero que empleamos para determinar el potencial eléctrico. Si realizamos el desarrollo en serie del potencial en función de la distancia, encontramos la posibilidad de sustituir nuestra distribución de carga por una serie de monopolos, dipolos y cuadripolos, y la determinación del potencial creado por ellos es una buena aproximación al potencial creado por nuestra distribución de carga.

Por último utilizamos métodos numéricos, como el método de las diferencias finitas para la determinación del potencial, como vemos en la figura 3.

1.10.1. Método de las diferencias finitas

La idea consiste en transformar las ecuaciones diferenciales que representan las ecuaciones de Poisson y de Laplace, en un sistema de ecuaciones algebraicas.

Suponemos que la transformación es un problema bidimensional en coordenadas cartesianas, cuyo dominio puede ser reticulado. Creamos una malla de nudos o puntos de red con un paso de malla uniforme a, tal y como se muestra en la figura 1.23.

Vamos a utilizar el desarrollo de Taylor para determinar los potenciales en los puntos de red 1, 2, 3 y 4, a partir del potencial en el nudo central O. Así el potencial en el punto 1 es

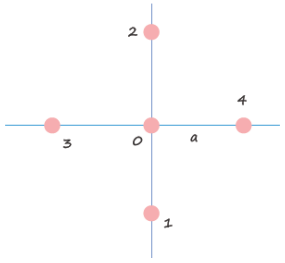


Figura 1.23: Red o malla de paso a.

$$V_1 = V_0 - \left(\frac{\partial V}{\partial y}\right) a + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 V}{\partial y^2}\right) a^2$$

Figura 3. Método de las diferencias finitas.

Cada método tratado está acompañado de aplicaciones, con distinto grado de dificultad, que ponen de manifiesto todo lo estudiado. En la Figura 4 observamos un ejercicio simple de la determinación del potencial a través de la función potencial.

Para otro método, como la utilización de la ecuación de Laplace o Poisson, estudiamos la dependencia en una y más coordenadas, tanto rectangulares como curvilíneas. Un ejemplo típico se aprecia en la Figura 5.

De esta forma presentamos siempre aplicaciones prácticas cuidadosamente escogidas para todos los apartados estudiados.

Una vez concluida la exposición de las aplicaciones, entramos en otro capítulo del libro: los ejercicios resueltos.

En esta sección, los ejercicios están clasificados según la parte teórica tratada y están expuestos con la misma filosofía que hemos utilizado en los aspectos teóricos. La resolución de los mismos no es más que una aplicación de los aspectos tratados previamente. Pretendemos que esta sección proporcione al tutor o profesor responsable las orientaciones precisas para fomentar en el alumno el trabajo en equipo y que éste aborde con los compañeros de su grupo aquellas tareas cooperativas que permitan analizar resultados, estudiar aportaciones de otros compañeros, discutir ideas y establecer las consultas tutoriales oportunas.

➪ Disponemos de una esfera de radio R que presenta una distribución de carga

$$\rho = \begin{cases} A/r & 0 < r < R \\ 0 & r > R \end{cases}$$

donde r es la distancia al centro de la distribución, y A es una constante. Determina el potencial eléctrico en todas las regiones.

Nos desplazamos desde el origen de potenciales hasta el punto P, a una distancia r del centro de la distribución, tal y como observamos en la figura 1.5. El potencial en el punto P es

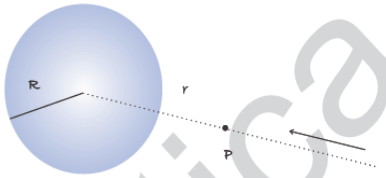


Figura 1.5: Esfera de radio R con una distribución de carga $\rho = A/r$.

$$V(P) = -\int_{\infty}^{r} \vec{E}_e \cdot \vec{dr} \qquad (1.8)$$

Figura 4. Determinación del potencial a través de la función potencial.

➪ Consideramos dos conos coaxiales como se indica en la figura 1.44. De forma que para θ_2, el potencial es V_2, y para θ_1, el potencial es V_1. Si para un punto a cierta distancia R del centro, y con un ángulo igual a θ_1, el campo eléctrico es $E_0\,\hat{\theta}$, determina la diferencia de potencial entre ambos conos.

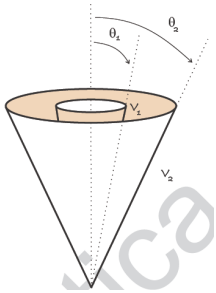
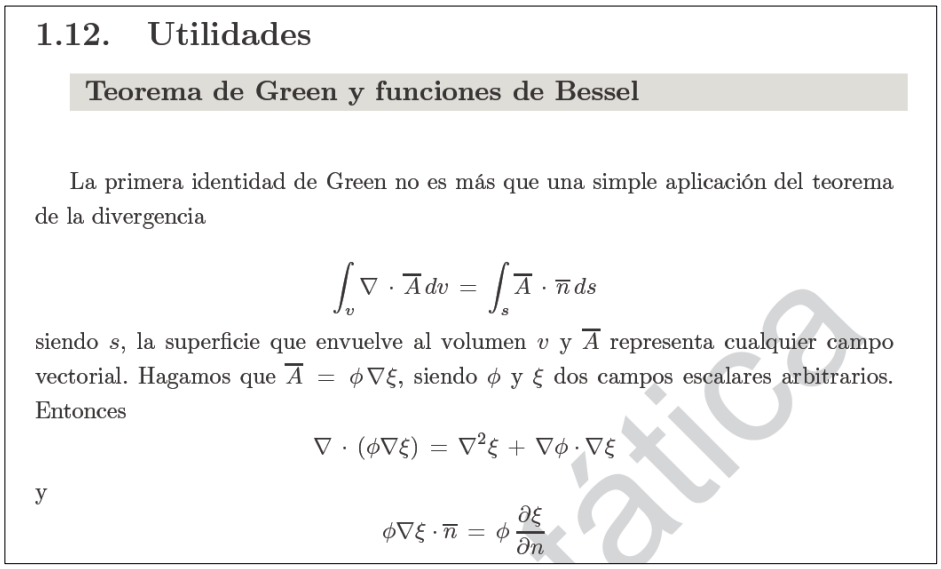


Figura 5. Aplicación de la ecuación de Laplace para la determinación del potencial eléctrico.

Todo este proceso está enfocado a que el alumno *aprenda a aprender,* y hagamos realidad las palabras de Benjamín Franklin: *"Dímelo y lo olvido. Enséñamelo y lo recuerdo. Involúcrame y lo aprendo".*

En todos los capítulos de la obra nos encontramos con una sección que titulamos *"Utilidades"*. En ella reflejamos aquellos aspectos matemáticos relevantes para aplicar a los fenómenos electromagnéticos que tratamos, con el objetivo de facilitar al alumno su aprendizaje y evitar la falta de efectividad debida a la carencia de información complementaria. De esta forma, observaremos cómo

en el capítulo del potencial eléctrico abordamos el teorema de Green y las funciones de Bessel, tal y como apreciamos en la Figura 6.



1.12. Utilidades

Teorema de Green y funciones de Bessel

La primera identidad de Green no es más que una simple aplicación del teorema de la divergencia

$$\int_v \nabla \cdot \overline{A}\, dv = \int_s \overline{A} \cdot \overline{n}\, ds$$

siendo s, la superficie que envuelve al volumen v y $\overline{A}$ representa cualquier campo vectorial. Hagamos que $\overline{A} = \phi \nabla \xi$, siendo ϕ y ξ dos campos escalares arbitrarios. Entonces

$$\nabla \cdot (\phi \nabla \xi) = \nabla^2 \xi + \nabla \phi \cdot \nabla \xi$$

y

$$\phi \nabla \xi \cdot \overline{n} = \phi \frac{\partial \xi}{\partial n}$$

Figura 6. Utilidades: Teorema de Green y funciones de Bessel.

La última parte de cada capítulo la titulamos "*Cuestiones prácticas"*, sección donde tratamos temas interesantes, como fenómenos que ocurren en la naturaleza, orígenes de los fenómenos electromagnéticos que hemos tratado durante la exposición del capítulo, o bien ciertas curiosidades. En referencia al capítulo que hemos tomado como muestra, abordamos la existencia de los rayos, intentamos comprender la naturaleza de éstos y fomentamos un estudio posterior con referencias apropiadas (ver Figura 7).

2. PRÁCTICAS DE LABORATORIO

El volumen cuarto de la obra, *Electromagnetismo: Técnicas experimentales,* presenta una estructura totalmente distinta. Con este volumen pretendemos potenciar en el alumno la capacidad de medida, de interpretación y de diseño en las experiencias desarrolladas en el área del Electromagnetismo (2).

La didáctica seguida está basada en la comprensión, en el aprendizaje significativo y en un nuevo enfoque para el procesamiento de la información. De esta forma estructuramos el desarrollo de las competencias básicas en el proceso experimental que seguimos en esta obra.

No queremos que el protagonismo esté centrado en el profesor, ni tampoco en el alumno, sino en la relación entre ambos. Si lo conseguimos, potenciamos el desarrollo de los procesos lógicos del pensamiento y contribuimos a la formación

de las habilidades del estudiante. Para conseguir esta metodología ha sido necesario crear unas prácticas flexibles, abiertas, dinámicas y a la vez sencillas, siempre enmarcadas en un contexto que favorezca la toma de decisiones.

En un principio, explicamos las técnicas que hemos de seguir para las operaciones básicas en la realización de las medidas pertinentes, como observamos, por ejemplo, en la Figura 8.

Todas las prácticas están basadas en montajes diseñados y estudiados por PHYWE, ya que estos responden plenamente a los objetivos que queremos conseguir. Cada práctica contiene unos objetivos, siempre orientados a la consecución de las competencias pertinentes. Presentamos, primeramente un breve fundamento teórico, esencial para que los estudiantes interrelacionen la parte teórica de la asignatura con los fenómenos electromagnéticos que vamos a estudiar. Seguidamente introducimos un esquema con el material y el montaje experimental de la práctica, siempre apoyado con fotografías de los mismos (gentileza de PHYWE), que ayudará a comprender los objetivos trazados.

En el desarrollo de la práctica guiamos en todo momento al estudiante, para que éste comprenda y analice de forma satisfactoria los fenómenos electromagnéticos tratados, elabore la presentación de sus datos experimentales y resuelva una serie de cuestiones orientadas al desarrollo y fijación de los conceptos tratados. Es punto clave es fomentar su responsabilidad científica.

Finalmente, para los profesores y estudiantes que quieran profundizar en una determinada práctica, hemos incluido una serie de lecturas recomendadas a diferentes niveles.

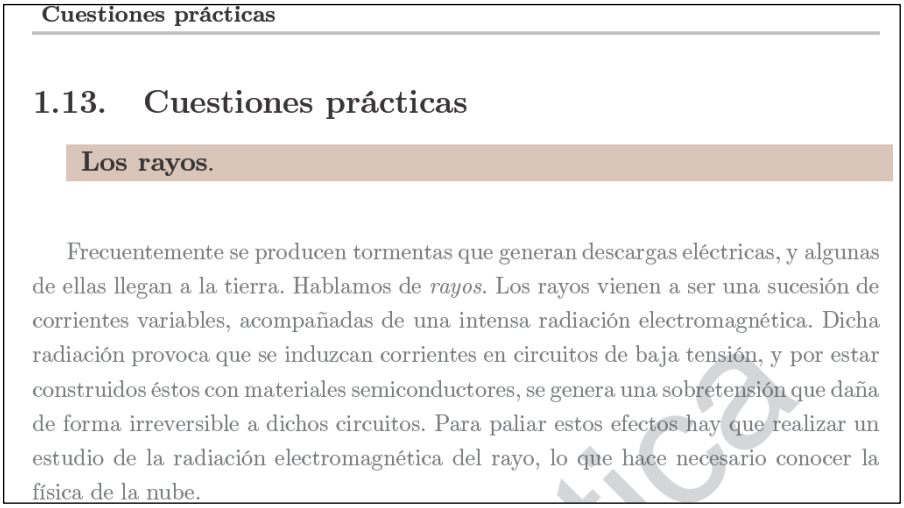
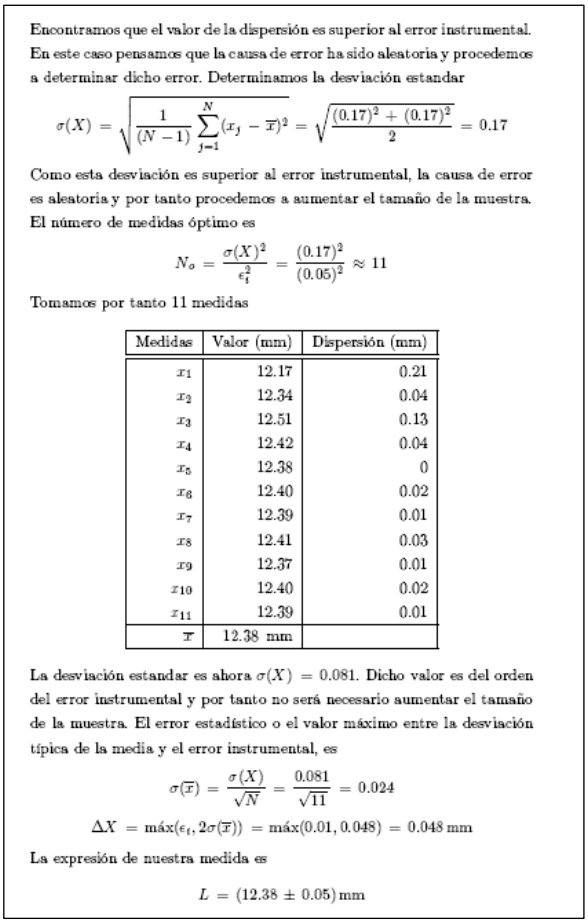


Figura 7. Ejemplo de una de las cuestiones prácticas desarrolladas.



Encontramos que el valor de la dispersión es superior al error instrumental. En este caso pensamos que la causa de error ha sido aleatoria y procedemos a determinar dicho error. Determinamos la desviación estandar

$$\sigma(X) = \sqrt{\frac{1}{(N-1)}\sum_{j=1}^{N}(x_j - \overline{x})^2} = \sqrt{\frac{(0.17)^2 + (0.17)^2}{2}} = 0.17$$

Como esta desviación es superior al error instrumental, la causa de error es aleatoria y por tanto procedemos a aumentar el tamaño de la muestra. El número de medidas óptimo es

$$N_o = \frac{\sigma(X)^2}{\epsilon_i^2} = \frac{(0.17)^2}{(0.05)^2} \approx 11$$

Tomamos por tanto 11 medidas

Medidas	Valor (mm)	Dispersión (mm)
x_1	12.17	0.21
x_2	12.34	0.04
x_3	12.51	0.13
x_4	12.42	0.04
x_5	12.38	0
x_6	12.40	0.02
x_7	12.39	0.01
x_8	12.41	0.03
x_9	12.37	0.01
x_{10}	12.40	0.02
x_{11}	12.39	0.01
$\overline{x}$	12.38 mm	

La desviación estandar es ahora $\sigma(X) = 0.081$. Dicho valor es del orden del error instrumental y por tanto no será necesario aumentar el tamaño de la muestra. El error estadístico o el valor máximo entre la desviación típica de la media y el error instrumental, es

$$\sigma(\overline{x}) = \frac{\sigma(X)}{\sqrt{N}} = \frac{0.081}{\sqrt{11}} = 0.024$$

$$\Delta X = \text{máx}(\epsilon_i, 2\sigma(\overline{x})) = \text{máx}(0.01, 0.048) = 0.048\,\text{mm}$$

La expresión de nuestra medida es

$$L = (12.38 \pm 0.05)\,\text{mm}$$

Figura 8. Ejemplo de técnicas necesarias para el desarrollo de las prácticas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al Departamento de Física de la Universidad Politécnica de Cartagena su apoyo y predisposición para la ayuda en el desarrollo de la obra y, en especial, al catedrático Dr. Carlos González, por sus comentarios y útiles discusiones. Asimismo, agradecen a PHYWE la disposición de los montajes experimentales y las fotografías de los mismos.

REFERENCIAS

1. J.D. Catalá, *Electrostática*, Quiasmo (2009).
2. J.D. Catalá, M. Caravaca, J. Abad, S. Gómez, *Electromagnetismo: técnicas experimentales*, Alfonso XIII (2012).

CICLOS TERMODINÁMICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

David Tudela Moreno
Departamento de Química Inorgánica, Facultad de Ciencias
Universidad Autónoma de Madrid
david.tudela@uam.es

Como ejemplos de actividades que implican diferentes tipos de ciclos termodinámicos, se propone estudiar el potencial de reducción de metales, las entalpías de disolución de compuestos iónicos, la no existencia de los bisulfitos de sodio y potasio en estado sólido, y las diferentes estructuras de los ácidos fosforoso y arsenioso.

1. INTRODUCCIÓN

Los ciclos termodinámicos permiten racionalizar muchos hechos aparentemente sorprendentes en Química General y Química Inorgánica (1), al tiempo que mejoran la comprensión de diversos conceptos como las entalpías de atomización, sublimación, vaporización e hidratación, energía reticular, energía de disociación de enlace, energías de ionización y afinidades electrónicas, así como de los procesos endotérmicos y exotérmicos (2). Sin embargo, para conseguir esos objetivos, los ciclos no deben ser rutinarios ni poder ser hechos de forma mecánica, sino que deben suponer un desafío que obligue a pensar a los estudiantes.

En toda reacción química hay que romper unas interacciones y se forman otras nuevas, y el balance energético de las interacciones rotas y formadas nos indica si una reacción tendrá lugar o no. Los ciclos termodinámicos nos ilustran perfectamente ese principio, pues muestran, explícita y gráficamente, todos los procesos energéticos que intervienen en una reacción. Con objeto de que los estudiantes razonen continuamente a lo largo del ejercicio, es importante que se les proporcionen más datos de los que deben utilizar, para que deban seleccionarlos ellos mismos y no utilizarlos de forma mecánica. En ese sentido, en el caso de que una reacción implique la rotura y formación de enlaces covalentes, resulta muy útil proporcionarles las energías de enlace en forma de la tabla diseñada por Kildahl que contiene, de forma esquemática, los principales enlaces entre los elementos de la tabla periódica (3). En este trabajo se proponen algunas actividades relacionadas con los potenciales de reducción de iones metálicos, que no varían del mismo modo al bajar en los diferentes grupos de la tabla periódica, las entalpías de disolución y la solubilidad de compuestos iónicos, que no varían del mismo modo al aumentar el tamaño de los iones, la no existencia de los bisulfitos de sodio y potasio en estado sólido, a pesar de ser compuestos de los que se habla habitualmente (como conservantes alimentarios), y la diferente estructura de los ácidos fosforoso y arsenioso, como ejemplo de algunas reacciones que implican la rotura y formación de enlaces covalentes. Con objeto de simplificar los procesos energéticos considerados, se ha obviado la pequeña diferencia entre energía y entalpía, que no afecta a las tendencias generales observadas.

2. SERIE DE ACTIVIDAD DE METALES

La serie de actividad de los metales (o serie electroquímica) refleja el poder reductor de los mismos y su capacidad de desplazar a otro metal de sus compuestos, siendo el litio el metal más activo y el oro el más noble (4). La actividad de los metales no varía de un modo regular al bajar en los diferentes grupos de la tabla periódica. Así, al bajar en el grupo de los metales alcalinotérreos, los metales van siendo más activos, con potenciales de reducción que van desde -1,85 V para el sistema Be^{2+}/Be hasta -2,90 V para el Ba^{2+}/Ba. Sin embargo, la actividad de los metales del grupo 13 disminuye al bajar en el grupo, aumentando los potenciales de reducción desde -1,66 V para el sistema Al^{3+}/Al hasta + 0,72 V para el Tl^{3+}/Tl. Por otra parte, en los metales alcalinos no se sigue un orden regular, siendo Li el metal más reductor, con un potencial Li^{+}/Li de -3,03 V, y Na el menos (E^0 Na^{+}/Na = -2,71 V), con valores intermedios para K, Rb y Cs. Estos diferentes comportamientos pueden comprenderse mejor si consideramos el proceso M (s) → M^{n+} (ac) dividido en los pasos de sublimación del metal, ionización e hidratación de los iones metálicos (5), como se muestra en la Figura 1 para los metales trivalentes. Así, por ejemplo, puede comprenderse que el litio sea el metal más activo de los alcalinos, pues, aunque tiene la mayor entalpía de sublimación y la mayor energía de ionización (procesos endotérmicos), su elevada entalpía de hidratación (proceso exotérmico), consecuencia de su pequeño tamaño, compensa los otros factores.

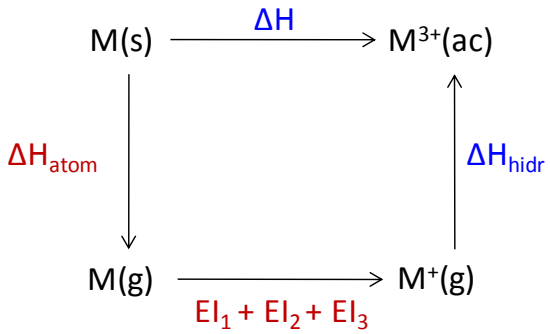


Figura 1. Ciclo termodinámico para el proceso M (s) → M^{3+} (ac).

A la vista de la Figura 1, $\Delta H = \Delta H_{atom} + EI_1 + EI_2 + EI_3 + \Delta H_{hidr}$, y los alumnos deben tomar los datos necesarios de una tabla que contiene los datos principales para los elementos del grupo. En todos los grupos de la tabla periódica, se observa una relación entre el valor de ΔH, calculado mediante el correspondiente ciclo termodinámico, para el proceso M (s) → M^{n+} (ac), y el potencial del sistema M^{n+}/M, como se muestra en la tabla 1, para los metales del grupo 13. Como puede verse, cuanto mayor es ΔH para la reacción M (s) → M^{3+} (ac), menos tendencia tiene el metal a la oxidación y menos negativos son los potenciales de reducción del sistema M^{3+}/M.

Tabla 1. Parámetros energéticos (kJ·mol^{-1}) y potenciales de reducción (v) para los metales del grupo 13, donde ΔH_{sub} es la entalpía de sublimación, que coincide con ΔH_{atom} y ΔH es la variación de entalpía del proceso M (s) $\rightarrow M^{3+}$(ac).

	Al	Ga	In	Tl
ΔH_{sub}	324	272	244	180
$EI_1 + EI_2 + EI_3$	5140	5520	5083	5439
ΔH_{hidr} (M^{3+})	-4678	-4692	-4091	-4106
ΔH	786	1100	1236	1513
E^0 (M^{3+}/M)	-1,66	-0,53	-0,34	+0,72

Una representación de ΔH (de la semirreacción de reducción, en vez de la de oxidación determinada en la tabla anterior) frente a E^0 muestra una dependencia esencialmente lineal (r = -0,994), como puede verse en la Figura 2.

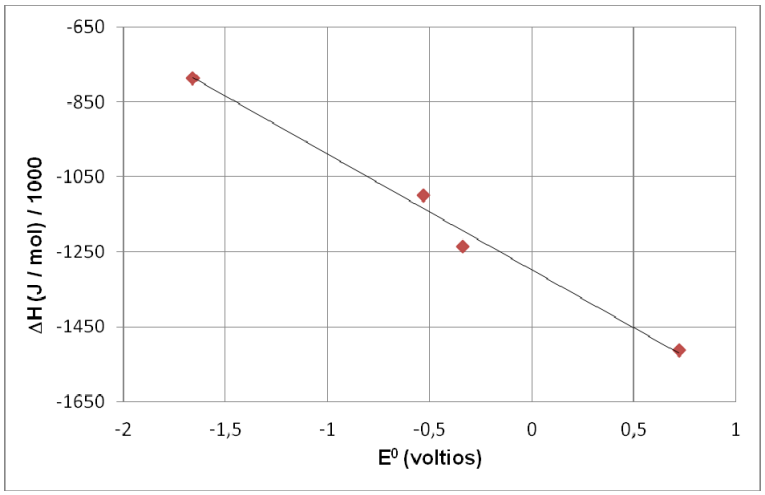


Figura 2. Representación de ΔH para el proceso M^{3+} (ac) $\rightarrow$ M (s) frente a E^0 (M^{3+}/M) para los metales del grupo 13.

El ciclo termodinámico mostrado en la Figura 1, el cálculo de ΔH y su relación con E^0, y la representación de ΔH (en J·mol^{-1}) frente a E^0, representan un ejercicio muy interesante para los estudiantes, que se complementa cuando se les pide que dividan la pendiente de la recta entre 96485 y justifiquen el resultado obtenido. Ese cociente da 3,2 ± 0,2 y se corresponde con los tres electrones intercambiados en el proceso. En efecto, las ecuaciones $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ y $\Delta G = - nFE^0$, conducen a $\Delta H = T\Delta S - nFE^0$. Por tanto, si ΔS es semejante para los cuatro metales, la representación de ΔH frente a E^0 debe dar una recta de pendiente – nF. El signo – se elimina si tenemos en cuenta que hemos calculado ΔH para el proceso M (s) $\rightarrow$ M^{3+} (ac), mientras que el potencial de reducción, E^0, se refiere al proceso contrario.

3. ENTALPÍAS DE DISOLUCIÓN DE COMPUESTOS IÓNICOS

El proceso de disolución de compuestos iónicos en agua puede ser separado en los procesos de pasar de los sólidos iónicos a los iones gaseosos (energía reticular, U) e introducir los iones gaseosos en disolución acuosa para formar los iones hidratados (entalpías de hidratación, ΔH_{hidr}, del catión y del anión), como se muestra en la Figura 3 para sales de iones monovalentes como los haluros alcalinos.

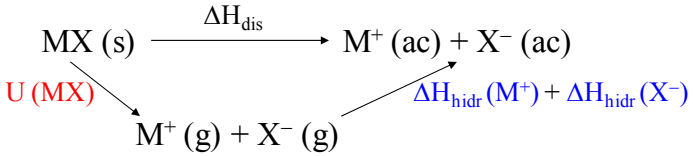


Figura 3. Ciclo termodinámico para la disolución de compuestos iónicos MX en agua

A la vista de la figura 3, la entalpía de disolución se relaciona con la energía reticular y las entalpías de hidratación de los iones, como se muestra en la ecuación 1, y los datos correspondientes a los haluros alcalinos se muestran en la tabla 2:

$$\Delta H_{dis} = U + \Delta H_{hidr}\,(M^+) + \Delta H_{hidr}\,(X^-) \qquad [1]$$

Tabla 2. Entalpías de hidratación de los cationes (6) y energías reticulares (7) de los haluros alcalinos (kJ·mol^{-1}).

.

	Li	Na	K	Rb	Cs
ΔH_{hidr} (M^+)	-519	-409	-322	-293	-264
U (MF)	1049	930	829	795	759
U (MCl)	864	790	720	695	670
U (MBr)	820	754	691	668	647
U (MI)	764	705	650	632	613

Para discutir cómo varía la entalpía de disolución con el tamaño de los cationes y los aniones, propongo que los alumnos calculen la entalpía de disolución de los haluros alcalinos, pidiendo que cada uno calcule uno o dos valores y los pongan en común con los compañeros de su grupo, para discutir si debe aumentar o disminuir al aumentar el tamaño del catión o del anión. Así, utilizando los datos indicados en la tabla 2 y las entalpías de hidratación (en kJ·mol^{-1}) de los aniones F^- (-515), Cl^- (-381), Br^- (-347) e I^- (-305) (6), los alumnos llegan a las siguientes conclusiones:

- Para las sales de Li^+ y Na^+, la disolución en agua es más exotérmica al aumentar el tamaño del anión.
- Para las sales de K^+, Rb^+ y Cs^+, la disolución en agua es más endotérmica al aumentar el tamaño del anión.
- Para las sales de F^-, la disolución en agua es más exotérmica al aumentar el tamaño del catión.

- Para las sales de Cl^-, Br^- e I^- la disolución en agua es más endotérmica al aumentar el tamaño del catión.

Por tanto, al poner en común las conclusiones de los distintos grupos, los alumnos comprueban que la variación no es la misma en todos los casos, y se puede dirigir el razonamiento para notar los siguientes hechos:

1) Para sales de iones pequeños, la disolución en agua es más endotérmica cuando el contraión es también pequeño.
2) Para sales de iones voluminosos, la disolución en agua es más endotérmica cuando el contraión es también voluminoso.

Para justificar estas tendencias, los estudiantes deben comprender previamente como varían las energías reticulares y las entalpías de hidratación con el tamaño de los iones. La atracción electrostática entre cationes y aniones (energía reticular) y entre los iones y los dipolos de las moléculas de agua (entalpía de hidratación), es mayor cuanto menor es la distancia que separa las cargas de distinto signo; es decir, cuanto más pequeños son los iones. En este sentido, es útil repasar los valores de la Tabla 2 y las entalpías de hidratación de los haluros, y comentar su variación con el tamaño de los iones. A la vista de la figura 3, el proceso de disolución es más endotérmico cuando la energía reticular es alta (cationes y aniones pequeños) o cuando las entalpías de hidratación son pequeñas, en valor absoluto (cationes y aniones grandes). Sin embargo, cuando uno de los iones es pequeño y el otro voluminoso, el ion voluminoso hace que la distancia catión-anión sea larga, dando lugar a una baja energía reticular, mientras que el ion pequeño tendrá una alta entalpía de hidratación, haciendo que el proceso de disolución sea exotérmico.

Las entalpías de disolución son importantes, entre otros motivos, porque encuentran aplicaciones prácticas en las bebidas autocalentables (8, 9) y porque permiten explicar las tendencias generales de la solubilidad de los compuestos iónicos, aunque los cambios de entropía juegan también un papel muy importante en la disolución. Así, LiF es el menos soluble de los haluros de litio y de los fluoruros alcalinos, mientras que CsI es el menos soluble de los haluros de cesio y de los yoduros alcalinos. De acuerdo con lo discutido anteriormente sobre la variación de las entalpías de disolución con el tamaño de los iones, podemos generalizar que las sales menos solubles son las de aniones pequeños con cationes pequeños y las de cationes voluminosos con aniones voluminosos. Como ejemplo de esta generalización, en otro grupo de la tabla periódica, el sulfato (ion voluminoso) alcalinotérreo más insoluble es el de bario, mientras que el hidróxido de bario es el hidróxido alcalinotérreo más soluble, puesto que OH^- es un ion pequeño. Aprovechando que el hidróxido de magnesio es menos soluble que el de calcio, el magnesio se extrae del agua de mar precipitando $Mg(OH)_2$ por adición de $Ca(OH)_2$.

4. BISULFITOS DE METALES ALCALINOS

La lista de aditivos alimentarios admitidos por la Unión Europea incluye, entre los conservantes, sulfitos, bisulfitos y metabisulfitos de sodio y potasio, que se añaden, por ejemplo, a vinos y cervezas. Así, en la lista de aditivos encontramos sulfito sódico,

Na_2SO_3 (E221), sulfito ácido de sodio (bisulfito sódico), $NaHSO_3$ (E222), metabisulfito sódico, $Na_2S_2O_5$ (E223), metabisulfito potásico, $K_2S_2O_5$ (E224), y sulfito ácido de potasio (bisulfito potásico), $KHSO_3$ (E228). Un hecho poco conocido es que los bisulfitos de sodio y potasio, aunque estables en disolución acuosa, no existen en estado sólido porque, al concentrar sus disoluciones acuosas, se deshidratan, cristalizando los correspondientes metabisulfitos (10). Por otra parte, al disolver en agua los metabisulfitos de sodio y potasio, se forman disoluciones de los bisulfitos. Teniendo en cuenta que los aditivos se comercializan generalmente en estado sólido, el conservante alimentario E222 ($NaHSO_3$) es el mismo que E223 ($Na_2S_2O_5$) y el E228 ($KHSO_3$) el mismo que E224 ($K_2S_2O_5$). Evidentemente, al disolver en agua E223 y E224 se forman, respectivamente, E222 y E228, pero, si nos atenemos a los productos añadidos, la Unión Europea debería revisar la lista de aditivos alimentarios admitidos (11).

Aunque puede resultar sorprendente la no existencia en estado sólido de los bisulfitos de sodio y potasio, teniendo en cuenta que son compuestos de los que se habla habitualmente como aditivos alimentarios, el hecho de que tampoco exista el bisulfito de litio, pero sí los de rubidio y cesio, señala una interesante relación de la estabilidad de estos compuestos con el tamaño del catión. Como sucede habitualmente cuando encontramos tendencias aparentemente sorprendentes, un ciclo termodinámico nos resulta muy útil para comprenderlo, al separar los distintos procesos en que podemos descomponer la reacción final (1), y la Figura 4 nos muestra el ciclo termodinámico para la transformación de un bisulfito en un metabisulfito y nos permite comparar la estabilidad relativa de ambos compuestos (10).

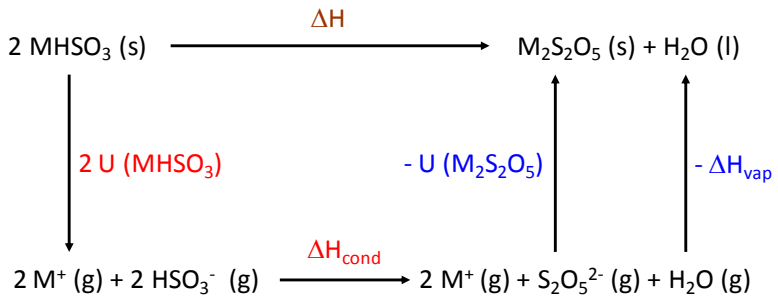


Figura 4. Ciclo para la transformación de bisulfitos alcalinos en metabisulfitos.

Como puede verse, ΔH para la transformación de un bisulfito alcalino en el correspondiente metabisulfito se puede calcular mediante la ecuación:

$$\Delta H = 2\ U(MHSO_3) - U(M_2S_2O_5) + \Delta H_{cond} - \Delta H_{vap}(H_2O) \qquad [2]$$

Donde ΔH_{cond} es el cambio de entalpía para la reacción en fase gaseosa en que dos iones HSO_3^- se condensan para formar un ion $S_2O_5^{2-}$ y una molécula de agua. Podemos ver que ΔH_{cond} y $\Delta H_{vap}(H_2O)$ son independientes del catión alcalino, mientras que los únicos términos que dependen del metal son las energías reticulares.

Un método simple para estimar energías reticulares es la ecuación de Kapustinskii que, en su forma simplificada, se puede representar como $U = (108000 \cdot \nu \cdot Z^+ \cdot Z^-) / r_0$,

donde ν es el número de iones por fórmula (2 para $MHSO_3$: M^+ y HSO_3^-, y 3 para $M_2S_2O_5$: 2 M^+ y $S_2O_5^{2-}$), Z^+ y Z^- las cargas del catión y del anión, respectivamente, y r_0 la distancia interiónica (12). Aplicando la ecuación de Kapustinskii, vemos que la energía reticular de $M_2S_2O_5$ es más del doble que la de $MHSO_3$. Por tanto, vemos en la ecuación 2 que la descomposición de un bisulfito es tanto más favorable cuanto mayores son las energías reticulares. Por eso, la descomposición es favorable para los bisulfitos de cationes pequeños, que tienen una energía reticular alta, por lo que no existen en estado sólido los bisulfitos de Li, Na y Ka, pero sí los de cationes más voluminosos como Rb y Cs. El hecho de que la descomposición sea favorable para $KHSO_3$ pero no para $RbHSO_3$ permitió estimar un valor para ΔH_{cond} en la Figura 4 de 453 ± 74 kJ·mol^{-1} (1). Por tanto, la condensación de dos iones bisulfito para dar un ion metabisulfito y una molécula de agua es un proceso altamente endotérmico que solo tiene lugar cuando es compensado por altas energías reticulares.

5. ESTRUCTURAS DE LOS ÁCIDOS FOSFOROSO Y ARSENIOSO

Como ejemplo de hecho más o menos sorprendente que puede ser explicado mediante la rotura y formación de enlaces covalentes, utilizando la tabla de energías de enlace diseñada por Kildahl (3), podemos poner las diferentes estructuras de los ácidos fosforoso y arsenioso (13). La actividad sobre los ácidos fosforoso y arsenioso se puede realizar a diferentes niveles dependiendo del nivel educativo de los alumnos. Para alumnos universitarios de Química Inorgánica, se puede plantear como aprendizaje basado en problemas, partiendo de la pregunta "¿Por qué es el ácido fosforoso ($pK_1 = 1,8$) un ácido mucho más fuerte que el arsenioso ($pK_1 = 9,2$)?" De este modo, los estudiantes pueden llegar a la relación que existe entre la estructura de oxoácidos y su fuerza ácida. Así, para oxoácidos de fórmula $EO_n(OH)_m$, hay una relación aproximada entre el número de átomos de oxígeno no protonados, n, y el valor de pK_1:

$$pK_1 \approx 8 - 5n$$

Por tanto, a pesar de que los ácidos fosforoso y arsenioso tienen la misma fórmula empírica, H_3EO_3 (E = P, As), sus estructuras deben ser diferentes. El ácido arsenioso es un ácido muy débil que no tiene oxígenos no protonados, y tiene una estructura piramidal $As(OH)_3$. El ácido fosforoso, por otra parte, debe tener un oxígeno no protonado, por lo que su estructura es tetraédrica distorsionada, $PHO(OH)_2$, con un enlace P–H, un enlace P=O y dos enlaces P–OH. Como consecuencia, el ácido fosforoso es un ácido diprótico, a pesar de contener tres átomos de hidrógeno, porque el átomo de hidrógeno unido al fósforo no es protonable. Las dos estructuras posibles se muestran en la Figura 5.

La segunda parte de la actividad consiste en justificar la diferente estructura de los dos oxoácidos, calculando ΔH para la transformación indicada en la figura 5:

$$\Delta H = D(E–O) + D(O–H) – D(E=O) – D(E–H)$$

Utilizando la tabla de energías de enlace diseñada por Kildahl (3), $\Delta H = -72$ kJ·mol^{-1} para el ácido fosforoso y + 124 kJ·mol^{-1} para el ácido arsenioso, explicando la diferente estructura de los dos compuestos.

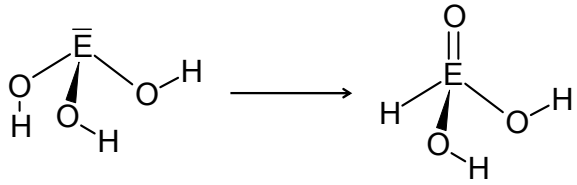


Figura 5. Posibles estructuras para los ácidos fosforoso y arsenioso (E = P, As).

Mediante procedimientos semejantes se puede explicar, por ejemplo, que el ácido carbónico se descomponga para dar dióxido de carbono y agua, o que el NF_3 sea un compuesto estable, mientras que los NX_3 (X = Cl, Br y I) se descompongan explosivamente (14).

REFERENCIAS

1. H.D.B. Jenkins, D. Tudela, *Journal of Chemical Education*, **2003**, Vol. 80, 1482.
2. D. Tudela, en G. Pinto Cañón (editor), *Aprendizaje Activo de la Física y la Química*, Equipo Sirius, Madrid (2007), p. 57.
3. N.K. Kildahl, *Journal of Chemical Education*, **1995**, Vol. 72, 423.
4. R. Chang, *Química*, 10ª ed., McGraw Hill, México (2010), p 142.
5. D. Tudela, *Journal of Chemical Education*, **1996**, Vol. 73, A225.
6. D.W. Smith, *Journal of Chemical Education*, **1977**, Vol. 54, 540.
7. D.R. Lide (editor), *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 82ª edición, CRC Press, Boca Raton (2001).
8. G. Pinto Cañón, en G. Pinto Cañón (editor), *Aprendizaje Activo de la Física y la Química*, Equipo Sirius, Madrid (2007), p. 137.
9. M.T. Oliver-Hoyo, G. Pinto, J.A. Llorens-Molina, *Journal of Chemical Education*, **2009**, Vol. 86, 1277.
10. D. Tudela, *Journal of Chemical Education*, **2000**, Vol. 77, 830.
11. D. Tudela, *Education in Chemistry*, **2011**, Vol. 48, 138.
12. J.G. Huheey, E.A. Keiter, R.L. Keiter, *Inorganic Chemistry*, 4ª ed., Harper Collins, Nueva York (1993), p. 111.
13. D. Tudela, *Journal of Chemical Education*, **2011**, Vol. 88, 1456.
14. D. Tudela, *Journal of Chemical Education*, **2002**, Vol. 79, 558.

EXTRACTO DE CARNE: LA INVENCIÓN DE UN QUÍMICO

Soledad Esteban Santos, Javier Pérez Esteban
Departamento de Química Orgánica y Bio-Orgánica, Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid
sesteban@ccia.uned.es, jpereze@ccia.uned.es

Todos estamos familiarizados con el extracto de carne, muy presente en la cocina moderna. Este producto fue ideado por el gran químico alemán del siglo XIX, Justus Von Liebig, quien no solo destacó en química básica sino también en química aplicada, sobre todo en sus trabajos sobre agricultura y fisiología. Hacia 1840 desarrolló un procedimiento para obtener extracto de carne de vacuno, como "alimento reconstituyente" y sustituto de la carne con gran poder nutritivo. Consiguió explotar este producto de forma rentable y fundó la Liebig Extract of Meat Company, contribuyendo a facilitar así las posibilidades de alimentación de la humanidad.

1. INTRODUCCIÓN

El modo de vida actual exige muy frecuentemente el consumo de alimentos preparados de muy distintos tipos. Podría pensarse, pues, que esto fuera un invento de nuestros días. Sin embargo, nada más lejos de la realidad, ya que el alimento preparado que con gran seguridad puede considerarse el primero, el extracto de carne, tiene una antigüedad superior a un siglo. Su inventor fue además un químico, y uno de los más prestigiosos de su época, cuyo nombre ha quedado para la posteridad. Se trata de Justus von Liebig, personaje polifacético que abarcó muy distintas áreas de la química, desde la docencia a la química de investigación básica, y de ésta a la química aplicada. Pero su invento del extracto de carne tal vez sea, hoy en día, unos de los capítulos más olvidados de toda su obra. Para comprender mejor el proceso que le condujo a ello es conveniente revisar con algún detalle la figura y la trayectoria científica de Liebig.

2. JUSTUS VON LIEBIG Y SU ACTIVIDAD CIENTÍFICA

Justus Liebig nació en Darmstadt (Alemania), en 1803, en una familia de comerciantes de droguería de un nivel económico bastante modesto, causa probablemente de que tuviera pronto que abandonar sus primeros estudios para ayudar a su padre en el negocio familiar. Esto marca muy probablemente su amor a la química, sobre la que después recibe enseñanza en algunas universidades alemanas (Bonn y Erlangen). A sus 19 años obtiene una beca para estudiar en París, donde asiste a diversos cursos y trabaja en laboratorios de importantes científicos. Conoce a figuras tan ilustres en la ciencia y en la sociedad de su época como es el caso de Alexander von Humboldt, embajador de Prusia en Francia, que le recomienda para un puesto académico en Alemania, que le es concedido en la Universidad de Giessen, por lo que Liebig viaja a esta ciudad en 1824. Allí enseñó química durante veintiocho años y creó

una escuela de química de enseñanza y de investigación. Su reputación fue tan grande que recibía estudiantes del mundo entero para aprender química práctica en su laboratorio, sobre todo análisis cualitativo y cuantitativo. En 1852 se traslada a la Universidad de Munich, donde permanece hasta su muerte, acaecida en 1873 (1, 2).

Liebig mejoró enormemente el análisis orgánico, pero su trabajo no se redujo a eso, ni mucho menos. Así, investigó en química orgánica y, por otra parte, se le considera el fundador de la química agrícola, debido a sus estudios experimentales sobre abonos artificiales. En 1840 publica el libro *Química Orgánica y su aplicación a la Agricultura y Fisiología,* más conocido como simplemente *Química Agrícola*, obra que tuvo enseguida gran éxito y difusión, y fue traducida rápidamente a varias lenguas. Esto no es más que un signo de su faceta de prolífico escritor, convirtiéndose desde 1832 en editor de una importante revista de química, *Annalen der Chemie und Pharmacy*. Por todos estos méritos, le hicieron barón (Freiherr) en 1845, y desde entonces su nombre fue Justus "von" Liebig.

No obstante, uno de sus aspectos más sobresalientes fue su incursión en la química aplicada, gracias a la cual contribuyó en buena manera a mejorar nuestra alimentación. No hay más que recordar su papel en la elaboración de fertilizantes (3, 4) y también en el extracto de carne.

Como investigador en química orgánica y además gran analista, trabajó con muchos compuestos naturales. Uno de sus mayores logros en este terreno fue el descubrimiento en 1832 del radical benzoílo en el aceite de almendras amargas, llevado a cabo en colaboración con otro gran químico, Friedrich Wöhler, su gran amigo a pesar de haber tenido ambos una pequeña controversia a raíz de la consolidación del concepto de isómero (5). Era la primera vez que se había encontrado un radical constituido por tres tipos de elementos, hecho que representó, según palabras de Berzelius, "el comienzo de un nuevo día en la química vegetal" (6). Tal vez sea por este tipo de análisis en productos naturales por lo que también se dirigiera, en otra fase de su trayectoria profesional, a la química fisiológica o química de los procesos vitales. Y en el curso de estas investigaciones sobre el cuerpo humano y los alimentos, fue cuando Liebig ideó un método para obtener extractos de carne con el objetivo muy claro de facilitar la alimentación humana.

3. EXTRACTO DE CARNE Y LA *LIEBIG EXTRACT OF MEAT COMPANY*

Liebig era un científico muy activo y de gran curiosidad. Se había especializado en el análisis químico, lo que le llevó a analizar distintos productos naturales y alimentos. Realizaba experimentos con cereales, pan, grasas vegetales y animales, y también con carne, lo que le llevó a clasificar los alimentos en tres grandes grupos (grasas, proteínas e hidratos de carbono). Parece ser que la idea del extracto del carne surge a raíz de un suceso que le impresionó mucho: una mujer muy allegada a su familia sufría de anemia y necesitaba un alimento fácil de tomar y de alto poder nutritivo. Es así como Liebig, en 1840, desarrolló un "alimento reconstituyente", el extracto de carne concentrado, que podía ser empleado a modo de sustitutivo barato de la carne de vacuno. Lo denominó el *extractum carnis Liebig*. Incluso, escribió un artículo en el

que se explicaba cómo al cocer la carne se destruía en parte su valor nutritivo, y cómo había conseguido producir ese extracto mediante un lento proceso de cocción y remojo en agua fría y caliente y reducción de la carne de vacuno.

La idea era muy buena, pero no así su puesta en práctica, ya que chocaba con la realidad. Y la dificultad consistía en un problema económico, puesto que se requerían más de 30 kg de carne para conseguir tan solo 1 kg de extracto, teniendo en cuenta además el elevado precio de la carne de vaca. En definitiva, que el extracto resultaba inaccesible para la mayoría de la población. Por este motivo, se comercializó inicialmente solo como reconstituyente vendido en farmacias.

Es en esos momentos, concretamente en 1861, cuando aparece una figura providencial. Se trataba de un joven ingeniero también alemán, Georg Christian Giebert, que por entonces trabajaba en Brasil, en la construcción de carreteras. Con motivo de la visita a un amigo en una pequeña localidad uruguaya llamada Villa Independencia, observó que cerca del puerto había una fábrica de curtidos, en la que se empleaban las pieles de una enorme cantidad de reses. Pero prácticamente la totalidad de su carne se perdía, ya que se estaba aún muy lejos del invento de las cámaras frigoríficas. Giebert, que había leído el artículo de Liebig sobre el extracto de carne, tuvo de pronto otra gran idea: ¿por qué no aprovechar esa carne convirtiéndola en extracto?

Giebert propuso a Liebig abrir una fábrica de extracto de carne en Sudamérica. Las dos grandes ideas se unieron. Por una parte, la del científico brillante, por otra la mente práctica del ingeniero. Era una empresa audaz y no falta de riesgos, ya que era necesario partir de un capital considerable para financiar las instalaciones. Giebert consiguió el dinero y así pudo encargar la construcción de la maquinaria necesaria en Inglaterra. Poco después, en 1863, la planta industrial de extracto de carne pudo ponerse en marcha en Villa Independencia, que después se llamó Puerto Fray Bentos. Dos años después (1865) esta fábrica se convirtió en la Liebig Extract of Meat Company (LEMCO). La carne del vacuno uruguayo que empleaba costaba tan solo una tercera parte del precio del europeo, lo que abarató el producto que ya resultaba accesible para el consumidor de clase media.

Rápidamente la demanda creció, con lo que la producción y la fábrica también. Para hacernos una idea, no hay más que revisar estos datos: ya en 1864 se produjeron 23 toneladas de extracto de carne y en 1871 llegaron a las 42, y en 1908 alcanzó un total de 224.406 reses sacrificadas y en 1913 llegaron a trabajar 4000 personas (7). El extracto de carne alcanzó una difusión a nivel mundial, prueba de lo cual son los distintos carteles publicitarios en distintos idiomas (Figura 1). En 1873 la fábrica comenzó a extender su actividad a otros productos relacionados con la producción de *corned beef*, que consistía en carne de ternera enlatada, a la que previamente se había tenido en salmuera y después se hervía en vinagre a fuego lento.

Esta carne enlatada se comercializó con la marca Fray Bentos (Figura 2) y tuvo una enorme difusión a nivel mundial, sobre todo en Gran Bretaña. Por otro lado, en 1899 se lanzó al mercado una versión más barata del extracto de Liebig, introducido con el nombre Oxo, y después los cubos de caldo Oxo (Figura 2). La compañía de Liebig continuó con su política de ampliar la gama de sus productos, adaptándose

siempre a las novedades tecnológicas del momento. Así, cuando llegó la electricidad se instalaron en la fábrica cámaras frigoríficas, que permitieron exportar carne congelada. En este sentido también, en 1924 se inició una línea de productos biológicos bajo el nombre de productos Oxoid y que consistían en extractos glandulares, y posteriormente en medios de cultivo deshidratados para la realización de análisis microbiológicos.



Figura 1. Carteles publicitarios del extracto de carne y otros productos de la Liebig Extract of Meat Company (en español, en inglés y en francés).



Figura 2. Envases de productos Fray Bentos y cubo de caldo de carne (marca Oxo).

A partir de ese mismo año, 1924, la LEMCO sufrió una serie de vicisitudes mercantiles al ser absorbida sucesivamente por otros grupos financieros más fuertes, tomando el nombre de Frigorífico Anglo del Uruguay. El último capítulo fue su absorción por Unilever en 1984. Cuando bajaron las ventas de *corned beef* (aunque la carne enlatada se ha seguido comercializado en Europa) la planta de Fray Bentos fue cedida al gobierno uruguayo en 1971. Tras el cese definitivo de su producción en 1979, con el tiempo fue transformada en museo sobre la Revolución Industrial.

En cualquier caso hay que recordar el origen y el desarrollo de la empresa inicial, la Liebig Extract of Meat Company, que ofreció al ciudadano medio un alimento nutritivo a precios asequibles, cumpliendo con ello una importante labor social, a lo que hay que añadir su papel en momentos bélicos, ya que se empleó en el aprovisionamiento de los soldados aliados durante la Segunda Guerra Mundial.

4. EL EXTRACTO DE CARNE EN LA ACTUALIDAD: DESDE ALIMENTO PARA SERES HUMANOS HASTA ALIMENTO DE BACTERIAS

Actualmente los extractos de carne han sido sustituidos en su mayor parte por los cubos o pastillas de caldo y por el extracto de levadura. Algunas marcas comerciales de hoy en día, tales como Oxo y Bovril, contienen no solo extracto de carne sino también un alto contenido en extracto de levadura. La única marca comercializada constituida por extracto puro de carne es Liebig Benelux's, que consta de caldo de carne concentrado y un 4% de sal. La composición de uno de los derivados de extracto de carne más populares en la actualidad, el Bovril, es de un 43% de caldo de ternera, 24% de extracto de levadura y 11,5% de sal, y también contiene especias y potenciadores del sabor.

En 2004, debido a la gran preocupación por la encefalopatía espongiforme bovina o "mal de las vacas locas" e igualmente con objeto de introducirse en el consumidor vegetariano o vegano, la empresa anunció un cambio en la composición de Bovril, sustituyendo totalmente el extracto de carne por *extracto de levadura*. No obstante, después de que la Unión Europea levantara su prohibición a la exportación de los productos de carne de vacuno en Reino Unido (2006), el extracto de carne de vaca fue reintroducido en su composición.

En la actualidad algunas marcas han llegado a comercializar productos en determinados mercados que contienen casi exclusivamente extracto de levadura, con nada o con un escaso contenido en extracto de carne. El extracto de levadura es un extracto soluble en agua formado a partir de células de levadura y que se obtiene como producto residual de la elaboración de cerveza. Se emplea en la industria alimentaria como aditivo o como saborizante y, al igual que el glutamato monosódico, contiene ácido glutámico libre, sustancia responsable de la potenciación del sabor (sabor *umami*, reconocido como la quinta categoría del gusto, junto con el sabor salado, dulce, amargo y agrio) y de uso generalizado en la industria alimentaria. El extracto de levadura es un producto rico en vitaminas, especialmente del complejo B, en aminoácidos y otros factores de crecimiento, por lo que es también utilizado en microbiología para la preparación de medios de cultivo como fuente de nutrientes, al igual que el extracto de carne. Algunas de las marcas que contienen exclusivamente extracto de levadura son Marmite, Vegamite y Cenovis, clasificándose como alimentos saborizantes y muy empleados como condimento.

Entre las pastillas o cubos de caldo existen hoy en día marcas bien conocidas, como son entre otras Knorr, Oxo y Maggi; en España destaca la marca Gallina Blanca con su conocido Avecrem a base de caldo de pollo. Estos productos consisten en cubos de unos 15 mm de caldo deshidratado de concentrados de carne de vaca, cordero, pollo, pescado e incluso de verdura. Se elaboran industrialmente utilizando además del caldo una gran cantidad de sal (hasta un 59-72% en peso), grasas y saborizantes, como glutamato monosódico o extracto de levadura. El éxito de estos cubos de caldo en la cocina moderna se debe a su rápida y fácil disolución en agua caliente para elaborar un caldo instantáneo y a su facilidad de conservación. Resultan

así más baratos, aunque presentan un bajo valor nutritivo (8), a diferencia del extracto de carne de Liebig (Tabla 1).

Tabla 1. Valor nutricional e ingredientes de los cubitos Oxo.

Valores medios	**por 100g**	**por 100 mL de caldo preparado**	**%CDO***
Valor energético	1182 kJ 280 kcal	40 kJ 10 kcal	<1%
Proteínas	16,2 g	0,6 g	
Hidratos de carbono	42,2 g	1,4 g	
de los cuales azúcares	2,3 g	0,1 g	<1%
Grasas	5,1 g	0,2 g	<1%
de las cuales saturadas	2,0 g	0,1 g	<1%
Fibra alimentaria	0,5 g	<0,1 g	
Sodio	12,22 g	0,42 g	
Equivalente de sal	30,55 g	1,05 g	18%
Por cada cubo: 17 calorías, 0,3g de grasas (de las cuales 0,2 g saturadas) y 1,90 g de sal			
Ingredientes: *Harina de trigo, sal, extracto de levadura, almidón de maíz, potenciador del sabor (glutamato monosódico, guanilato disódico), colorante (caramelo amónico), grasa de vaca, aromatizantes, caldo de carne de vaca deshidratado, azúcar, ácido láctico.*			

* CDO: Cantidad Diaria Orientativa para un adulto.

Como ya se ha mencionado, el extracto puro de carne se utiliza también en la preparación de medios de cultivo microbiológicos (productos Oxoid). Para poder identificar los microorganismos es necesario observar su crecimiento en sustancias alimenticias artificiales preparadas en el laboratorio. El *agar* es un elemento solidificante muy empleado para la preparación de medios de cultivo. Sin embargo, no tiene efecto sobre el crecimiento de las bacterias ya que no posee sustancias nutritivas. La mayoría de las bacterias patógenas requieren nutrientes complejos similares en composición a los líquidos orgánicos del cuerpo humano. Por ello, la base de muchos medios de cultivo es una infusión de extractos de carne y peptona a la que se añaden otros ingredientes. Estos materiales sirven al medio de cultivo como fuente de carbono, nitrógeno, fósforo y azufre. Con el extracto de carne y otros materiales se puede preparar un caldo nutritivo (9) utilizado para el mantenimiento de cultivos de bacterias (3 g de extracto de carne, 10 g de peptona bacteriológica, 5 g de cloruro sódico y 1 L de agua destilada), o junto con el agar se puede preparar agar nutritivo, empleado como medio básico de cultivo y para mantener cultivos de cepas puras (3 g de extracto de carne, 10 g de peptona bacteriológica, 5 g de cloruro sódico, 15 g de agar refinado y 1 L de agua destilada). También puede añadirse como sustancia

nutritiva en la preparación de caldos específicos que contienen hidratos de carbono utilizados para la detección de reacciones de fermentación por los microorganismos, como el caldo lactosado (3 g de extracto de carne, 10 g de peptona bacteriológica, 5 g de cloruro sódico, 10 g de lactosa y 1 L de agua destilada).

CONCLUSIONES

El invento del extracto de carne representa un caso muy evidente de una brillante idea científica, fruto de un trabajo de investigación científica, que ha contribuido al bienestar social. Y no solo por dar paso a una nueva forma de alimentación, sino por permitir un mejor aprovechamiento de los recursos naturales. No obstante, para su puesta en práctica era necesario resolver unos problemas de tipo económico y tecnológico, barreras que pudieron ser superadas.

En definitiva, el extracto de carne y su comercialización son un claro ejemplo de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad.

REFERENCIAS

1. J.R. Partington, J.R. *A History of Chemistry,* Macmillan&Co., Londres (1961-1970).
2. W.H. Brock, *Historia de la Química,* Alianza, Madrid (1992).
3. G.W. Black, *Journal of Chemical Education,* **1978**, Vol. 55, 33.
4. J. Pérez-Esteban, S. Esteban, En *Aprendizaje Activo de la Física y la Química.* G. Pinto Cañón (Ed.), Equipo Sirius, Madrid (2007**)**.
5. S. Esteban, *Journal of Chemical Education,* **2008**, Vol. 85, 1201.
6. J. Liebig, F. Wöhler, *Annalen der Chemie und Pharmacie,* **1832**, Vol. iii, 249.
7. A. Graham-Yoll, C. Aira, *La Colonia Olvidada*, Emecé, Buenos Aires (2007).
8. Oxo stock cubes. http://www.oxo.co.uk/products/stock-cubes/
9. M. Caballero, M.P. González, *Microbiología Ambiental*, UNED, Madrid (2006).

UNA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN-ACCIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES: LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Andrés García Ruiz[a], María Dolores Castro Guío[b], Rafael Gómez Fernández[c]
[a] Departamento de Didácticas Específicas, Facultad de Formación de Profesorado y Educación, Universidad Autónoma de Madrid
[b] Departamento de Física y Química, I.E.S. Atenea, Fuenlabrada, Madrid
[c] Departamento de Física y Química, I.E.S. El Olivo, Parla, Madrid
andres.garcia.ruiz@uam.es, mdcastroguio@hotmail.com, ra.fago@hotmail.com

La experiencia se sitúa en la campo educativo de investigación-acción aplicada a la enseñanza de las ciencias experimentales, en diferentes niveles educativos, propiciando que el alumnado sea el protagonista de pequeñas investigaciones. Planteamos un problema ambiental actual, como es la contaminación del suelo, para observar y analizar las visiones de los estudiantes y pretendemos inculcar una adecuada formación científica.

1. INTRODUCCIÓN

Los problemas de la formación científica en nuestro alumnado se han denominado como crisis de alfabetización científica (1) y por ello debemos orientar la enseñanza de las ciencias hacia una responsabilidad social (2).

La investigación-acción está interesada en los problemas prácticos que encuentran los profesores en las aulas y en encontrar soluciones a los mismos. Implica el desarrollo profesional del profesorado y la idea de los profesores como investigadores ha sido ampliada para incorporar la teoría en el análisis de las condiciones existentes en los centros educativos y en el uso de la investigación con el fin de iniciar y promover un cambio en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La investigación-acción se centra en la posibilidad de aplicar categorías científicas para la comprensión y mejoramiento de la organización, partiendo del trabajo colaborativo, en el análisis de las acciones humanas y situaciones sociales que pueden ser inaceptables en algunos aspectos y susceptibles de cambio y que por tanto requieren respuestas.

El estudio del suelo debe aportar herramientas para el desarrollo de actitudes conservacionistas, con el objetivo de garantizar la sostenibilidad de este recurso natural y para ello presentamos una propuesta para hacerlo, proporcionando algunas actividades necesarias para conseguirlo.

2. MARCO TEÓRICO

Como ya es conocido por todos los docentes, el suelo es una estructura dinámica constituida por materiales orgánicos y minerales que cubre la corteza terrestre.

Es un medio complejo, en el que coexisten tres fases bien diferenciadas (sólida, liquida y gaseosa), en las que tienen lugar múltiples interacciones y procesos fisico-químicos y biológicos.

El estudio y conocimiento del mismo resulta importante, ya que nos permitirá prevenir problemas de contaminación y degradación, y conservar el uso de zonas y espacios.

Uno de los conceptos básicos en los currículos de enseñanza primaria y secundaria es el del suelo y además resulta un término relevante por la importancia que tiene desde los enfoques CTS (3). Estos autores señalan cómo el concepto de suelo ha ido variando, desde la idea inicial relacionada con vida vegetal hasta la actual de concebirlo como un sistema dinámico, complejo, en el que se producen procesos físicos, químicos y biológicos tendentes a adquirir un equilibrio con el medio ambiente en el que se desarrollan.

La introducción de este concepto en el currículo oficial ha permitido que el alumnado pueda profundizar en el conocimiento del medio, ya que constituye un componente muy importante del medio ambiente humano. Su estudio lo podemos utilizar como estrategia didáctica de aprendizaje por investigación, porque es un eje para el estudio de fenómenos relacionados con varios campos.

Finalmente señalar que el suelo es un agente controlador de los ciclos biogeoquímicos de los elementos y regulador de los agentes contaminantes del medio, y por ello lo podemos utilizar desde un punto de vista didáctico, como eje para el desarrollo de gran parte del currículo.

3. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

La experiencia la hemos realizado a nivel de enseñanza universitaria y secundaria, en el primer caso con alumnos de Grado de Magisterio de la Facultad de Formación de Profesorado y Educación de la Universidad Autónoma de Madrid, y en el segundo con alumnado de cuarto de E.S.O. y segundo de Bachillerato, pertenecientes a dos institutos de la zona sur de la Comunidad de Madrid.

El objetivo principal del trabajo era aplicar la investigación-acción en la enseñanza de las ciencias, para implicar al alumnado en la resolución de problemas reales, mediante la observación, búsqueda de información y planteamiento de soluciones para conseguir una adecuada formación ciudadana.

3.1. Actividades realizadas con los alumnos de Magisterio

3.1.1. Elaboración de cuestionarios para detectar ideas previas sobre el suelo

Comenzamos la actividad presentando una noticia sobre los problemas derivados de la contaminación del suelo y, después de un debate sobre el tema, pedimos que realizaran en pequeños grupos baterías de ítems para detectar las ideas previas de sus futuros alumnos sobre el suelo, en el área de conocimiento del medio natural, social y cultural.

Entre los ítems hemos seleccionado los siguientes, que se aplicarían a sexto de Primaria: *¿Qué es el suelo? ¿De qué está compuesto el suelo? ¿De qué color es el suelo? ¿Crees que todos los suelos son del mismo color? ¿Cómo se forma el suelo? ¿Qué tipos de suelo hay?¿Cuándo se dice que el suelo es árido? ¿Para qué sirve el suelo? ¿Qué tipo de vida crees que habita en él? ¿Hay plantas, hay animales? ¿Qué cuidados necesita el suelo para mantenerse? ¿Qué consecuencias ejerce la actividad humana en el suelo? ¿Qué consecuencias ejerce el clima en el suelo (clima cálido, frío…)? ¿Y cuáles son las consecuencias de los agentes geológicos en é? ¿Crees que ha evolucionado el suelo a lo largo del tiempo? ¿Qué son las rocas? ¿Qué son los minerales? ¿Qué diferencias existen entre las rocas y los minerales? ¿Crees que la contaminación que existe hoy en día puede afectar a lo largo del tiempo al suelo? ¿Cómo se llaman las personas que se dedican a trabajar el suelo? ¿Qué elementos del suelo son inorgánicos y orgánicos? ¿Qué ciencia estudia el suelo? ¿En qué capa de la Tierra se halla el suelo (manto, núcleo y corteza)? ¿Qué recursos naturales se obtienen del suelo? ¿Qué tipos de suelo pueden retener el agua y cuáles no? ¿Crees que el suelo tiene oxígeno? ¿Qué insectos crees que predominan en el suelo?*

Debemos observar que casi no existen preguntas relacionadas con la contaminación: ello se debe a que en esta etapa se tratan más los temas generales de estructura y características del suelo.

3.1.2. Actividad experimental para ver la germinación de plantas con diferentes tipos de suelos

Esta actividad consistió en plantar en cuatro recipientes (vasos) de plástico para su germinación, semillas de judía y lenteja, sobre bases diferentes: arena y sustrato vegetal. Las regamos con agua y disolución de agua con sal, durante tres semanas.



Figura 1. Crecimiento de las plántulas en sustrato vegetal y arena.

Los resultados obtenidos fueron que las semillas regadas con agua de sal no germinaron y las regadas sobre el sustrato vegetal crecieron más que las que se encontraban sobre la arena.

Con esta actividad, simulamos cómo la contaminación y el tipo de suelo afectan a la germinación y el crecimiento de las plantas.

3.2. Actividades realizadas con los alumnos de Educación Secundaria

Actividad experimental para ver la influencia de la lluvia ácida en el crecimiento de las plantas.

La actividad la realizamos con alumnos de cuarto de E.S.O. y la desarrollamos en las siguientes fases:

- Detección de las ideas previas.
- Búsqueda de información.
- Diseño experimental:
  – germinación de plantas
  – plantación
  – riego con disolución de ácidos durante un mes
  – riego con productos naturales
  – análisis de los resultados
- Elaboración de un informe con los resultados obtenidos.

La lluvia ácida es uno los problemas ambientales que sufre nuestro planeta actualmente, debido a la emisión de gases a la atmósfera. Este hecho es difícil de observar directamente en el medio y por ello planteamos la simulación de una lluvia ácida con tres ácidos: acético, cítrico y láctico, en estado puro pero disueltos en agua, y con productos naturales que contienen los citados ácidos: vinagre, naranja y leche, para ver la influencia de ambas sobre el suelo y la vegetación (4).

Para ello seleccionamos tres tipos de plantas: encina y dos leguminosas. Regamos durante un mes con periodicidad semanal, midiendo las variaciones de crecimiento y pH en cada una de las muestras.

En los resultados obtenidos observamos que las variaciones en el crecimiento se ven afectadas sobre todo por el ácido acético, mientras que los otros dos ácidos influyen pero muy poco. En la acidificación del suelo, también el ácido láctico y el vinagre son los que más influyen en la variación del pH.

3.3. Actividades realizadas con los alumnos de Bachillerato.

Estudio de la contaminación de suelos por el vertido de residuos sólidos urbanos e industriales.

Presentamos una actividad para desarrollar con alumnos de segundo de Bachillerato en la asignatura de Ciencias de la Tierra y Medioambientales.

La metodología propuesta es una investigación guiada, en la que los alumnos simulan el papel de profesionales como si se tratase de investigadores noveles.

La primera actividad es la visita a las zonas de estudio para la recogida de muestras y realización de estudios *in situ*.



Figura 2. Zona con vertido de escombros y residuos sólidos urbanos.



Figura 3. Suelo con parte sin uso y otra cultivada.

Una vez recogidas las muestras y medidos los parámetros in situ, realizamos los siguientes análisis (5):

- Análisis químico y bioquímico
- Análisis del pH
- Análisis del agua en el suelo
- Análisis del porcentaje de materia orgánica
- Análisis de textura y estructura del suelo.

En la visita a la zona de vertidos realizamos, además de los análisis de suelos, el estudio de los factores bióticos, utilizando la matriz de impactos (6) en la que identificamos y valoramos los posibles impactos. Además de valuar el medio afectado proponemos las medidas correctoras.

4. CONCLUSIONES

Las actividades han resultado del todo satisfactorias, ya que los alumnos han tenido que indagar, buscar información y encontrar soluciones a los problemas planteados.

Consideramos que el tema de la contaminación del suelo es un problema ambiental que interesa a los alumnos y que debemos seguir trabajando para generar actitudes de respeto y cuidado del mismo, para fomentar un desarrollo sostenible.

La simulación de la lluvia ácida ha servido para que puedan ver de forma directa la influencia de la contaminación de los ácidos presentes en la atmósfera sobre el suelo y la vegetación.

El problema de los vertidos incontrolados nos ha servido para que investiguen sobre todo desde un punto de vista científico y técnico, analizando los problemas ambientales que generan los residuos y sobre todo para concienciarles del respeto al medio ambiente.

Desde el punto de vista pedagógico y didáctico, la experiencia ha sido totalmente positiva para ellos. Consideramos que con esta actividad hemos potenciado el aprendizaje de las ciencias, preparando a nuestros alumnos para utilizar la ciencia en sus vidas y en la preparación para su futura participación responsable de problemas ambientales.

REFERENCIAS

1. M.R. Matthews, *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science,* Routledge, Londres (1994).
2. R.T. Cross, R.F. Price, *School Science Review,* **1994,** Vol. 75 (273), 29-40.
3. M. Rebollo, V. Brezo, *Enseñanza de las ciencias,* **2005,** Número extra VII Congreso.
4. M.D. Castro, A. García, *Ibíd.*
5. F.J. Santibáñez, A. García, *La Escuela en acción,* **1990,** Vol. 1, 29-32.
6. A. García, J. Molina, M.D. Castro, C. Cerezo, *Biólogos,* **2002,** Vol. 1, 17-19.

APLICACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS

Consuelo Escolástico León, Javier Pérez Esteban
Departamento de Química Orgánica y Bio-Orgánica, Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
cescolastico@ccia.uned.es, jpereze@ccia.uned.es

La contaminación del suelo por metales pesados provoca grandes problemas en los ecosistemas y en la salud. La fitorremediación es un método de descontaminación donde se utilizan plantas para extraer, inmovilizar o transformar los contaminantes. Sin embargo, la lenta desorción de los metales del suelo es un gran impedimento para aplicarla. En técnicas alternativas como la fitoextracción inducida, emplean agentes quelantes como el EDTA para aumentar la desorción y facilitar la absorción de metales por las plantas. Pero se están investigando nuevos compuestos menos tóxicos, como los ácidos orgánicos de bajo peso molecular y otros quelantes sintéticos.

1. INTRODUCCIÓN

El aumento del nivel de contaminación de los suelos, debido fundamentalmente a actividades de carácter antropogénico, es uno de los problemas actuales del medio ambiente con mayor repercusión a corto y medio plazo. Uno de los grupos de elementos químicos contaminantes con mayor riesgo para la salud y la degradación de los ecosistemas es el de los metales pesados, como el Cu, Zn, Cr, Cd, Ni, Pb y Hg, entre otros. Estos metales se presentan en el suelo de forma natural, provenientes de la meteorización de las rocas y las emisiones volcánicas. Sin embargo, la actividad humana ha incrementado el contenido de estos metales en el suelo en cantidades considerables, hasta alcanzar niveles inusualmente elevados. Entre estas actividades destacan: la minería, la utilización de fertilizantes, pesticidas y lodos de depuradora en la agricultura, la industria textil, electrónica, refinería, fabricación de plásticos, pigmentos y pinturas, baterías, etc., y la quema de combustibles fósiles y el tratamiento de residuos (1). Son bien conocidos los desastres ecológicos de Alnazcóllar ocurrido en 1998 debido a la rotura de una presa de contención de lodos piríticos que provocó la contaminación por metales de grandes extensiones de terreno, y más recientemente, en 2010 en Ajka (Figura 1).

La importancia que tienen los metales pesados como agentes contaminantes del suelo se debe fundamentalmente a su gran persistencia, ya que no pueden ser degradados o destruidos, y a su tendencia a acumularse en los horizontes superficiales del suelo. De esta forma quedan accesibles para su absorción por las raíces de las plantas, disminuyendo el rendimiento de los cultivos y limitando el desarrollo de la cubierta vegetal del suelo, lo que deja al suelo más susceptible ante la erosión. La absorción de metales por las plantas puede suponer daños a la salud humana y animal debido a su incorporación a la cadena trófica, incrementándose su concentración en los

sucesivos niveles tróficos (*biomagnificación*). Además, la acumulación de metales en el suelo también puede provocar la disminución de la actividad de los microorganismos y una pérdida de la diversidad y fertilidad del suelo (2). Por otro lado, la presencia de una elevada cantidad de metales en el suelo puede conducir a su movilización hacia las aguas subterráneas y superficiales, contaminando los ecosistemas acuáticos.



Figura 1. Desastres ecológicos en Aznalcóllar (España, 1998) (izquierda) y Ajka (Hungría, 2010) (derecha).

Una vez incorporados los metales pesados al suelo pueden seguir diferentes vías: quedarse acumulados en el suelo, bien disueltos en el agua del suelo o fijados a sus partículas sólidas, ser absorbidos por las plantas y los microorganismos, pasando así a la cadena trófica, volatilizarse a la atmósfera o movilizarse hacia las aguas subterráneas o superficiales (3). Este comportamiento depende de las formas o especies químicas en que se encuentre el metal en el suelo. Para que las plantas u otros organismos puedan absorber los metales del suelo, estos deben encontrarse en formas *biodisponibles*, es decir, en formas que puedan interactuar con los organismos, lo que está regulado por una serie de factores y procesos que tienen lugar entre la fase sólida y la solución o agua del suelo.

2. FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS

Las estrategias de remediación o descontaminación de suelos se basan en la utilización de una serie de técnicas físicas, químicas y biológicas aplicadas con el fin de extraer, controlar, contener o reducir los contaminantes, considerando el uso del suelo y evitando posibles riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Las técnicas convencionales de remediación de suelos contaminados con metales pesados son generalmente aplicadas *ex situ*, que conllevan la excavación y retirada del suelo contaminado. Estas tecnologías demandan grandes cantidades de recursos económicos y destruyen o alteran de forma importante el medio, por lo que se buscan planteamientos más asequibles y respetuosos con el ambiente, como pueden ser los

métodos biológicos en los que se utilizan microorganismos y plantas (biorremediación).

La fitorremediación consiste en un conjunto de técnicas *in situ* en las que se utilizan plantas en combinación con determinadas enmiendas del suelo y prácticas agronómicas adecuadas para eliminar o para reducir la toxicidad de los contaminantes en el medio (4). La fitorremediación es una estrategia económica y respetuosa con el medio ambiente, capaz de sustituir a las técnicas convencionales o complementarse con ellas y que ha recibido una gran atención en los últimos años.

Dentro de la fitorremediación se encuentran diversas técnicas (Figura 2):

- Fitoextracción: consiste en utilización de plantas de gran biomasa y capaces de acumular metales junto con el empleo de enmiendas apropiadas para transportar y concentrar los metales del suelo en la parte aérea, la cual es cosechada mediante métodos agrícolas convencionales.
- Fitofiltración: se utilizan raíces de plantas (rizofiltración) o plántulas (blastofiltración) para precipitar y concentrar metales en aguas contaminadas.
- Fitovolatilización: las plantas extraen metales volátiles (As, Hg y Se) del suelo y se produce su volatilización hacia la atmósfera a través de las hojas.
- Fitoestabilización: las plantas no extraen los metales, sino que los inmovilizan mediante su absorción y acumulación en las raíces, reduciendo su toxicidad en el suelo y el riesgo de transferencia a otros medios, como el de las aguas subterráneas.
- Fitodegradación: degradación de los contaminantes por la acción de las plantas y microorganismos asociados a ellas.
- Fitoestimulación: utilización de los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos).

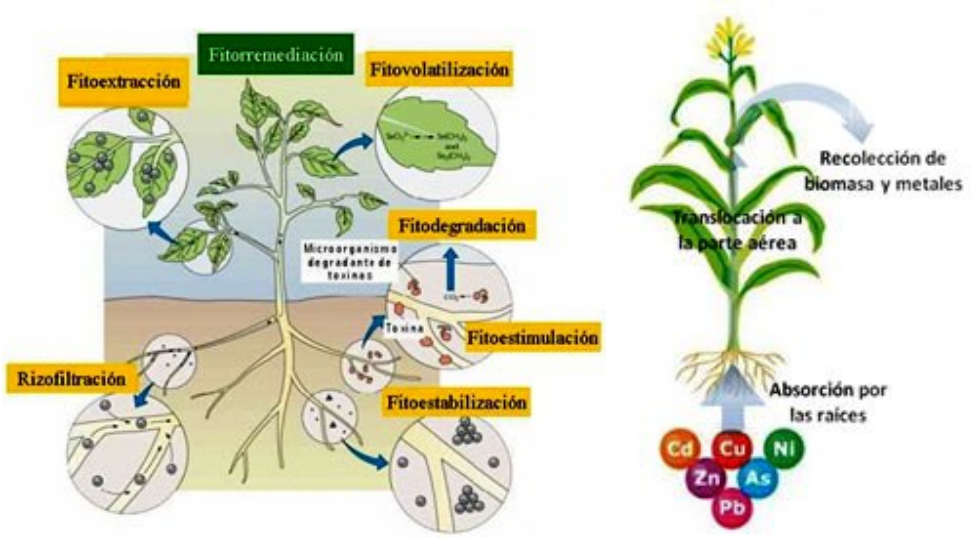


Figura 2. Técnicas de fitorremediación (izquierda). Fitoextracción de metales del suelo (derecha).

En la fitoextracción suelen emplearse plantas hiperacumuladoras, especies capaces de alcanzar elevadas concentraciones de metales en sus tejidos, muy superiores a los de las plantas normales. Sin embargo, las especies hiperacumuladoras crecen muy lentamente y producen poca biomasa, por lo que se plantea la utilización alternativa de plantas no hiperacumuladoras, de menor concentración de metales, pero tolerantes a ellos y de gran crecimiento, lo que podría incrementar la cantidad total de metal extraído del suelo (5).

La eficiencia de la fitoextracción puede verse reducida por la baja biodisponibilidad de los metales. Estos se encuentran en ocasiones fuertemente retenidos en el suelo, por lo que su desorción es muy lenta, limitando así su absorción por las plantas. Por ello, con objeto de mejorar el proceso de fitoextracción, se puede facilitar la absorción de metales por las plantas mediante la aplicación de determinadas enmiendas químicas. Estas sustancias ayudan a solubilizar los metales en el suelo y a translocarlos desde las raíces hasta la parte aérea de las plantas.

De acuerdo con lo anterior, existen dos estrategias básicas (Figura 3):

- *Fitoextracción continua*: se basa en el cultivo de especies hiperacumuladoras. La absorción de metales se produce durante toda la fase de crecimiento de la planta, presentando un comportamiento casi lineal hasta alcanzar el máximo crecimiento del cultivo, momento en el que debe producirse la cosecha.
- *Fitoextracción asistida* o *inducida*: consiste en el crecimiento de cultivos de elevada biomasa que son inducidos a acumular altas concentraciones de metales mediante la aplicación de enmiendas químicas al suelo, como los agentes quelantes. Estas enmiendas deben aplicarse cuando el crecimiento de la planta es máximo para favorecer la absorción del metal en un corto período de tiempo, poco antes de la recolección.

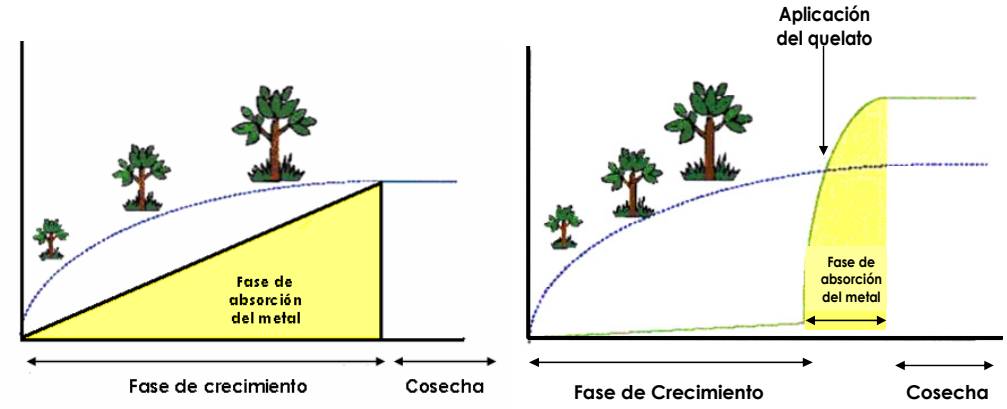


Figura 3. Fitoextracción continua (izquierda). Fitoextracción asistida o inducida (derecha).

3. COMPUESTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA FITOEXTRACCIÓN ASISTIDA O INDUCIDA

La aplicación de agentes quelantes al suelo en la fitoextracción inducida se basa en que son capaces de formar complejos muy estables con los metales, aumentando así su solubilidad. De esta manera son más fácilmente absorbidos por las plantas, ya que éstas únicamente son capaces de tomar metales de las formas más biodisponibles en el suelo.

El EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) es un compuesto sintético que se ha utilizado frecuentemente en el estudio de la fitoextracción asistida de metales en suelos contaminados, ya que es una de las sustancias con mayor capacidad quelante y es muy efectivo para aumentar la concentración de metales en la parte aérea de las plantas (6). Sin embargo, su uso es controvertido, ya que el EDTA presenta una baja degradabilidad y su gran persistencia en el ambiente puede suponer la introducción de un contaminante adicional al medio. La excesiva solubilización de metales producida por el EDTA puede implicar un riesgo de lixiviación a las aguas subterráneas y además puede resultar tóxico para las plantas y los microorganismos, incluso a bajas concentraciones (7).

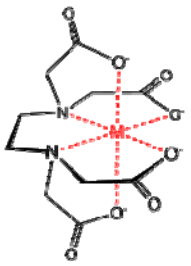


Figura 4. Complejo (quelato) metal-EDTA.

Por ello se han propuesto otros compuestos sustitutos del EDTA de mayor biodegradabilidad aunque de menor capacidad quelante, lo que puede limitar su utilización en la fitoextracción inducida. El éxito de esta técnica depende de alcanzar un compromiso entre la rápida degradación de estas sustancias en el medio y su capacidad para movilizar los metales de forma efectiva.

Entre los compuestos descritos se encuentran los derivados sintéticos de los ácidos aminopolicarboxílicos (APCAs), entre los que se encontraría el EDTA, el CDTA (ácido trans-1,2-ciclohexilendinitrilotetracético), EGTA (ácido etilenglicol-tetraacético), HEDTA (ácido hidroxiletilendiaminotetracético), DTPA (ácido dietilentriaminopentacético), etc. Estos productos, al igual que el EDTA, son capaces de mejorar la absorción de metales por las plantas, sin embargo también presentan toxicidad para las plantas.

Otro compuesto estudiado ha sido el EDDS (ácido etilendiaminodisuccínico), que es también derivado de los APCAs aunque de origen natural. Esta sustancia que producen algunos microorganismos presenta una mayor biodegradabilidad que el

EDTA y consigue movilizar importantes cantidades de metales. Dentro de este grupo se ha ensayado con el NTA (ácido nitrilotriacético), compuesto biodegradable que no resulta fitotóxico, aunque posee una menor capacidad para desorber metales que algunos APCAs sintéticos (8).

Por otro lado, los ácidos orgánicos de bajo peso molecular (LMWOAs) son productos naturales, procedentes de exudados de las raíces de las plantas, de metabolitos de los microorganismos y de la descomposición de la materia orgánica del suelo, que presentan una importante capacidad de formar complejos y quelatos con los metales y los nutrientes y de modificar su fijación y movilidad en el suelo (Figura 5). Se ha demostrado que los ácidos orgánicos presentes en la rizosfera desarrollan un importante papel en la solubilización y absorción de metales por las plantas (9).

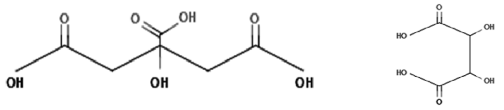


Figura 5. Ácidos orgánicos de bajo peso molecular (LMWOAs) *más utilizados en fitoextracción asisistida. Ácido cítrico (izquierda). Ácido tartárico (derecha).*

Los LMWOAs presentan como ventaja ser más biodegradables que los quelantes sintéticos, pero esta rápida degradación por los microorganismos del suelo puede limitar su utilización en la fitoextracción asistida de metales, al ser necesario añadirlos en dosis elevadas. Por otro lado, debido a las cargas negativas asociadas con sus grupos carboxílicos, estos compuestos pueden ser rápidamente adsorbidos en la superficie de las partículas sólidas del suelo, reduciendo la desorción de metales si se encuentran en bajas concentraciones.

La capacidad que tienen los ácidos orgánicos de formar complejos con los metales depende del número y proximidad de sus grupos carboxílicos, de la concentración y tipo de metal y del pH de la solución del suelo. Los monocarboxílicos (ácido láctico, fórmico y acético) tienen una baja capacidad complejante, mientras que los ácidos orgánicos dicarboxílicos (ácido málico, fumárico, tartárico, succínico) y tricarboxílicos (ácido cítrico, isocítrico, acónico) poseen un gran poder de complejación con los metales (10).

Recientemente se ha investigado sobre la capacidad de movilización de metales por el ácido cítrico y el ácido tartárico en suelos contaminados mediante ensayos en columnas de lixiviación (11) (Figura 6). La aplicación de estos ácidos en bajas concentraciones (0-0,05 mM) no consigue extraer una cantidad significativa de metales del suelo (Cu y Zn). En cambio, la adición de elevadas concentraciones de ácido cítrico (10 mM) es capaz de extraer el Cu del suelo de forma efectiva. Por tanto, el ácido cítrico podría resultar un agente quelante eficaz en la fitoextracción asistida de Cu en suelos contaminados aplicándolo en las concentraciones adecuadas.



Figura 6. Ensayo en columnas de lixiviación con ácidos orgánicos de bajo peso molecular.

Otro tipo de compuestos aptos para la fitoextracción inducida de metales son los ácidos húmicos (HA). Estas sustancias representan una fracción de las sustancias húmicas (HS), que se encuentran de forma natural en los suelos y provienen de la descomposición de restos animales y vegetales. Los HA pueden interaccionar con los iones metálicos del suelo formando complejos solubles en agua y otros insolubles, que influyen en la disponibilidad y movilidad de los metales en el suelo (12).

En los últimos años se han llevado a cabo ensayos con diversos compuestos orgánicos para la fitoextracción inducida de metales en suelos contaminados, demostrándose que poseen múltiples ventajas e inconvenientes. Como consecuencia de su diferente toxicidad, capacidad quelante, biodegradación, etc. podrían resultar adecuados en determinadas condiciones, en función del tipo de metal, suelo, especie vegetal empleada, etc. Asimismo se ha constatado que la utilización de compuestos orgánicos posee un gran potencial al favorecer los procesos de absorción de los metales por las plantas y la translocación a la parte aérea. Por tanto, las líneas de investigación deberían dirigirse hacia el diseño y obtención de nuevos compuestos que mejoren la fitoextración inducida sin provocar daños al medio ambiente.

REFERENCIAS

1. B.J Alloway, *Heavy metals in soils*, 2nd edition, Blackie Academic & Professional, London (1995).
2. M.J. McLaughlin, B.R. Singh. *Cadmium in soils and plants.* Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands (1999).
3. I. García, C. Dorronsoro, *Contaminación por metales pesados. Tecnología de Suelos*. http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/introd.htm

4. I. Raskin, R.D. Smith, D.E. Salt, *Current Opinion in Biotechnology,* **1997**, Vol. 8, 221-226.
5. J. Pérez-Esteban, C. Escolástico, J. Ruiz-Fernández, A. Masaguer, A. Moliner, *Environmental and Experimental Botany* (2011).
6. C.W.A. Nascimento, D. Amarasiriwardena, B. Xing, *Environmental Pollution* **2006**, Vol. 140, 114-123.
7. W.H. Evangelou, M. Ebel, G. Hommes, A. Schaeffer, *Water Air Soil Pollut.,* **2008**, Vol. 195, 177-188.
8. M.W.H. Evangelou, M. Ebel, A. Schaeffer, *Chemosphere,* **2007**, Vol. 68, 989-1003.
9. G. Cieslinski, K.C.J. Van Rees, A.M. Szmigielska, G.S.R. Krishnamurti, P.M. Huang, *Plant Soil,* **1998**, Vol. 203, 109-117.
10. D.L. Jones, *Plant Soil,* **1998**, Vol. 205, 25-44.
11. J. Pérez-Esteban, C. Escolástico, A. Moliner, A. Massaguer, *Chemosphere,* **2012**, en prensa.
12. O.K. Borggaard, P.E. Holm, J.K. Jensen, M. Soleimani, B.W. Strobel, *Acta Agric. Scand. Sect. B-Soil Plant Sci.,* **2011**, Vol. 61, 577-581.

IDEAS Y CREENCIAS DE ALUMNOS DE EDUCACIÓN SECUNDARIA SOBRE LA PRESENCIA DE CAL EN EL AGUA DE BEBIDA

Francisco Rodríguez Mora[a], Ángel Blanco López[b]
[a]I.E.S. Luis Barahona de Soto, Archidona, Málaga
[b]Didáctica de las Ciencias Experimentales
Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Málaga
from0018@fmoramj.jazztel.es, ablancol@uma.es

Se presentan las ideas y creencias de un grupo de estudiantes de secundaria sobre la presencia de "cal" en el agua de bebida (del grifo o embotellada) detectadas en la puesta en práctica de una unidad didáctica que utiliza el "consumo de agua embotellada" como contexto para desarrollar el proceso de enseñanza aprendizaje. Se analiza el progreso de estas ideas como consecuencia de la intervención didáctica realizada y se plantean algunas conclusiones e implicaciones didácticas.

1. INTRODUCCIÓN

Existe un amplio consenso en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias y de la innovación educativa de que se obtiene una mejor comprensión de la ciencia que se enseña en el aula cuando aquélla se vincula con el entorno cotidiano de los estudiantes. Así, se asume que una ciencia en contexto, conectada con la vida diaria del estudiante, favorece su aprendizaje y fomenta el interés del alumnado al encontrar utilidad y sentido a aquello que se le enseña (1). Aunque este enfoque no es nuevo, sí es cierto que ha resurgido con especial intensidad a partir de la introducción de las denominadas competencias básicas en los currículos escolares.

Para nuestros propósitos asumiremos lo que sobre los contextos de enseñanza y aprendizaje indican Sanmartí, Burgoa y Nuño (2), al considerarlos como aquellas situaciones relevantes del entorno social y cultural del alumnado que tienen la capacidad de generar conocimiento útil desde el punto de vista científico.

En el proyecto de investigación en el que se inserta esta comunicación (3) se vienen desarrollando y evaluando distintas unidades didácticas para las materias de Ciencias de la Naturaleza y de Tecnología en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), utilizando situaciones y contextos cotidianos, con la finalidad de trabajar y desarrollar en el aula competencias básicas (4).

El consumo de agua de bebida embotellada se ha convertido en un fenómeno social con un claro componente cultural, que trasciende al mismo producto (en el que está implícito, por ejemplo, la moda del culto al cuerpo, preocupación por llevar una vida sana, vida saludable...) presente, por tanto, en el entorno diario del alumnado (5). Por estas razones, una de las unidades didácticas diseñadas plantea y utiliza este tema como contexto de enseñanza y aprendizaje.

En trabajos desarrollados en cursos anteriores se utilizó un cuestionario inicial para conocer las ideas y creencias que los estudiantes de Educación Secundaria

manifestaban sobre el tema del consumo de agua de bebida embotellada. En sus respuestas se pusieron de manifiesto continuas referencias a la presencia de "cal" en el agua del grifo como una de las razones para el consumo de agua embotellada.

La presencia de cal es asumida por muchos de los estudiantes participantes como algo exclusivo del agua del grifo y de la que el agua embotellada parece estar exenta. En esta línea, aparecen de forma significativa afirmaciones del tipo *"Porque (el agua embotellada) no tiene cal como el agua del grifo"*. Por otro lado, la presencia de cal en el agua del grifo se identifica como algo negativo, lo que contribuye a la mala percepción que, en general, parecen tener muchos de ellos sobre el agua corriente del grifo: *"El agua del grifo es mala por la cal"*. También se identificó la creencia de que la cal del agua parece ser algo "externo" añadido al agua y no una particularidad debida a su origen y composición: *"El agua del grifo puede tener cal de las tuberías pero el agua embotellada no tiene cal porque no la hemos sacado de las tuberías"*.

Con objeto de atender a estas ideas y creencias y de ayudar a los estudiantes a revisarlas y evaluarlas a la luz del conocimiento químico, se decidió incorporar algunas actividades sobre esta cuestión en la unidad didáctica mencionada.

El objetivo de esta comunicación es identificar y caracterizar estas ideas y analizar en qué medida la intervención didáctica realizada ha ayudado a los alumnos a modificarlas y/o a integrarlas con el conocimiento químico.

2. CONTEXTO DE LA EXPERIENCIA

Los resultados que se presentan fueron obtenidos en la puesta en práctica de la unidad didáctica durante el curso escolar 2010/11 en el centro educativo donde trabaja uno de los autores, un centro de tipología rural del norte de la provincia de Málaga. Se llevó a cabo, en la materia de Física y Química, con un grupo de tercer curso de E.S.O. integrado por 20 alumnos (10 chicas y 10 chicos). La unidad didáctica se presentó en formato web para aprovechar los recursos TIC con los que cuenta el centro (6). Se emplearon nueve sesiones lectivas de una hora incluyendo la prueba de evaluación.

La unidad didáctica se articula en torno a dos preguntas clave que se utilizan como guía para estructurar y vertebrar la secuencia de actividades de enseñanza-aprendizaje: *¿Es necesario consumir agua embotellada? ¿Es mejor el agua embotellada que el agua del grifo?* En la Tabla 1 se recogen, de forma resumida, las distintas fases de la secuencia y los interrogantes planteados durante su desarrollo en el aula (7).

Para tratar el tema de la cal en el agua se plantearon las siguientes actividades:

1. En la fase inicial de orientación y explicitación de ideas previas se recogieron las ideas y creencias que, de forma espontánea, manifestaron los estudiantes al responder a un cuestionario sobre el consumo de agua embotellada.
2. En la fase de desarrollo y, concretamente, con respecto al interrogante *¿Qué diferencias hay ente el agua del grifo y el agua embotellada?*, los estudiantes tenían que comparar la composición de cuatro marcas de agua mineral natural con el agua de consumo público de dos poblaciones andaluzas, a partir de los datos recogidos en las etiquetas, por un lado, y en los análisis químicos disponibles en la

web. Esta tarea incluía la comparación de la concentración de iones calcio y magnesio presentes en estas aguas.

3. En una actividad relacionada con el interrogante *¿Por qué bebemos agua embotellada?* se presentaba una lectura en la que se relacionaba la cal con la dureza del agua, y sus posibles efectos sobre la salud. Posteriormente los estudiantes tenían que argumentar sobre la siguiente situación: *"La madre de tu mejor amigo compra agua embotellada de la marca X porque le han dicho que el agua embotellada «no tiene cal». Con la información del texto que acabas de leer argumenta si su afirmación es totalmente correcta. ¿Qué razones le darías para convencerla de tu opinión?"*
4. En la prueba de evaluación, que se llevó a cabo una semana después de finalizar la secuencia didáctica, se incluyó la siguiente pregunta: *"Argumenta la veracidad o falsedad de la siguiente afirmación: «El agua embotellada no tiene cal. Solo el agua del grifo tiene cal»*.

Tabla 1. Fases e interrogantes de la secuencia didáctica sobre el consumo de agua de bebida embotellada.

FASES DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA	INTERROGANTES DEL PROBLEMA
Orientación y explicitación de ideas previas	¿Por qué es importante plantearse el consumo de agua embotellada?
	¿Cuáles son mis ideas, hábitos y postura personal ante el consumo de agua embotellada?
	¿Cuáles de estas ideas pueden ser científicamente contrastadas y cuáles no?
	¿Qué conocimientos científicos son importantes para tomar una decisión fundamentada sobre este problema?
Construcción, aplicación y generalización de conocimientos	¿Qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?
	¿Qué diferencias hay entre el agua del grifo y el agua embotellada?
	¿Por qué bebemos agua embotellada?
Síntesis y recapitulación. Evaluación	¿Qué ventajas e inconvenientes presenta el consumo de agua del grifo y de agua embotellada?
	¿Es necesario consumir agua embotellada? ¿Es mejor que el agua del grifo?
	¿Qué he aprendido sobre este problema?
	¿Para qué me sirven estos conocimientos?

3. RESULTADOS

Tras la puesta en práctica de la unidad didáctica se decidió analizar el progreso de las ideas y creencias de los estudiantes sobre el tema de la presencia de cal en el agua de bebida.

3.1. Ideas y creencias

La primera tarea consistió en detectar e identificar las categorías presentes en las respuestas de los estudiantes a tres ítems del cuestionario inicial antes citado, que versaban sobre las razones para consumir, o no, agua embotellada y las diferencias entre ésta y el agua del grifo. Aunque no se pedía explícitamente sus ideas sobre la cal, los alumnos en sus respuestas incluyeron un buen número de referencias espontáneas, que se han recogido en la tabla 2.

Tabla 2. Categorías de respuestas sobre la presencia de cal en el agua de bebida, identificadas en el cuestionario inicial.

CATEGORÍAS	EJEMPLOS DE RESPUESTAS
El agua embotellada no tiene cal pero el agua del grifo sí	*"La embotellada es más sana y no contiene cal. La del grifo suele tener sabor y contiene cal" [18]*[1]
El agua embotellada sí tiene cal pero menos (no tanto) como el agua del grifo	*"A veces, el agua del grifo sale blanca por la cal. La embotellada no tiene tanta cal y sabe mejor que la del grifo" [20]*
El agua del grifo tiene mucha (más, bastante) cal	*"La embotellada sabe mejor (y es más sana) y la del grifo tiene mucha cal" [2]*

[1]Los números entre corchetes se refieren al número asignado a cada alumno/a para su identificación.

Tras la intervención didáctica se procedió a una nueva categorización, esta vez basada en las respuestas de los estudiantes a la cuestión, antes mencionada, incluida en la prueba de evaluación, encontrándose que además de las tres categorías citadas, aparecía una nueva, como se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Nueva categoría de respuestas sobre la presencia de cal en el agua de bebida identificada en la prueba de evaluación.

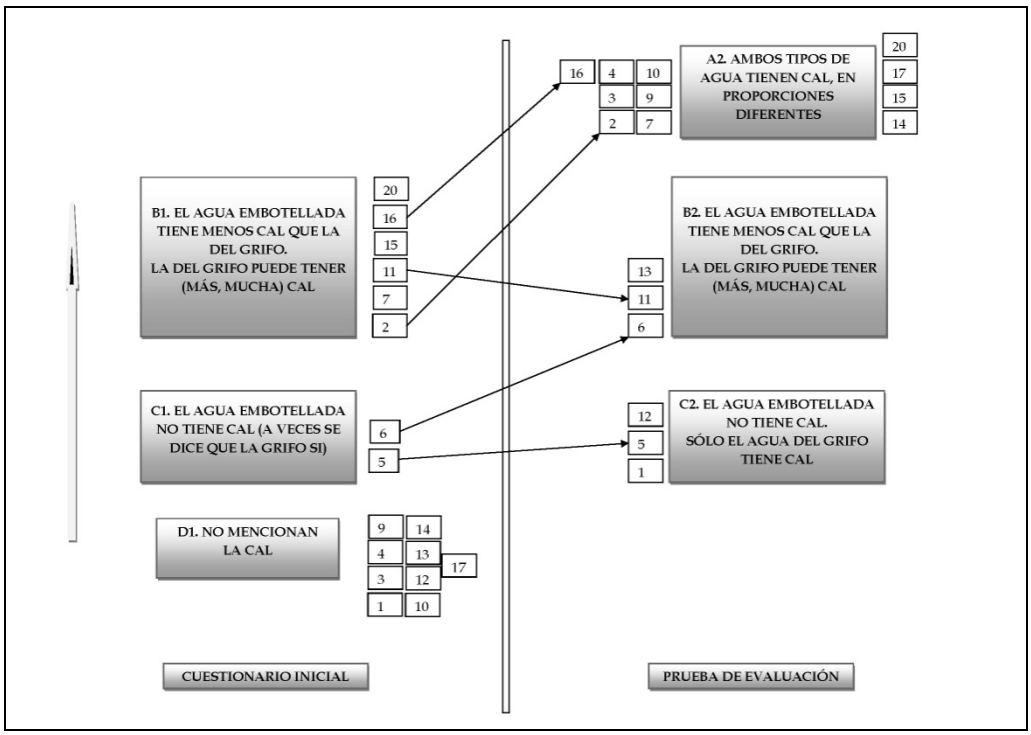
CATEGORÍA	EJEMPLO DE RESPUESTA
Todas las aguas tienen cal. Tanto el agua embotellada como el agua del grifo tienen cal	*"Cal tiene tanto el agua del grifo como la embotellada" [14]*

3. 2. Progreso en las ideas

Con objeto de analizar los cambios y el posible progreso de las ideas, se procedió a comparar las respuestas de cada alumno en los dos momentos de la intervención didáctica mencionados (cuestionario de ideas previas y prueba de evaluación).

En el cuadro 1 se representan las respuestas de los 18 alumnos (2 no realizaron alguna de las dos tareas) según las categorías en las que se han incluido en cada uno de los dos momentos de la intervención y se ilustran, mediante flechas, algunos de los tipos de cambios observados.

Cuadro 1. Diagrama de progreso de las ideas de los estudiantes.



Las categorías de respuestas, antes citadas, se han ordenado verticalmente, indicando un progreso, de abajo hacia arriba, en el sentido de su adecuación al conocimiento científico. Así, se ha considerado que la categoría "A": "*Ambos tipos de agua tienen cal pero en proporciones diferentes",* representa la idea más correcta esperable en los alumnos con los que se ha trabajado.

Como se aprecia, en el cuestionario inicial (parte izquierda del cuadro), ocho alumnos hacían referencias espontáneas a la presencia de cal en el agua, de los cuáles seis (75 %) se incluyen en la categoría "B" y dos en la "C". Asimismo, otros nueve no mencionaron la cal en sus respuestas. En el momento inicial no se identificó ninguna respuesta que se pudiese incluir en la categoría "A".

Tras la prueba se evaluación (parte derecha del cuadro) se observó que las respuestas de los alumnos se distribuyen en las tres categorías identificadas en este momento y desaparece, como es lógico, la "D". Como se aprecia, las respuestas de 11 alumnos (65 %) se incluyen en la categoría "A" (la más idónea); 3 alumnos (18 %) se incluyen en la categoría B y 3 (17 %) en la "C" (la menos idónea de las consideradas).

Si nos fijamos en los 8 alumnos que mencionaron la cal en los dos momentos analizados, podemos valorar su posible progreso, entendiéndolo como el cambio de una categoría inicial dada a otra superior, en el sentido de más idónea desde el punto de vista científico. Así, podemos decir que 6 de estos 8 alumnos ([2], [6], [7], [16], [15] y [20]) (75 %) presentan un progreso que implica el cambio de una categoría a la inmediatamente superior, mientras que dos alumnos no manifestaban avance en sus respuestas ([5] y [11]). Ejemplos de estos progresos se ilustran en la tabla 4:

Tabla 4. Ejemplos de respuestas que implican un progreso en las ideas de los estudiantes.

ALUMNO	RESPUESTA EN EL CUESTIONARIO INICIAL	RESPUESTA EN LA PRUEBA FINAL DE EVALUACIÓN
[2]	*"La embotellada sabe mejor (y es más sana) y la del grifo tiene mucha cal"*	*"Las dos tienen cal. La cal es un nombre que le da al agua depende si es más dura o más suave y se dice que tiene más o menos cal"*
[6]	*"El agua embotellada tiene sabor bueno y no tiene cal porque no la hemos sacado de la tubería. A veces, el agua del grifo no tiene un buen sabor, además, que puede tener cal al pasar por las tuberías"*	*"El agua embotellada tiene cal aunque en menos cantidades que el agua del grifo"*
[16]	*"Me gusta más (sabe mejor y su calidad) y la del grifo tiene muchas veces cal"*	*"El agua embotellada también contiene los minerales por los que está formada la cal"*

En cuanto a los 9 alumnos que no hicieron mención explícita de la presencia de cal en sus respuestas iniciales, 6 (67 %), contestaron según lo deseado, es decir, sus respuestas se encuadran en la categoría A. Estos resultados nos llevan a plantear, como hipótesis, que el hecho de no mencionarla en el cuestionario inicial puede ser indicativo de que no tienen ideas previas arraigadas sobre esta cuestión, y que ello les ayuda a aceptar más fácilmente la idea científica.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que los estudiantes participantes, con frecuencia, consideran que la cal en el agua es un aspecto relevante para diferenciar el

agua embotellada de la del grifo y, por tanto, un aspecto importante para tomar la decisión de consumir un tipo de agua u otro.

Piensan en la cal, en algunos casos, como algo externo añadido al agua o que se adquiere en el proceso de conducción del agua hasta su consumo, o como algo inherente y exclusivo del agua del grifo, no presente en el agua embotellada. En algún caso, se considera que la cal en el agua embotellada, en caso de tenerla, está disuelta y "apenas se ve", mientras que la del agua del grifo "se ve a simple vista".

Si valoramos la eficacia a corto plazo de la intervención didáctica planteada en términos del porcentaje de alumnos que llegan a la respuesta deseada, categoría "A", podemos decir que esta ha sido adecuada (65 %) pero no completa. Ahora bien, si utilizamos como criterio el hecho de que se haya producido algún progreso en sus ideas, de la forma antes descrita, podemos decir que la eficacia ha sido mayor (75%).

Como han mostrado multitud de estudios, las ideas de los alumnos no parecen cambiar, de forma generalizada a corto plazo, como resultado de intervenciones didácticas y se muestran fuertemente arraigadas en sus formas de hablar y pensar, sobre todo cuando éstas parten de las experiencias y las vivencias cotidianas (8).

No obstante, es necesario hacer los esfuerzos didácticos necesarios para ayudar a los alumnos a progresar en sus ideas y en este sentido, los resultados obtenidos nos llevan plantear algunas mejoras en la propuesta didáctica utilizada:

i. Modificar la prueba inicial para permitir a los estudiantes explicitar todas las ideas y creencias sobre la presencia de cal en el agua de bebida.
ii. Analizar de forma explícita con los alumnos los significados que ellos dan al término "cal" e identificar las fuentes de las que provienen sus ideas.
iii. En la intervención didáctica realizar un mayor hincapié en la relación "cal" con la concentración de calcio y magnesio presente en el agua de bebida.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto de I+D+i «Diseño y evaluación de un modelo para el fomento de la competencia científica en la educación obligatoria (10-16 años)» (EDU2009-07173) financiado por la Secretaría de Estado de Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación en la convocatoria de 2009.

REFERENCIAS

1. A. Caamaño, *Alambique*, **2005**, Vol. 46, 5–8.
2. N. Sanmartí, B. Burgoa, T. Nuño, *Alambique*, **2011**, Vol. 67, 62-69.
3. A. Blanco, E. España, F.J. González, *Actas de los XXIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Universidad de Jaén, **2010**, 729-735.
4. A. Blanco, E. España, F. Rodríguez, *Alambique,* **2012**, Vol. 70, 9-18.
5. A. Blanco, F. Rodríguez, *El consumo de agua de bebida envasada como contexto para desarrollar propuestas de alfabetización científica*, en R. Marqués, R y col., *Perspectivas CTS en la Innovación de la Educación en Ciencias*, Actas del V

Seminario Ibérico y I Seminario Iberoamericano de CTS en la Educación Científica, 2008, 279-283.
6. F. Rodríguez, A. Blanco, J.A. Rueda, "Competencia científica y competencia digital en una unidad didáctica sobre el consumo de agua embotellada". *Actas del 2º Congreso Internacional Sobre Uso y Buenas Prácticas con TIC para la Investigación y la Docencia*, 2011.
7. A. Blanco, F. Rodríguez, J.A. Rueda, *Aula de Innovación Educativa*, **2011**, Vol. 207, 35-40.
8. J. Carrascosa, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias,* **2005**, Vol. 2, 183-208.

¿QUÉ SABEMOS DE PLAGUICIDAS DOMÉSTICOS? PREVENCIÓN DE RIESGOS Y PROPUESTA DE ACTIVIDADES

Daniela Curvale Casanitti, Gabriela Sansone Bosque, Gabriela Ferrari Navarta, Diana González de Cid
Proyecto de Extensión Universitaria del laboratorio de Toxicología y Química Legal
Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional de San Luis
San Luis, Argentina
dgonza@unsl.edu.ar, dacurval@unsl.edu.ar

Se describe una actividad de extensión universitaria que procura lograr la participación activa de alumnos de diferentes niveles educativos, docentes y comunidad en general en la resolución de la problemática que plantean los plaguicidas de uso doméstico, aportando en la difusión del conocimiento sobre el manejo correcto de estos productos químicos y colaborando en la prevención de accidentes domésticos y efectos adversos a largo plazo. Se propone una modificación en la normativa de disposición final de los residuos de estos plaguicidas.

1. INTRODUCCION

Entre los años 2005-2006 se llevó a cabo un estudio multicéntrico sobre "Plaguicidas de uso doméstico" organizado por el Ministerio de Salud de la Nación, que incluyó 9 regiones de Argentina: Ciudad Autónoma de Buenos Aires, La Plata-Provincia de Buenos Aires y las capitales de las provincias de San Luis, Córdoba, Santa Fe, Chubut, Jujuy y Misiones (1).

En ese estudio se realizaron un total de 3.625 encuestas en hogares de tres estratos sociales clasificados en alto, medio y bajo según la infraestructura y servicios de la vivienda. Algunos de los resultados hallados fueron preocupantes en cuanto a las conductas de uso, almacenamiento y disposición final de productos de este tipo por parte de la población (Tabla 1). Es por ello que en el año 2005 se asumió la responsabilidad de comenzar a trabajar con diversas metodologías con el objeto de lograr mejorar los resultados de ese estudio y es por ello que se propuso, desde este Proyecto de Extensión Universitaria denominado "El Laboratorio de Toxicología y Química Legal al Servicio de la Comunidad", articular la enseñanza de la Toxicología en la universidad con el trabajo comprometido de docentes y alumnos universitarios con la comunidad. Se debe destacar que el laboratorio de Toxicología y Química Legal de la Universidad Nacional de San Luis pertenece al directorio de laboratorios de la Red Argentina de Toxicología-REDARTOX y funciona en los marcos de las directrices emitidas por el Ministerio de Salud de la Nación (2).

Se planificaron talleres destinados a escuelas de nivel primario y secundario en los que se utilizaron diversas metodologías didácticas con el fin de lograr la difusión del conocimiento de la peligrosidad del uso y abuso de plaguicidas en ámbitos hogareños, los cuales vienen desarrollándose desde el año 2006. Durante los talleres (ver Figuras 1 a 3) se inculca la importancia de la lectura detallada, minuciosa de los rótulos y

prospectos que acompañan a los productos plaguicidas comerciales, la importancia de respetar esas instrucciones y los riesgos para la salud humana, de animales domésticos y el ambiente que trae aparejado el manejo inadecuado de los mismos. Se propone dentro de las conductas de prevención la utilización de formulaciones con productos naturales autóctonos y accesibles.

Se realizaron encuestas similares a las empleadas en el estudio de los años 2005-2006 con el objeto de comparar los resultados y ver el estado de situación al año 2011. Si bien el tamaño de la muestra en este caso es más pequeño, es posible a pesar de ello, sacar algunas conclusiones que son las que mostramos en el presente trabajo y las cuales han generado preocupación y la propuesta de actividades que conduzcan a evitar accidentes domésticos y laborales con estas sustancias, como así también el respeto por la legislación vigente.

2. METODOLOGÍA

El presente trabajo se desarrolló durante el año 2011 en San Luis, una provincia mediterránea de Argentina, ubicada en el centro del país, con una superficie de 76.748 km^2 aproximadamente, una población total de 431.588 habitantes y una densidad poblacional de 5,6 habitantes por km^2, datos del Censo 2010 (3). Se encuentra dividida en 9 departamentos de los cuales el Departamento Juan Martín de Pueyredón o capital, con 204.512 habitantes según el censo 2010 y una superficie de 13.120 kKm^2, presenta la mayor densidad poblacional, que es de 15,6 habitantes por km^2 .

Se realizaron talleres en los que participaron docentes y alumnos de 2 escuelas secundarias y primarias de la ciudad de San Luis, capital de la provincia, y docentes y alumnos universitarios integrantes del proyecto de extensión, responsables del dictado de esos talleres. Las actividades incluyeron la realización de las encuestas, exposiciones teóricas, trabajos prácticos con diversas metodologías didácticas a modo de evaluación de la transposición didáctica y entrega de material instructivo.

La encuesta constó de las secciones siguientes: 1.- Situación socio-económica y educativa del encuestado y familia. 2.- Percepción de la peligrosidad de los plaguicidas comerciales. 3.- Almacenamiento y modos de aplicación. 4.- Fraccionamiento y desecho de los envases y productos vencidos. 5.- Accidentes con plaguicidas de uso doméstico.

Se realizó un estudio descriptivo sobre las 76 encuestas contestadas en la escuela primaria y secundaria. Se incluyó en este trabajo 48 encuestas respondidas por alumnos del nivel universitario del último año de las carreras de Bioquímica y Farmacia con el objeto de comparar los resultados hallados en los diferentes niveles educativos.

3. RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran algunos de los resultados del estudio multicéntrico realizado en los años 2005-2006 y, posteriormente, se introducen los datos obtenidos

en los talleres del año 2011 a fin de poder comparar las diferencias entre ambos estudios.

3.1. Estudio multicéntrico 2005-2006

Dentro de los resultados destacados en 2005-2006 se observó que un 26,1 % de los hogares consultados utilizaba botellas de gaseosas o agua mineral para diluir o fraccionar el plaguicida. En San Luis este porcentaje era menor 17,2 %. Estos resultados son alarmantes porque se sabe, y estudios estadísticos y epidemiológicos así lo avalan, que el accidente doméstico más común es el de beber estos tóxicos por error creyendo que se trata de una bebida gaseosa. Más preocupante aún es en el caso de los niños pequeños que, además de no saber leer, si es que la botella tuviera un rótulo identificativo, son más sensibles y la anamnesis es también más complicada (Tabla 1).

Es usual en Argentina la venta de productos de limpieza para el hogar en forma fraccionada, lo que incluye plaguicidas de las familias de las piretrinas y piretroides. Este fraccionamiento se hace generalmente en botellas que llevan los mismos clientes, las cuales casi siempre son botellas plásticas de bebidas gaseosas o de agua mineral sin ningún tipo de rótulo o identificación. Al ser consultados por la falta de rótulo con la información pertinente, el personal de esos comercios respondió que no colocaban ninguna identificación porque encarecía el producto y demoraba todo el procedimiento de venta.

Tabla 1. Resultados hallados en las encuestas realizadas por el Estudio Multicéntrico del año 2005-2006, destacando en el total de las encuestas los valores encontrados en la ciudad de San Luis, capital de la provincia del mismo nombre.

Parámetros encuestados	Porcentajes totales en el país	Porcentajes en la ciudad de San Luis
Fraccionamiento o dilución de plaguicidas en envases de gaseosas.	26,1 %	17,2 %
Disposición final de envases vacíos y productos vencidos o en desuso en el sistema de recolección domiciliaria de residuos.	89,5 %	94,8 %
Ocurrencia de intoxicaciones.	10,3 %	8,1 %
Intoxicaciones vía oral (es un porcentaje del total de Ocurrencia de intoxicaciones).	38,1 %	27,3 %
Intoxicaciones vía inhalatoria (es un porcentaje del total de Ocurrencia de intoxicaciones).	49,9 %	66,7 %
Total de encuestas evaluadas.	3.625	421

En las 9 zonas estudiadas un 89,5 % desechaba los envases vacíos de plaguicidas, así como los productos vencidos y aquellos restos de productos sin utilizar, en el sistema local de recolección de residuos domiciliarios. En este caso, en San Luis el valor fue del 94,8 %. Estos resultados son para tener en cuenta considerando que los productos vencidos y aquellos envases que todavía contienen restos de plaguicidas pueden conservar su potencial tóxico contaminando el resto de los residuos domiciliarios, en general inocuos, produciendo grandes volúmenes de residuos contaminados con sustancias tóxicas. Se debe pensar que el personal que trabaja y trata con esos residuos desconoce la peligrosidad de lo que esta transportando y manipulando en la disposición final.

Dentro de los antecedentes de intoxicaciones con estos plaguicidas usados en el hogar se halló un 10,3 % en las 9 regiones del país analizadas, siendo mayoritariamente la vía respiratoria (49,9 %) seguida por la vía digestiva u oral (38,1 %). En San Luis se encontró un 8,1 % de casos dentro de las 421 encuestas evaluadas con un 66,7 % correspondiente a la vía inhalatoria y un 27,3 % vía digestiva. Para el caso de San Luis, en general se trató de intoxicaciones accidentales y no intentos de suicidio como suele suceder con estas sustancias.

3.2. Estudio del año 2011

En este estudio del año 2011 se halló un 3,95 % y un 2% de ocurrencia de intoxicaciones en los sectores primarios-secundarios y universitarios, respectivamente. En ambos sectores un alto porcentaje desecha los productos vencidos y envases de plaguicidas al sistema de recolección de residuos domiciliarios. El fraccionamiento o utilización de botellas gaseosas es bastante inferior en el sector de alumnos universitarios (8 %) respecto del otro nivel encuestado (26,92 %) (Tabla 2). En estos tres parámetros estudiados los porcentajes en el sector de alumnos universitarios son menores, indicando que el nivel de instrucción es importante como herramienta para la prevención de accidentes y cuidado del ambiente.

Con respecto a la lectura de las etiquetas y prospectos que acompañan los envases de plaguicidas, la mayoría declaró leer tanto en el presente estudio como en el realizado en los años 2005-2006. Un pequeño número de encuestados se quejó de la información poco clara. Un dato llamativo fue que la mayoría de los encuestados consideró la letra de las etiquetas muy pequeña, siendo de gran importancia para la gente mayor, o quienes presentan problemas visuales que dificultan su lectura correcta.

Otros comentarios que agregaron los entrevistados sobre la información en la etiqueta del producto fueron: ampliar y aumentar en tamaño la información, colocar con color rojo la palabra “Tóxico”, agregar información en un libro, especificar mejor el uso y desuso, etiqueta con rótulo visible, falta de colores, la etiqueta debería contener logos y/o dibujos, más información, letras más remarcadas y más grandes, la información de las etiquetas en algunos envases es incompleta, no son específicos, que los productos sueltos tengan etiqueta, que salud pública explique bien cuáles son los

productos que dañan la salud y que en la etiqueta se identifique bien claro cuando el producto es tóxico para los seres humanos y los animales domésticos, abejas y peces.

Tabla 2. Resultados hallados en las encuestas realizadas en el año 2011 a los alumnos de dos escuelas de nivel primario y secundario y alumnos universitarios de las carreras de Farmacia y Bioquímica de la ciudad de San Luis, capital de la provincia del mismo nombre.

Parámetros encuestados	*% en alumnos universitarios*	*% en alumnos primarios y secundarios*
Fraccionamiento o dilución de plaguicidas en envases de gaseosas	8%	27%
Disposición final de envases vacíos y productos vencidos o en desuso en el sistema de recolección domiciliaria de residuos	71%	85%
Ocurrencia de intoxicaciones	2%	4
Total de encuestas evaluadas	48	76



Figura 1. Escolares e integrantes del Proyecto de Extensión Universitaria al finalizar la jornada de un taller.

Entre otras observaciones realizadas por los alumnos y docentes integrantes del Proyecto de Extensión se destaca que:

- En el 100% de los comercios visitados se observa la falta del cartel con la leyenda de advertencia "Producto Tóxico", tal como lo exige el Decreto Municipal (4). Las personas que venden estos plaguicidas dicen conocer los riesgos de un mal manejo, sin embargo piensan que la gente en general no tiene conciencia de la toxicidad de los mismos.

- En los comercios se encontraron numerosos productos que no cumplen con la información que debe contener la etiqueta o la misma es incompleta. En viveros,

ferreterías, venta de productos de limpieza, supermercados y algunos autoservicios se hallaron productos que no contienen la información necesaria y obligatoria como es:
11 usar ropas y equipos de protección en los casos en que es necesario hacerlo, falta solo la calavera (símbolo de veneno), falta información de primeros auxilios, falta información sobre destrucción o eliminación del envase, faltan las advertencias de "No reutilizar el envase", carencia de la fecha de fabricación y número de lote, falta del símbolo y significado de peligrosidad, falta la advertencia "mantenga fuera del alcance de los niños", no se incluyen las precauciones y consejos sobre salud y seguridad, información sobre primeros auxilios, antídoto correspondiente y recomendación.

Por lo general, las falencias más encontradas son la ausencia del símbolo de peligrosidad, que a nuestro criterio es de suma importancia ya que los niños, si son muy pequeños, la única forma de entender el peligro puede ser identificando el símbolo de la calavera, lo mismo para el caso de personas que no saben leer, o leen en otro idioma o no ven letras pequeñas. Este símbolo se encuentra bien remarcado en las marcas tradicionales.



Figura 2. Alumnos del taller recibiendo su certificado de asistencia y participación. Al fondo del aula, alumnos y docentes universitarios integrantes del Proyecto.

4. CONCLUSIONES Y PROPUESTA DE ACTIVIDADES

- De la evaluación de las encuestas obtenidas en los talleres del año 2011 se desprende que continúan existiendo conductas inadecuadas y peligrosas en el manejo de plaguicidas de uso doméstico, como es la compra y fraccionamiento en botellas de gaseosas, lo cual puede generar intoxicaciones accidentales generalmente en niños. Esta conducta es menor en el sector universitario. Si bien un alto porcentaje declara leer los prospectos, la mayoría se quejó de la letra pequeña y el lenguaje poco claro.

- Debido a la toxicidad de estas sustancias y al potencial tóxico que pueden conservar incluso vencidos proponemos que debería implementarse una gestión diferente a la de los residuos domiciliarios para la disposición final de estos productos. Dentro de las actividades del Proyecto de Extensión del año 2012, se han realizado reuniones con personal jerárquico de la Municipalidad de la ciudad de San Luis con el objeto de proponer reglamentar, en un futuro, el tratamientos de estos y otros residuos peligrosos como pilas, lámparas de bajo consumo, etc. Existen en discusión varios proyectos a nivel provincial y municipal relacionados con esta problemática. Hasta el presente solo se tratan residuos de agroquímicos, para lo cual existe un tratamiento previo a nivel de empresas privadas.

- Es necesario hacer cumplir el Decreto Municipal Nº 338/98-San Luis, que exige el cartel de advertencia "Productos Tóxicos-Alejar del alcance de los niños" en los lugares donde se exponen y comercializan plaguicidas, considerado fundamental para alertar a la población e inducirla a solicitar más información.

Además, es necesario que se respeten las normas vigentes y las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud en cuanto a la información imprescindible que debe incluirse en las etiquetas, rótulos y prospectos de los plaguicidas al momento de ser comercializados y adquiridos por la comunidad.



Figura 3. Final de una jornada de los talleres. Alumnos y docentes mostrando materiales didácticos.

5. PARA CONTINUAR TRABAJANDO

Acorde a los resultados hallados y dado el compromiso asumido por los integrantes de este Proyecto, de realizar campañas de información sobre prevención y abordaje del problema del manejo de plagas y uso de plaguicidas y de jerarquizar el tratamiento del tema a nivel gubernamental, se continuará trabajando en esta temática. Por ello se propone comenzar una campaña institucional con el objeto de incluir los desechos de plaguicidas vencidos y de sus

envases vacíos o con restos de contenido dentro de la gestión de residuos peligrosos y fortalecer los métodos de fiscalización con el objeto de hacer cumplir la normativa vigente que rige la comercialización de los plaguicidas de uso doméstico. Se armoniza de esta manera la enseñanza de la Química Toxicológica, el trabajo en la comunidad y una propuesta aportada a la resolución de un problema detectado.

REFERENCIAS

1. J.H. Piñero, D.M. González, E.A. Lorenzatti, L. Fernández, G. Chimera, *Plaguicidas Domésticos: uso y manejo,* Ministerio de Salud, Presidencia de la Nación, Comisión Nacional Salud Investiga (Argentina), 2007.
2. S. I. García, *Información Toxicológica*, Directorio Edición 2011, Ministerio de Salud, Presidencia de la Nación (Argentina), 2011.
3. Censo 2010, Año del Bicentenario. http://www.estadistica.sanluis.gov.ar
4. Decreto Municipal nº 338-98, Ciudad de San Luis (Argentina), 1998.

UNA EXPERIENCIA DE APLICACIÓN DE MAPAS CONCEPTUALES EN LA ENSEÑANZA DE QUÍMICA FÍSICA

Ljiljana Medic Pejic, Enrique Querol Aragón, Ángel Cámara Rascón, Javier García Torrent
Grupo de Innovación Educativa de Química Aplicada a la Ingeniería
de los Recursos Minerales y Energéticos
Departamento de Ingeniería Química y Combustibles, E.T.S. de Ingenieros de Minas
Universidad Politécnica de Madrid
liliana.medic@upm.es

En este trabajo se ha analizado de qué manera los alumnos de tercer curso de la ETSIM (UPM) elaboran mapas conceptuales en la enseñanza de la asignatura de Química Física. Antes de impartir el tema sobre corrosión, los investigadores evaluaron los conocimientos previos de los estudiantes y los iniciaron en la construcción de los mapas conceptuales. Al final del curso los alumnos elaboraron un mapa conceptual. Los resultados obtenidos evidenciaron que la estrategia utilizada para iniciar a los alumnos en la construcción de mapas conceptuales fue eficiente, permitiéndoles aprender a trabajar con esta herramienta.

1. INTRODUCCIÓN

Las teorías de D. Ausubel (1) y J. Novak (2) enfatizan el papel central de los conceptos en el proceso de aprendizaje. El mapa conceptual es un recurso pedagógico para representar en dos dimensiones la estructura conceptual de una disciplina o parte de la misma basada en sólidos contextos teóricos, circunstancia que lo convierte en idóneo para expresar gráficamente las relaciones proposicionales entre conceptos.

En el proceso del aprendizaje es frecuente que los alumnos memoricen mecánicamente los conceptos sin relacionarlos con los conocimientos previos. Ausubel (1) distinguió entre el aprendizaje por repetición y lo que él denominó aprendizaje significativo. Este último se produce cuando el que aprende relaciona los nuevos conocimientos, de manera organizada y sustancial, con lo que ya sabe.

El mapa conceptual es un instrumento de gran utilidad para lograr el aprendizaje significativo, a través del cual se pueden organizar y expresar las ideas, comprender y clarificar conceptos, profundizar, procesar, organizar modelos y priorizar la información. Mapa conceptual según Novak (2, 3) no es más que "una técnica (estrategia, herramienta o recurso) para representar y organizar el conocimiento, empleando conceptos y frases de enlace entre estos conceptos" que "tienen por objeto representar relaciones significativas entre conceptos en forma de proposiciones".

Los mapas conceptuales tienen una distribución gráfica según la cual los conceptos supraordenados, que son más "abarcativos" e inclusores, se ubican en su parte superior y, a medida que se desciende verticalmente, se van ubicando los conceptos de jerarquía menor (4-6).

En el proceso del aprendizaje significativo existe una interacción entre el nuevo conocimiento y el conocimiento existente en la estructura cognitiva que ya posee significado (7). En esa interacción el nuevo conocimiento adquiere significado para el alumno y el conocimiento previo adquiere nuevos significados, desarrollándose la estructura cognitiva, aumentándose el número de elementos pertinentes en la misma para la atribución de significado a la nueva información e, incrementándose por tanto, la probabilidad en el alumno de incorporar significativamente nuevos conocimientos. Este es el fundamento del aprendizaje significativo. Sin embargo, el aprendizaje significativo a través de conceptos no es un mecanismo automático, sino que requiere la voluntad del alumno y el profesor puede fomentarlo mediante el empleo de los mapas conceptuales.

Entre las ventajas del aprendizaje significativo podemos señalar las siguientes:

- En primer lugar, los conceptos aprendidos significativamente pueden extender el conocimiento adquirido a conceptos relacionados.
- Como el aprendizaje significativo implica una construcción intencional de enlaces sustantivos y lógicos entre nuevos conceptos y conocimientos prexistentes, la información aprendida significativamente se retiene más tiempo y sirve para resolver nuevos problemas, para dar respuestas a nuevas preguntas y aprender más fácilmente nuevas materias (8).
- Finalmente estos conceptos pueden, más tarde, servir como inclusores para la incorporación posterior de conceptos relacionados.

En definitiva, la retención requiere que los alumnos recuerden lo que han aprendido, mientras que la transferencia requiere no solo que los alumnos recuerden sino también que lo que han aprendido tenga sentido y sean capaces de usarlo.

2. METODOLOGÍA

La enseñanza de las ciencias, cuyo objetivo es la integración de varias disciplinas, consiste en guiar a los estudiantes en el proceso de aprendizaje y ayudarlos a encontrar los procedimientos que se deben seguir en la resolución de problemas, entre otros aspectos.

Este trabajo expone una experiencia docente desarrollada con 25 alumnos de tercer curso de la ETSIM (UPM) en la enseñanza de la asignatura de Química Física, empleando tres elementos fundamentales del mapa conceptual: concepto, proposición y palabras de enlace caracterizadas por la jerarquización de los conceptos, partiendo de los conceptos más generales o inclusivos en la parte superior y los conceptos más específicos o ejemplos en la parte inferior, constituyendo así una herramienta eficaz para el desarrollo analítico de los estudiantes.

Teniendo en consideración las particularidades de la asignatura, la misma se planificó en función del aprendizaje de conceptos esenciales buscando en todo momento la relación de estos con las diferentes disciplinas sobre las que se fundamentan, tales como Termodinámica y Química. El estudio se centró en valorar cualitativamente el proceso de corrosión mediante mapas conceptuales y describir todos los conceptos del tema en cuestión de forma coherente y ordenada.

Antes de impartir la clase los investigadores programaron dos actividades: la primera fue la identificación de los conocimientos previos mediante un cuestionario y la segunda, la iniciación de los alumnos en la construcción de los mapas conceptuales. En la web de la asignatura Química Física, en la plataforma Moodle, los alumnos tienen a su disposición el texto desarrollado del tema Corrosión, así como cuestiones de autoevaluación.

El tema de corrosión tenía como objetivos comprender el concepto de corrosión, distinguir y analizar sus diversos tipos y los métodos para su prevención. Las clases fueron impartidas procurando relacionar los conceptos y proposiciones identificados previamente con los nuevos conceptos. Al final del curso los alumnos elaboraron mapas conceptuales sobre corrosión según los criterios que se pueden resumir como sigue:

- Se han identificado los conceptos clave de la lección y se ha elaborado la lista correspondiente, no limitando el número de estos. A los alumnos se les solicitó que enmarcaran en una circunferencia solamente los conceptos, distinguiéndolos de las palabras de enlace.
- Se han ordenado los conceptos de la lista siguiendo el criterio de mayor a menor generalidad. El concepto más general o inclusivo se situó en la parte superior del mapa y a partir de ahí, en niveles cada vez más bajos, los restantes conceptos. Para finalizar, los conceptos más específicos se colocaron en la parte inferior del mapa.
- Los conceptos se unieron mediante líneas, rotulando las mismas con palabras de enlace que definan las relaciones de significado entre los conceptos (proposiciones).
- Se señalaron gráficamente en el mapa enlaces cruzados que conectasen conceptos pertenecientes a ramas jerárquicas distintas del mapa conceptual.
- Las clases fueron impartidas procurando relacionar los conceptos y proposiciones identificadas previamente con los nuevos conceptos.

Este estudio tenía por objetivo, en primer lugar, motivar al alumno y ayudarle a integrar la información que recibe con sus conocimientos previos y así llegar a conclusiones y soluciones autónomas y creativas y, en segundo lugar, analizar de qué manera los alumnos elaboran mapas conceptuales.

Estos mapas conceptuales se analizaron teniendo como referencia un mapa conceptual hecho por los investigadores, empleando los siguientes criterios:

a. conceptos básicos presentes en el mapa conceptual de referencia;
b. otros conceptos que no están presentes en el mapa de referencia;
c. ejemplos que esclarecen los conceptos;
d. proposiciones válidas;
e. proposiciones inválidas.

3. RESULTADO Y DISCUSIONES

Del análisis de los mapas conceptuales elaborados sobre el tema de corrosión se derivaron los siguientes problemas en cuanto a su construcción:

a) Ausencia de palabras de enlace entre los conceptos. Lo hemos considerado como problema, porque se insistió en la importancia de las palabras de enlace entre los conceptos, siendo obligatoria su presencia (véase la Figura 1).
b) Presencia de conceptos repetidos, como puede observarse en la Figura 2.

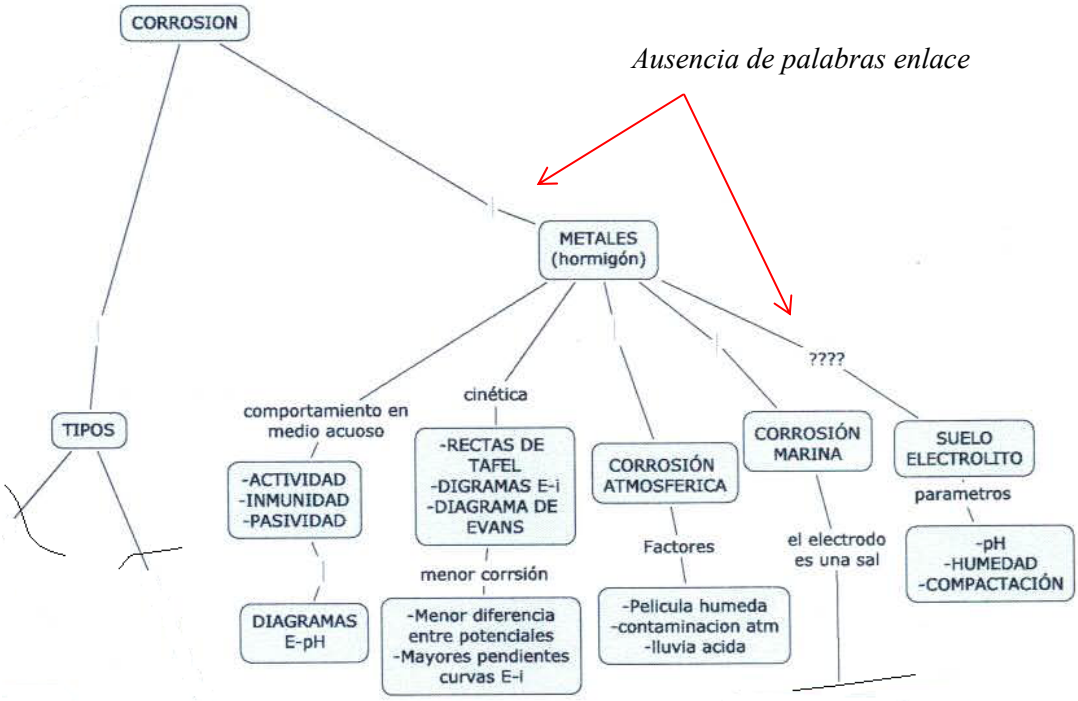


Figura 1. Ejemplo de mapa conceptual con la ausencia de palabras enlace.

El 21% de los mapas conceptuales sobre la corrosión tenían algunos de estos problemas de construcción, posiblemente por las siguientes razones: por la inexperiencia en trabajar con mapas conceptuales, por la dificultad del tema o por falta de conocimiento sobre el tema.

Se consideró como un aspecto positivo el hecho de que los alumnos hayan agregado más conceptos o ejemplos en la misma figura de los propuestos en la fase previa. De esta forma se elaboraron mapas conceptuales con más información.

El 100% de los mapas conceptuales presentaron la corrosión como concepto de mayor nivel jerárquico.

El análisis de los mapas conceptuales presentados nos proporcionó la clasificación en tres categorías no excluyentes de mapas conceptuales, tales como: mapas con proposiciones correctas (84% de los mapas), con ejemplos de los conceptos (42% de los mapas), con algunos conceptos que no estaban relacionados (20% de los mapas).

De los conceptos presentados en el mapa de referencia, los que tenían una frecuencia superior a 50% fueron: definición de corrosión, tipos de corrosión, termodinámica del proceso, clasificación según el medio, métodos de control.

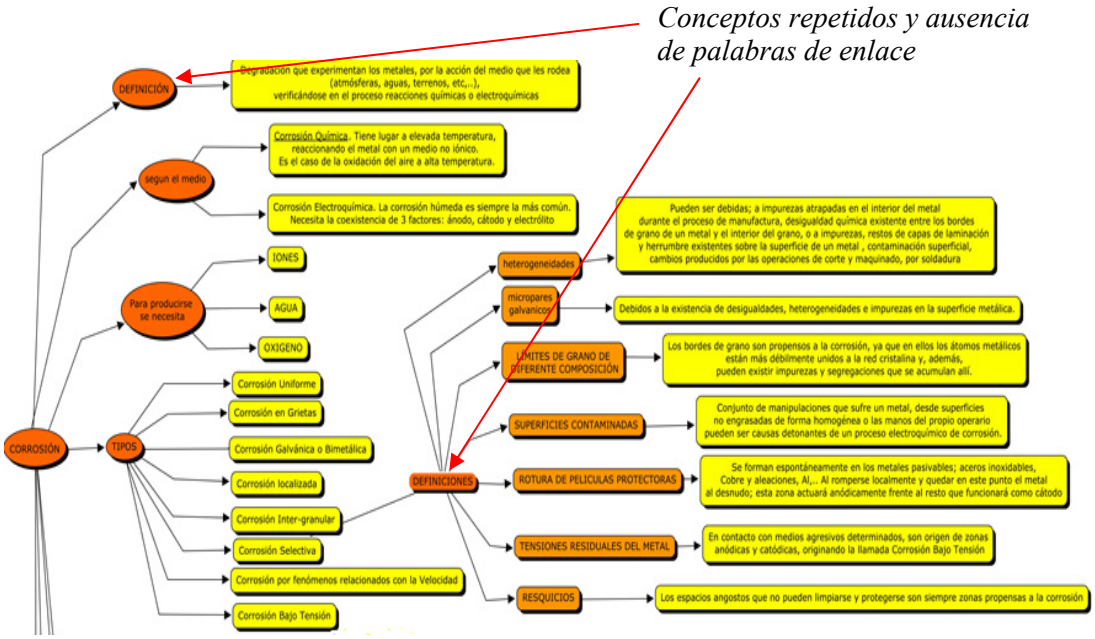


Figura 2. Ejemplo de mapa conceptual con conceptos repetidos y ausencia de palabras de enlace.

Dos mapas tenían relaciones erróneas entre los conceptos, subordinando conceptos que pertenecían al mismo nivel jerárquico.

Es importante destacar que en ningún momento los estudiantes tuvieron acceso al mapa de referencia y todos los mapas se elaboraron usando el software *Cmap Tools* y *FreeHEP Graphics2D Driver*.

Algunos ejemplos de los mapas conceptuales elaborados por los alumnos se muestran a continuación (véase las Figuras 3 y 4).

La valoración de los mapas conceptuales elaborados por los estudiantes fue realizada por un profesor especializado en realización de mapas conceptuales y que no ha sido profesor encargado de la clase de docencia de la asignatura.

4. CONCLUSIONES

El esfuerzo en organizar un mapa conceptual sobre el tema de corrosión resultó revelador por la cantidad de conceptos subyacentes que dábamos por supuestos. La dificultad para dilucidar estos supuestos demostró las dificultades de los alumnos al tratar de comprender este tema y de ofrecer un enfoque interdisciplinar.

Se demostró que el conjunto de conceptos acumulados en la estructura cognitiva de cada alumno es único y por lo tanto cada alumno ha construido enlaces conceptuales diferentes, aunque éstos están involucrados en la misma tarea de aprendizaje. Para capacitar a cada alumno para llevar a cabo esta experiencia, se les permitió reformular y reordenar conceptualmente la materia enseñada en formas que sean significativas para ellos.

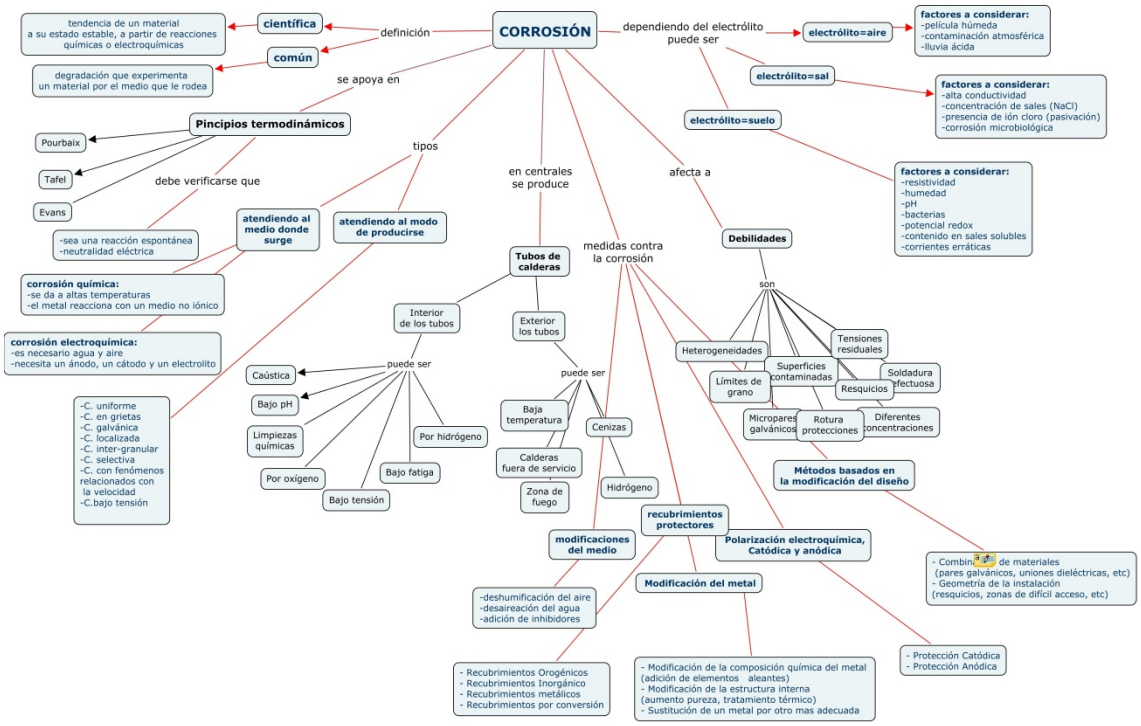


Figura 3. Mapa conceptual realizado por el grupo A de alumnos.

Se logró incluir los contenidos sobre corrosión en un amplio campo del conocimiento a través de los conceptos y sus interacciones, demostrando su posibilidad como estrategia de integración de diversos contenidos.

Si bien la confección del mapa conceptual ha servido a los alumnos como instrumento para el aprendizaje significativo, han surgido algunos contratiempos que, a nuestro juicio, se derivan de una técnica permisiva acerca de su confección. Básicamente, el punto más conflictivo de los mapas conceptuales es el siguiente: el orden de jerarquías conceptuales no es único y es arbitrario, ya que puede variar según el enfoque particular del alumno. Algunos alumnos desvirtúan el concepto de mapa conceptual convirtiéndolo en un esquema jerárquico con lo que se transforma en un resumen memorístico.

El razonamiento inverso nos permitió una mejor comprensión sobre cuánto puede entender un alumno de un tema nuevo presentado verbalmente con la particular

estructura semántica del profesor y de encontrar un posible "porqué" al hecho de que la mayoría de los alumnos termina haciendo un aprendizaje memorístico del tema, por lo que no lograron descubrir la existencia de estos conceptos subyacentes y sus conexiones con el tema nuevo estudiado.

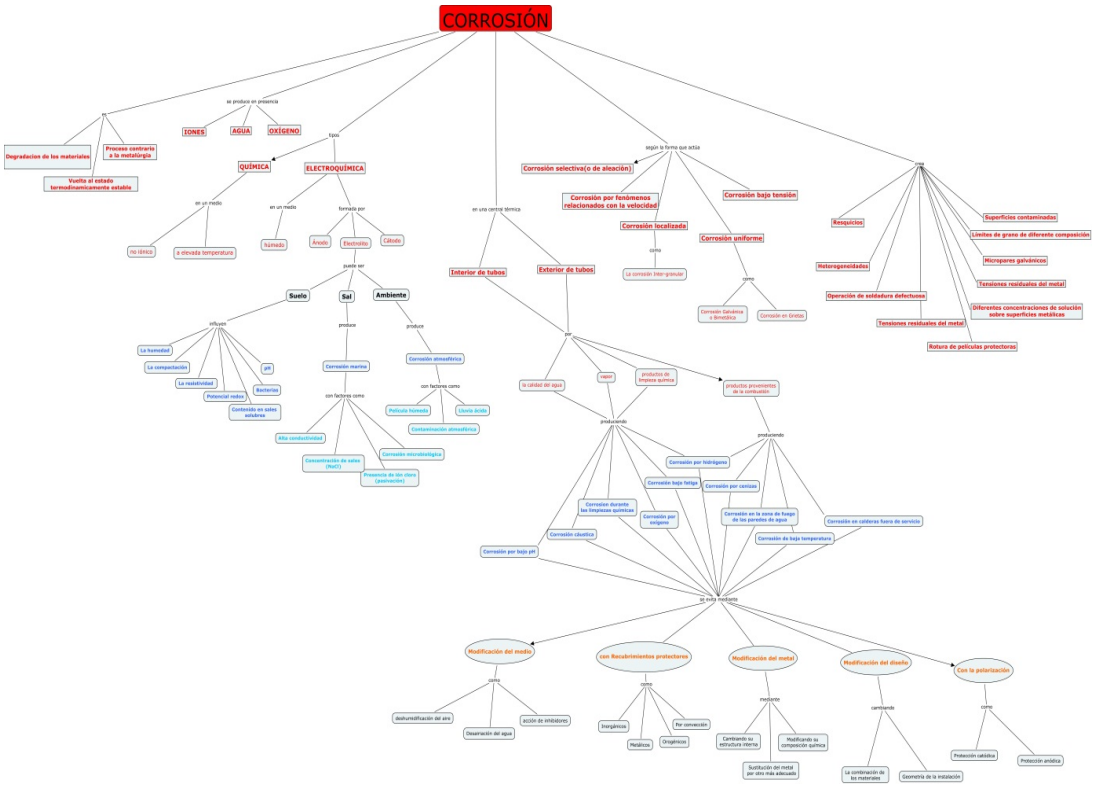


Figura 4. Mapa conceptual realizado por el grupo B de alumnos.

El mapa conceptual ha sido una herramienta eficaz tanto como instrumento de evaluación, como en el proceso individual de aprendizaje, pues mientras los estudiantes construían los mapas era posible identificar algunas relaciones erróneas, siendo posible hacer una discusión individual. Los mapas posibilitaron también que los estudiantes tuviesen un panorama de cómo su conocimiento estaba estructurado.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Alejandrino Gallego Rodríguez, Catedrático de Organización de Empresas de la Universidad Politécnica de Cartagena, por sus explicaciones y sugerencias sobre la aplicación de los mapas conceptuales en la docencia de materias relativas a Química Aplicada a la Ingeniería de los Recursos Minerales y Energéticos.

REFERENCIAS

1. D. Ausubel, J.D. Novak, H. Hanesian, *Educational psychology: a cognitive view*, Holt, Rinehart and Winston (1978).
2. J.D. Novak, *Concept Mapping to Facilitate Teaching and Learning*. Prospects, XXV, **1995**, 79-86.
3. J.D. Novak, *Learning, creating and using knowledge: Concept maps tools in schools and corporations*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey (1998).
4. M.A. Moreira, *Concept mapping as a possible strategy to detect and to deal with misconception in physics*. En J.D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and mathematics Education*, Ithaca, Nueva York, Cornell University, Department of Education (1987).
5. M.A. Moreira, *O Ensino*, **1988**, Vol. 23, 28.
6. J.D. Novak, *The Science Teacher*, **1991**, Vol. 58, 45-49.
7. J.D. Novak, D.B. Gowin, *Aprendiendo a aprender*, Martínez Roca, Barcelona (1988).
8. K. Meyer, *Quality in distance education. Focus on online learning*, Jossey-Bass, Hoboken (2002).

Páginas web que facilitan programas para elaborar mapas conceptuales:

http://cmap.ihmc.us/
http://freemind.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page
http://www.mindjet.com/index.html?lang=en-EU&google_roemea=mindjet
http://www.inspiration.com/

STEM, STEAM, PROYECTOS EDUCATIVOS INTEGRALES Y OLIMPIADAS DE QUÍMICA: MÉTODOS QUE BUSCAN CONVENCER A LOS JÓVENES DE QUE LA CIENCIA ES ÚTIL PARA TODOS

Carlos Mauricio Castro Acuña
Departamento de Fisicoquímica, Facultad de Química
Universidad Nacional Autónoma de México
castroacuna02@yahoo.com, castroacuna02@gmail.com

Se comentan las tendencias actuales de enseñanza de las ciencias presentadas en la Conferencia "Global Conversations in Science Education", desarrollada dentro de la reunión anual de la NSTA (National Science Teachers Association) en marzo de 2012, haciendo énfasis en que, actualmente en los Estados Unidos, casi todos los esfuerzos se concentran en un solo enfoque: STEM, mientras que en otras naciones ya se plantean alternativas que pretenden mejorar este enfoque, como el STEAM que se está utilizando en Corea del Sur.

1. INTRODUCCIÓN

Aprender ciencias no es una tarea sencilla. Ni siquiera cuando pretendemos memorizar una gran cantidad de información con el único objetivo de aprobar el examen del curso, para inmediatamente olvidarlo después casi todo. Si, por el contrario, deseamos que los conocimientos científicos que vamos adquiriendo se conviertan en elementos básicos de nuestra formación y logren transformar nuestro modo de vida de una manera permanente, sin duda el reto es mucho mayor.

Apropiarnos verdaderamente de los conocimientos científicos nos demanda aprender un nuevo lenguaje, adquirir una estructura lógica de pensamiento y una manera diferente de percibir el mundo que nos rodea. Si a esto añadimos que además suele requerirse cierto nivel de matemáticas al menos para resolver problemas sencillos, la dificultad se incrementa de manera exponencial.

Por lo anterior, no es extraño y hasta resulta una necesidad vital, que los profesores de ciencias dediquemos una gran cantidad de nuestro tiempo de reflexión a buscar nuevos y diferentes métodos para convencer a nuestros jóvenes estudiantes de que aprender ciencias vale la pena y que una sólida formación científica contribuirá sin duda a que tomen mejores decisiones en su vida actual y futura.

Si bien se han hecho grandes esfuerzos por acercar los conocimientos científicos al público en general (1, 2), los resultados obtenidos están lejos de ser satisfactorios. Todavía estamos muy lejos de lograr un nivel adecuado de "alfabetización científica", esa competencia que podríamos definir como "la capacidad para discutir temas científicos de actualidad y de importancia para nuestro país y nuestro planeta; saber obtener información y separar los datos confiables de las especulaciones para así poder tomar las mejores decisiones con base en un buen análisis costo-beneficio"(3). Y si esto es cierto en la población que tiene acceso a la educación de nivel bachillerato

o incluso superior, ¿qué podemos esperar de la población en general? Sobran ejemplos de que las habilidades básicas que podemos aprender en un curso de ciencias como observar, clasificar, analizar, deducir y alcanzar conclusiones lógicas basadas en una estructura de pensamiento lógico y crítico, están todavía muy poco desarrolladas en el ciudadano común.

Baste decir que, en México, después de años de impartir bastantes horas de educación sexual en las escuelas primarias y reforzar estos conocimientos en el curso de Biología en el primer año de educación secundaria, continúa siendo alarmante el índice de embarazos en adolescentes. Una situación parecida se tiene en el consumo de drogas, legales o ilegales, que sigue impactando de forma trágica la vida de muchas personas sin que, al parecer, las campañas oficiales y privadas que se llevan a cabo para disminuir este grave problema rindan los frutos deseados.

Además, el bombardeo publicitario parece avasallar nuestros conocimientos y nos lleva a realizar compras de impulso y a creer en los remedios milagrosos que curan cualquier enfermedad o nos proporcionan una figura perfecta sin tener que hacer ejercicio o cambiar nuestros hábitos alimenticios.

Otro problema de gran magnitud en la Ciudad de México, cuya zona conurbada ya es el hogar de más de 20 millones de personas, es el manejo de la basura. El gobierno ha lanzado desde hace ocho años un programa de separación de la basura doméstica sin que hasta la fecha se logren resultados satisfactorios. La población deposita la basura prácticamente por todos lados: en las calles, los jardines, las plazas públicas. Resulta difícil de entender cómo en zonas que año tras año sufren inundaciones porque los drenajes están tapados por la basura, los habitantes no hayan cambiado su actitud.

Educar a los niños para evitar estos problemas, ¿es responsabilidad de los profesores de ciencias, de los de civismo, de los padres de familia? Es evidente que, pese a cambios y más cambios en los planes de estudio de nivel básico y superiors, no estamos logrando inculcar principios básicos de convivencia.

Por todo lo anterior es evidente que los profesores de ciencias debemos redoblar nuestros esfuerzos para lograr que nuestros estudiantes, futuros ciudadanos, vean a la Ciencia como un aliado que les puede acompañar en su vida cotidiana y que puede contribuir en forma decisiva a que se incorporen a una sociedad que cada vez requiere más de personas comprometidas e interesadas en lograr un desarrollo armónico tomando en cuenta aspectos sociales, ambientales, económicos y culturales (4).

2. *STEM, STEAM*, MACITAV

En marzo de 2012 se llevó a cabo en Indianápolis la Convención Nacional de la NSTA (National Science Teachers Association (http://www.nsta.org) y dentro de ella se llevó a cabo la conferencia *"Global Conversations in Science Education",* en la que participaron profesores de ciencias de diversos países, entre ellos Corea del Sur, Taiwán, Argentina, México, Australia, Túnez, China, Japón, Inglaterra, Escocia, Nigeria y los Estados Unidos.

2.1. *Stem, steam*

Las directrices actuales en los EE.UU. para enseñar ciencias buscan combinar Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, esto es, en inglés STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), aprovechando además que el término "*stem*" está asociado a las "células madre" o "células troncales" para quienes hacen una traducción más rigurosa de "*stem*" como "tronco". El objetivo principal de la conferencia fue conocer si métodos similares se aplican en otros países.

Si bien es probable que no se conozcan como STEM, sin duda hay muchos recursos educativos que siguen procedimientos similares, y tal vez la única diferencia con la metodología CTS ya conocida desde hace muchos años (5) sea el énfasis que ahora se hace en las matemáticas de una manera explícita. En este punto podríamos preguntarnos si STEM da, como apuntan Llorens y Pinto al considerar diversos recursos para el aprendizaje de la Química: "la importancia adecuada a otras herramientas básicas del pensamiento como son leer, escribir y argumentar" (6).

Es importante aclarar que el principal objetivo de STEM en los Estados Unidos de América es lograr este enfoque desde la educación básica, lo que sin duda va a requerir de una extensa capacitación de los profesores de ese nivel que, por lo general, tienen bastantes deficiencias en áreas científicas.

En Corea del Sur, el modelo actual de enseñanza de las Ciencias es STEAM (que también significa "vapor" en inglés) (7) y que añade las artes dentro del desarrollo básico de los estudiantes. Por ejemplo, se propone incorporar conceptos de pintura cuando se estudia teoría del color.

El riesgo con estas metodologías "holísticas" es que, si no están apoyadas con una magnífica preparación de los docentes, terminan por no enseñar suficiente Química básica y tampoco lograr la tan anhelada alfabetización científica.

2.2. Programas de la Academia Mexicana de Ciencias

En México, la Secretaría de Educación Pública y la Academia Mexicana de Ciencias (AMC) llevan varios años desarrollando el proyecto "La Ciencia en tu Escuela" (8), para mejorar la preparación de los profesores a nivel básico y secundario, ya que por fortuna se ha reconocido que contar con profesores bien preparados da mucho mejores resultados que tratar de cambiar los contenidos de los cursos. Ahora que en México el gobierno ha decretado la obligatoriedad del bachillerato de seis años, posterior a los seis años de la educación básica, sin duda, el gran obstáculo a vencer será contar con un número suficiente de profesores con un alto nivel de conocimientos no solo en su disciplina principal, sino también en matemáticas y otras áreas científicas y humanísticas, si en verdad se espera que este aumento en los años de estudio se traduzca realmente en una mejoría del nivel educativo en la sociedad mexicana.

Otro programa apoyado por la AMC y la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México son las Olimpiadas de Química, que en 2012 han cumplido 20 años de celebrarse sin interrupción. Estos concursos tienen un gran efecto

para atraer jóvenes hacia las disciplinas científicas, y los que nos dedicamos a su organización hemos tenido la oportunidad de constatar que la participación en las Olimpiadas de Química ha transformado positivamente la vida de muchos estudiantes que encontraron en estos concursos una gran diversidad de nuevas oportunidades para continuar su desarrollo académico y humano. Un dato muy interesante es que, cuando iniciamos con las Olimpiadas de Química en 1992, la mayoría de los participantes provenían de ciudades grandes; sin embargo, en los últimos ocho años la mayoría de los estudiantes que ganan los primeros lugares provienen de poblaciones pequeñas, lo que nos demuestra la gran labor que llevan a cabo los profesores de estas zonas, que con su entusiasmo y dedicación compensan la falta de recursos materiales así como nos hace lanzar la hipótesis de que las grandes ciudades, pese a los mayores recursos educativos y tecnológicos que ofrecen, también pueden ser un gran distractor que obstaculiza que los estudiantes dediquen suficiente tiempo a su principal actividad que debería ser el estudio. Como un ejemplo, a continuación transcribo un resumen de un escrito elaborado por Eduardo Romero Montalvo, un destacado ex-olímpico:

Antes de empezar a comentar acerca de cómo la olimpiada de Química cambió mi vida, quiero platicarles brevemente de Nuevo Morelos, la localidad de la cual soy oriundo: es una población que se encuentra en los bordes del estado de Veracruz con el estado de Oaxaca, la cual fue conformada en su mayoría por inmigrantes del estado de Morelos; cuenta con unos dos mil habitantes y las principales actividades son ganaderas o agrícolas, el ambiente es muy tranquilo y es un lugar en el cual me agrada estar. Por las características de la zona, tanto la secundaria como el bachillerato son del tipo tecnológico agropecuario.

Mi interés en la química comenzó por un libro de experimentos que había en mi secundaria, desgraciadamente en ese momento no tuve oportunidad de llevarlos a cabo completamente por falta de material y reactivos, esto hizo que me interesara más y desde entonces, y gracias a buenos profesores me incliné a tener como meta dedicarme a algo que tuviera que ver con ciencia. Por este interés y con apoyo de mis padres me mudé a la ciudad de Acayucan, esto porque ahí se encontraba el CBTis 48, un bachillerato que tenía fama por destacar a nivel estatal y nacional en los concursos de química. Una vez que llegué a esta escuela, me involucré y conocí a otros participantes con más experiencia que me ayudaron y orientaron para estudiar, así comenzó una etapa de mi vida que me marcó.

Participé durante los tres años del bachillerato, y con el apoyo de muchas personas logré participar en dos olimpiadas internacionales y una iberoamericana, obteniendo en cada una de ellas una medalla. Además de la satisfacción de poder representar a mi país, llevar la bandera y poder traer medallas para México, la olimpiada me abrió muchas puertas que yo ni imaginaba que existían. En el ámbito personal pude volverme un poco más extrovertido al convivir con otras personas las cuales se volvieron buenos amigos y en un futuro tal vez colegas. En el ámbito académico la olimpiada me otorgó una formación integral como químico y además me trajo a estudiar Química en la UNAM, ya que de no haber sabido de la olimpiada probablemente nunca hubiera querido salir de mi localidad, y aunque amo mi lugar de origen, mi formación académica definitivamente no sería la misma.

En conclusión, me siento muy agradecido y afortunado de haber podido ser parte de un proyecto que estimula y apoya a los jóvenes talentos de México, estoy seguro que cuando mis compañeros de olimpiada y yo salgamos al mundo laboral, podremos hacer la diferencia y cambiar a nuestro país.

2.3. Proyectos Educativos Integrales

Desde hace muchos años, en Argentina se han desarrollado los llamados PEI (Proyectos Educativos Integrales) que justamente buscan que los conocimientos científicos no se acumulen sin tener un efecto directo en mejorar el bienestar de las comunidades. Cuando todavía era poco mencionado el concepto de sustentabilidad, el Profesor José Miguel Abraham, de la Universidad Nacional de San Luis, iniciaba dos proyectos visionarios: PIEQ (Proyecto Integral Educación Química) donde en 1988 ya se apuntaban las grandes dificultades para tener una enseñanza de calidad en países en desarrollo agobiados por graves problemas económicos (9), y CNM (Cuidemos Nuestro Mundo), que se presentaba en ese momento como "una alternativa metodológica para el desarrollo del interés en el aprendizaje de la Química" (10). Casi 25 años después de que apareciera este artículo los argumentos siguen teniendo vigencia y vale la pena retomar un párrafo complete: "Es la educación en general y la científica en particular, la que permitirá el desarrollo de una conciencia, convicción y actitudes, decisivas para el advenimiento de una nueva civilización, poniendo al servicio de la misma, toda la riqueza material y espiritual proveniente del avance científico y tecnológico, para eliminar la posibilidad de extinción del hombre y demás especies vivientes."

3. CONCLUSIONES

Enseñar Ciencias resultará una gran pérdida de tiempo si los estudiantes y profesores utilizamos el conocimiento adquirido solo para acumular información y cumplir programas de estudio. Si con base en la enseñanza de las ciencias no logramos en ellos y nosotros un verdadero cambio de actitud, todo el proceso será de utilidad muy limitada. A nivel de enseñanza secundaria en México, se han hecho muchos cambios en los planes de estudio y en el más reciente se busca que los jóvenes aprendan con base en el desarrollo de proyectos; sin embargo, los exámenes de diagnóstico aplicados en la Facultad de Química de la UNAM demuestran que la mayoría de los estudiantes que ingresan al nivel superior todavía tienen serias deficiencias en su formación matemática y científica.

Resulta utópico creer que el sistema escolar puede lograr por sí solo los cambios esperados. También se requiere de un adecuado núcleo familiar y de que los padres o guardianes de los niños y jóvenes se hagan corresponsables de su educación. Con tristeza observamos que muchas veces los aprendizajes obtenidos en la escuela son poco valorados dentro de la familia o bien que los padres se desentienden de la educación de sus hijos. Así las cosas, la metodología de enseñanza de las ciencias debería no solo mencionar los contenidos sino también los objetivos. Propongo

entonces utilizar un método CITAMAV: Ciencias, Ingeniería, Tecnología, Artes y Matemáticas, para lograr cambios de Actitud y promover la adquisición de Valores que contribuyan a la formación de individuos integrales.

Cada día es una nueva oportunidad para lograr que nuestro papel como docentes de ciencias haga la diferencia y contribuya a tener un mundo mejor para todos.

REFERENCIAS

1. Colección de libros "La Ciencia para todos", diversos autores, Fondo de Cultura Económica, México. Muchos disponibles en línea en:
http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/menu.htm
2. G. Pinto, C.M. Castro, J. Martínez, *Química al alcance de todos*, Pearson Alhambra, Madrid (2008).
3. C.M. Castro Acuña, *Conferencia "¿Para qué necesitamos la Ciencia?* Ciclo Domingos en la Ciencia, Academia Mexicana de Ciencias (2011).
4. J.M. Abraham, M.L. Azar, *Anuario Latinoamericano de Educación Química,* **2011**,Vol. 26, 162.
5. A. Caamaño, *Educación Química*, **2001**, Vol.12, 7.
6. J.A. Llorens-Molina, G. Pinto, *Anuario Latinoamericano de Educación Química,* **2011**,Vol. 26, 130.
7. J. Choi, Conferencia *Global Conversations in Science Education, NSTA,* Indianápolis, EE.UU., marzo de 2012.
8. Consultar programas en http://www.amc.unam.mx
9. J.M. Abraham, M.L. Azar, C. Elorza, *Anuario Latinoamericano de Educación Química,* **1988**, Vol. 1, 91.
10. J.M. Abraham, M.L. Azar, C. Elorza, *Anuario Latinoamericano de Educación Química,* **1988**, Vol. 1, 169.

Parte III

Trabajos experimentales

EXPERIMENTOS CASEROS Y APLICACIONES CON NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA ALUMNOS DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

María Isabel Alcalde Adeva, Natalia de Lucas Alonso
I.E.S. Luis de Lucena, Guadalajara
mariaisabel.alcalde@edu.jccm.es, n_delucas@hotmail.com

La asignatura de Física y Química en la Educación Secundaria debería constar de una parte práctica importante para que los contenidos que en ella se tratan resultaran realmente significativos para el alumno. La escasa asignación horaria en el currículo y el, en ocasiones, elevado número de alumnos dificultan esta misión. Con el presente proyecto tratamos de paliar esas dificultades volviendo a recursos de siempre como las demostraciones por parte del profesor y pequeños experimentos caseros que realizan los alumnos. Combinamos estos recursos de siempre con un curso creado en la plataforma virtual Moodle que nos permite una mayor comunicación con los alumnos y que para ellos resulta atrayente y motivador.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la Ciencia se hace imprescindible para comprender los avances científicos y tecnológicos que van modificando nuestras condiciones de vida. Es necesario, por tanto, que los conocimientos científicos estén presentes en el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria para afianzar los adquiridos por los alumnos en la Educación Primaria.

Cuando los alumnos llegan a tercero de E.S.O. ya han tenido contacto con contenidos de Física y Química englobados dentro de la asignatura de Ciencias Naturales, pero es en este curso cuando esos contenidos empiezan a tratarse de forma independiente.

Los contenidos de Física y Química están distribuidos de forma asimétrica entre tercero y cuarto de E.S.O. En el tercer curso (en el cual se desarrolla el presente trabajo) predominan los contenidos de Química sobre los de Física: en concreto, se introduce el método y trabajo científico, se estudia la materia macro y microscópicamente y los principales elementos de la reactividad química, haciendo hincapié en la repercusión y presencia de esta ciencia en la vida cotidiana (1).

Por otro lado, es importante señalar la contribución de la materia de Física y Química a la consecución de las competencias básicas al finalizar la enseñanza obligatoria, en particular a la competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.

La asignatura de Física y Química de tercero de E.S.O. tiene asignadas solamente dos horas lectivas semanales en el horario de dicho curso. Este escaso tiempo, unido con el elevado número de alumnos hacen complicado poder realizar experiencias prácticas en el laboratorio que les acerquen la asignatura de forma más atrayente y la conecten con la vida diaria.

En base a lo expuesto y teniendo como filosofía de trabajo el proverbio oriental que dice: *"Lo que oyes, lo olvidas; lo que ves, lo recuerdas; lo que haces, lo aprendes"*, hemos optado por volver a utilizar recursos de siempre, como las demostraciones por parte del profesor para ilustrar los distintos contenidos, así como la realización de experimentos caseros por parte de los alumnos.

Para relacionar estos recursos con las nuevas tecnologías hacemos uso de la plataforma virtual Moodle que se ha puesto en marcha en nuestro centro.

Con estas estrategias tratamos de extender nuestra labor docente más allá del escaso tiempo que nos concede el currículo.

En este trabajo describiremos el proyecto docente que estamos llevando a cabo en el presente curso, estructurándolo en cinco apartados principales:

- Puesta en marcha de un curso de Física y Química en la plataforma virtual Moodle.
- Demostraciones realizadas por el profesor.
- Experimentos caseros.
- Conclusiones.
- Referencias.

2. PUESTA EN MARCHA DE UN CURSO DE FÍSICA Y QUÍMICA EN LA PLATAFORMA VIRTUAL MOODLE

Moodle es un ambiente educativo virtual, un sistema de gestión de cursos y de distribución libre, que ayuda a los educadores a crear comunidades de aprendizaje en línea. Este tipo de plataformas tecnológicas también se conoce como LMS (Learning Management System).

Moodle fue creado por Martin Dougiamas y basó su diseño en las ideas del constructivismo en pedagogía, que afirman que el conocimiento se construye en la mente del estudiante en lugar de ser transmitido sin cambios a partir de libros o enseñanzas y en el aprendizaje colaborativo. Un profesor que opera desde este punto de vista crea un ambiente centrado en el estudiante que le ayuda a construir ese conocimiento con base en sus habilidades y conocimientos propios en lugar de simplemente publicar y transmitir la información que se considera que los estudiantes deben conocer.

Las principales características de Moodle son:

Interoperabilidad, es posible ejecutarlo en los diversos entornos como Windows, Linux, Mac…, *escalable*, pues se adapta a las necesidades que aparecen en el transcurso del tiempo, *personalizable*, ya que se puede modificar de acuerdo a los requerimientos específicos de una institución, *económico* (es gratuito) y *seguro*.

A nivel funcional Moodle es fácil de usar, permite la gestión de perfiles de usuario, es fácil de administrar, permite realizar exámenes en línea, la presentación de cualquier contenido digital, la gestión de tareas, la implementación de aulas virtuales, de foros de debate o consulta, la importación de contenidos de diversos formatos y la inclusión de nuevas funcionalidades.

Bajo el título: "Física y Química para la asignatura de tercero de la E.S.O." (2), se ha creado en Moodle un curso para que los alumnos tengan acceso a apuntes, exámenes, trabajos, cosas curiosas, galería de fotos de las jornadas de puesta en escena y ferias de la Ciencia, así como los experimentos caseros que pueden practicar en casa. La estructura de uno de sus temas se recoge en la Figura 1 que aparece en la página siguiente.

Se ha dividido el curso en 10 apartados, los 8 primeros coinciden con los temas del currículo de Castilla La Mancha y en cada uno de ellos se han hecho los siguientes apartados:

- APUNTES Y EJERCICIOS PARA PRACTICAR: Enlaces a páginas web interesantes que tienen muchos ejercicios relacionados con el tema estudiado y apuntes realizados por los profesores para reforzar las explicaciones de clase.
- COSAS CURIOSAS: Documentos, vídeos, enlaces de interés… sobre cosas curiosas para ellos y que están íntimamente relacionadas con los contenidos tratados.
- CIENCIA EN CASA: Sencillos experimentos que se les proponen a los alumnos para que realicen en casa.
- LEE Y OPINA: Pequeños artículos recopilados de revistas científicas, prensa e Internet para que los alumnos se familiaricen con textos científicos y muestren su opinión respondiendo a algunas cuestiones que se plantean en un foro de debate.
- AUTOEVALUACIÓN: Ejercicios de repaso del tema realizados por el profesor con la herramienta Hot Potatoes. Esta herramienta permite hacer ejercicios de distintos tipos como crucigramas, tipo test (*multiple choice*), de rellenar espacios (*filling the gaps*), etc.
- EXÁMENES: una vez realizados los exámenes, se les facilita la corrección de los mismos en el curso de Moodle.

El apartado 9 corresponde a los trabajos que proponemos en cada evaluación. Están hechos en formato de tarea, de tal manera que los alumnos suben sus trabajos y nosotras los corregimos y los calificamos. Es una forma muy cómoda porque ellos pueden ver los comentarios y correcciones realizadas, así como la nota final del mismo.

El apartado 10 es el denominado Laboratorio de Física y Química, donde hemos creado las galerías de fotos, con las imágenes de las demostraciones de Física y Química que hemos realizado a lo largo del curso, así como los vídeos de las mismas y las fotos de los viajes que hemos realizado para asistir a varias ferias de la Ciencia, como Ciencia al Carrer (Lleida) o el concurso Ciencia en Acción.

La puesta en marcha de esta herramienta de trabajo ha permitido que los alumnos se impliquen e interesen más por la asignatura de una forma muy participativa, ya que las nuevas tecnologías suponen un elemento muy atractivo para ellos.

Por otro lado, es importante resaltar que el curso creado es dinámico y se encuentra en continuo cambio en función de la evaluación de las necesidades del desarrollo de la asignatura y de la respuesta positiva o no de los alumnos a cada una de las actividades propuestas.



Figura 1. Estructura de un tema del curso de Física y Química creado en Moodle.

3. DEMOSTRACIONES REALIZADAS POR EL PROFESOR.

En muchas ocasiones, los alumnos se enfrentan a la asignatura de Física y Química con cierto "temor", pues la toman de antemano como algo difícil y abstracto. Por otro lado, no son conscientes de la conexión tan directa que existe entre los contenidos que en ella se desarrollan y la vida cotidiana.

Como hemos expuesto, con el fin de completar una enseñanza que debería tener un componente práctico importante y condicionado por la falta de tiempo y el elevado número de alumnos, hemos optado por realizar demostraciones por parte del profesor para ilustrar los distintos contenidos.

De esta forma, comenzamos nuestra andadura con una serie de demostraciones a modo de presentación de la asignatura que denominamos: *"Parece magia, pero es ciencia"*.

Con estas experiencias llamativas tratamos de captar el interés de los alumnos por la asignatura. Para que estas actividades sean fructíferas para los alumnos y no queden reducidas a un espectáculo, al irlas desarrollando aprovechamos para mostrar distintos materiales de laboratorio e introducir conceptos que se tratarán a lo largo del curso, como: densidad, catalizador, indicador, reacción química, disolución, medida del

pH… A su vez, planteamos a los alumnos una serie de cuestiones por escrito que deben entregar al final de la sesión y de este modo conseguimos que su atención hacia el fundamento de las experiencias sea mayor.

Las experiencias propuestas y realizadas en esta sesión son las siguientes:

- Burbujas de oro: Jugamos con la densidad de aceite, agua y alcohol.
- Haciendo desaparecer plástico (3).
- Un billete de 5 € que no arde (3).
- Volcán de agua oxigenada (4) Figura 2.
- Convirtiendo agua en zumo de fresa y viceversa. Se vierte una disolución de sosa en una copa que tiene unas gotas (inapreciables) de fenolftaleína, observándose el color rosa intenso propio de este indicador en medio básico. A continuación se vierte esa disolución en otra copa que contiene unas gotas de ácido sulfúrico (inapreciables), recuperándose una disolución incolora. Las experiencias que implican cambios de color aparentemente "mágicos" resultan muy atrayentes para los alumnos.

  Dependiendo de las edades de los alumnos, se puede "adornar" la experiencia con algunos conjuros, como: *"Agua del grifo, dame una sorpresa y conviértete ahora mismo en zumo de fresa"* y *"Fresa podrida, rompe el hechizo, conviértete ahora en agua del grifo"*.



Figura 2. Volcán con agua oxigenada realizado en la primera sesión de demostraciones.

En sesiones posteriores se van realizando demostraciones relacionadas con los contenidos de cada uno de los temas.

Uno de los temas que más aplicación práctica tiene es el que se ocupa de las mezclas y sus métodos de separación, y a él se dedica otra serie de demostraciones (Figura 3) que indicamos a continuación:

- Destilación de una mezcla de agua y acetona. Añadimos azul de metileno como colorante para que la separación sea más evidente.
- Separación de una mezcla de harina integral y arroz. Utilizando como tamices distintos coladores conseguimos separar el salvado, la harina y el arroz.
- Separación de una mezcla de arena y sulfato de cobre por disolución del sulfato y posterior filtración y cristalización.
- Separación de los componentes de la tinta de rotulador negro por cromatografía utilizando una tiza como fase fija (Figura 4). Este es uno de los métodos de separación en el que la demostración práctica resulta más necesaria, pues normalmente los alumnos no comprenden bien su fundamento.
- Extracción magnética del hierro en cereales del desayuno (3) (Figura 4). Esta experiencia es muy llamativa para los alumnos ya que no imaginan que en los cereales que comen cada día esté presente el hierro metálico.



Figura 3. Profesores en la sesión de demostraciones dedicada a los métodos de separación.

Se programa una tercera sesión de demostraciones relacionadas con el tema de las reacciones químicas. En ella se realizan experimentos que ilustran distintos tipos de reacciones, sin olvidarnos de que nunca hay que presentar una demostración dejando que los alumnos se queden con la idea de que la química es "magia" y para ello habrá que comentar el tipo de reacción o de fenómeno que se ha presenciado, según el nivel de conocimiento científico de los alumnos.

Los experimentos propuestos son las siguientes:

- Transformación del azúcar en carbón mediante deshidratación con ácido sulfúrico (5).
- Cómo convertir el whisky en agua utilizando una disolución muy diluida de yodo en KI que reacciona con tiosulfato sódico (6).

- Reacción de sodio con agua y fenoltaleína para detectar el medio básico resultante (7).
- Reacción de un alambre de cobre con nitrato de plata, observando la formación de plata sobre el alambre, o reacción de un clavo de hierro con sulfato de cobre, observando la formación de cobre sobre el clavo (8).
- Lluvia de oro por reacción de nitrato de plomo (II) y yoduro potásico (9).



Figura 4. Cromatografía y extracción del hierro de los cereales en la segunda sesión.

4. EXPERIMENTOS CASEROS.

Otra de las partes de nuestro proyecto consiste en proponer a los alumnos una serie de pequeños experimentos caseros relacionadas con los contenidos tratados en clase. Con unas sencillas instrucciones, que se encuentran recogidas en nuestro curso virtual bajo el epígrafe de *"Ciencia en casa"*, los alumnos se enfrentan a pequeños retos científicos en los que deben lanzar hipótesis, realizar los experimentos y contrastar sus hipótesis con los resultados obtenidos, para finalizar extrayendo conclusiones.

De este modo, tratamos de contribuir a que el alumno adquiera la competencia de aprender a aprender, desarrolle un pensamiento científico y se pregunte el porqué de los fenómenos que suceden a su alrededor, ya que consideramos que en la curiosidad puede estar la base del avance de la ciencia.

Los alumnos graban pequeños vídeos o toman fotografías de sus experimentos realizando una sencilla presentación con el desarrollo (hipótesis, observación de resultados…) que cuelgan en la plataforma. Para el alumno este procedimiento resulta más motivador que la entrega de resultados en un informe escrito. Para el profesor, esas presentaciones constituyen un elemento de control de los alumnos que realizan experimentos y de cómo lo hacen, constituyendo un instrumento de análisis y de evaluación que le permitirá a su vez corregir los posibles errores en la comprensión de los conceptos por parte de los alumnos. El proceso termina con la elección de alguno de los trabajos, que quedará en la plataforma a disposición de todos.

Como se trata de un proyecto eminentemente dinámico, algunos de los experimentos propuestos hasta el momento se expondrán a continuación tal y como se les presentan a los alumnos. Los pasos indicados podrían variar en la práctca según se

vayan observando los resultados. También se incluyen algunas imágenes correspondientes a varias presentaciones realizadas por los alumnos.

Los experimentos propuestos hasta este momento son las siguientes:

- Medida de magnitudes.

Construye un dm^3 (cubo de 10 cm de lado) con el material de un tetrabrik y comprueba su capacidad.



Figura 5. Experiencia realizada por unas alumnas para comprobar la capacidad de 1 dm^3.

- La materia y sus propiedades: Densidad.

Coloca en un vaso grande agua y aceite.

Coloca dentro un trozo de corcho, una pieza pequeña de LEGO y un cochecito de juguete.

Observa lo que ocurre y extrae conclusiones.

- Cambios de estado.

Coloca en un vaso unos cuantos cubitos de hielo.

Llena el vaso con agua hasta el borde. Lanza una hipótesis sobre lo que crees que pasará.

Deja que los hielos se fundan y comprueba tu hipótesis.

Extrae conclusiones.

- Solubilidad.

Coge dos vasos y pon en ellos un poco de refresco con burbujas, con cuidado para que no te salga mucha espuma.

Calienta uno de ellos con un secador.

Observa si existe alguna diferencia en los dos vasos y extrae conclusiones.

- Fenómenos eléctricos: Electrostática.

Construye un electroscopio como el de la imagen utilizando un vaso de plástico, un clip y papel de aluminio.

Frota un globo con tu pelo, acércaselo al clip sin tocarlo y observa lo que ocurre. Toca el clip con la mano y observa. Repite la experiencia tocando con el globo.

Extrae conclusiones.



Figura 6: Electroscopio realizado por un alumno.

- Cambios químicos.
  a. Un indicador natural.

Hierve unos trozos de lombarda durante unos minutos hasta que el agua tome un color morado intenso. Toma la disolución y déjala enfriar.

Pon un poco de disolución en dos vasos.

Agrega a uno de ellos unas gotas de amoniaco (producto de limpieza) y en el otro unas gotas de limón.

Observa qué es lo que ocurre en cada uno de ellos.

Repite el experimento con otras sustancias caseras como vinagre, bicarbonato, detergente… y extrae conclusiones sobre su carácter ácido o básico.

  b. Indicios de reacción.

Añade vinagre a una botella de agua pequeña.

Introduce unas cucharadas de bicarbonato en un globo y colócalo en la boca de la botella.

Vierte con cuidado el bicarbonato dentro de la botella y observa lo que ocurre.

¿Existe algún indicio que te haga pensar que ha tenido lugar una reacción química?

5. CONCLUSIONES

Este proyecto docente que hemos iniciado en el presente curso está resultando interesante y está cumpliendo con los objetivos que nos habíamos marcado al inicio, es decir, intentar trasladar a nuestros alumnos de un modo más cercano y práctico los contenidos recogidos en la asignatura de Física y Química pese al poco tiempo del que disponemos. Además, los experimentos caseros y demostraciones propuestas les han

ayudado a empezar a reconocer la importancia y la presencia de la Física y Química en nuestra vida cotidiana, así como a empezar a enfrentarse a los fenómenos que les rodean con pensamiento cada vez más científico.

Por otro lado, la puesta en marcha del curso en la plataforma virtual Moodle está teniendo una buena acogida por parte de los alumnos y nos está permitiendo poner en juego gran cantidad de recursos útiles y atrayentes para ellos, ya que se encuentran muy familiarizados con el uso de las nuevas tecnologías.

Al tratarse de un proyecto sujeto a continuos cambios y mejoras, nos proponemos seguir trabajando en él en próximos cursos para que nuestra labor docente se siga extendiendo más allá de lo que nos permite el poco tiempo que nos asigna el currículo.

REFERENCIAS

1. Decreto 69/2007, de 29-05-2007, por el que se establece y ordena el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha.
2. Enlace al curso de Física y Química creado en la plataforma Moodle. http://www.iesluisdelucena.es/moodle/course/view.php?id=172
3. T. Lister, *Experimentos de química clásica*, Síntesis, Madrid (2002).
4. M.L. Aguilar, C. Durán, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, **2011**, Vol. 8 (Núm. Extraordinario), 446.
5. A. Sánchez, A. I. Bárcena, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, **2007**, Vol. 113(1), 46.
6. J. Corominas, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, **2011**, Vol. 8 (Núm. Extraordinario), 454.
7. M. Martín, M.T. Martín, en *Aprendizaje activo de la Física y la Química,* G. Pinto (Ed.), Equipo Sirius, Madrid (2007).
8. R.E. Davis, K.W. Whitten, M.L. Peck y G. Stanley, *Química*, Cengage Learning, México (2008).
9. Asómate a la Química. Universidad Complutense de Madrid. http://www.ucm.es/info/analitic/Asociencia/LluviaOro.pdf

CIENCIA CON MATERIALES CASEROS

Mariano Laguna Castrillo, Asunción Luquin Martínez
Departamento de Química Inorgánica
ISQCH-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Universidad de Zaragoza
mlaguna@unizar.es, aluquin@unizar.es

Se describen algunos experimentos sencillos, realizados con materiales a los que todo el mundo puede acceder y que explican y ayudan a entender propiedades físicas y químicas de los gases y del agua. Al igual que se han desarrollado estos experimentos con agua y con gases, podría pensarse en llevar a cabo experimentos igual de sencillos para explicar otras propiedades químicas o físicas.

1. INTRODUCCIÓN

El avance de la ciencia en los últimos años ha sido espectacular, se han realizado importantes aportaciones en numerosos campos científicos que han repercutido en un gran desarrollo tecnológico y de otros campos que interesan a la sociedad, como la medicina. Se han desarrollado vacunas que se inhalan, coches híbridos que funcionan con gasolina y electricidad, teléfonos inteligentes cada vez con más aplicaciones, han aparecido las redes inalámbricas de Internet, los sensores inalámbricos para controlar el tráfico, la actividad sísmica, el estado de edificios y puentes, etc., la tecnología 3D se ha desarrollado hasta el punto de que ya es posible pensar en ver la televisión en 3D sin necesidad de utilizar gafas, se ha avanzado de manera decisiva en la terapia génica, se han inventado los plásticos conductores, se han desarrollado nuevos materiales, y muchas cosas más.

Sin embargo, todos estos avances, que se han producido gracias al gran desarrollo de la ciencia, han originado que cada vez parezca que la sociedad está más alejada de ella. Por eso es importante acercar, de nuevo, la ciencia a la sociedad. Hoy en día parece que para hacer ciencia y entenderla hay que poseer una serie de sofisticados aparatos que únicamente pueden encontrarse en instalaciones muy especializadas donde el acceso está muy restringido, pero en este trabajo pretendemos demostrar que explicar la ciencia no es tan complicado y que se pueden realizar experimentos, para explicar y demostrar principios científicos, con material que todo el mundo tiene en la cocina o en el botiquín de su casa.

2. DISCUSIÓN

Por tanto, las cuestiones a las que trataremos de responder son las siguientes: ¿se puede explicar la ciencia con materiales que se utilizan diariamente en cualquier casa?, ¿se pueden explicar y demostrar principios científicos con materiales sencillos?, ¿es posible ayudar a entender los grandes avances tecnológicos actuales con experimentos fáciles?

La respuesta es sí, se puede, se puede explicar ciencia de forma fácil, con materiales sencillos y la ventaja de demostrar de manera sencilla principios científicos, con material que puede encontrarse en cualquier casa o, que como mucho, hay que ir a comprar a una droguería. Además, una vez vistos los experimentos, todo el mundo puede repetirlos sin ningún peligro. De esta manera se despierta el interés por la ciencia, porque ya no es algo que solo pueden hacer unas pocas personas en unos centros especializados, sino que se acerca de forma divertida y sugerente a cualquier persona.

Lo único que hay que hacer es derrochar imaginación y pensamiento para encontrar cómo utilizar materiales sencillos para realizar ensayos científicos. Nosotros, por ejemplo, hemos adoptado como matraces de reacción o tubos de ensayo resistentes para muchos de los procesos vasos de tubo, frascos o botellas de zumo de cristal, pero también hemos visto cómo para realizar experiencias que requieran de material resistente al aumento de presión, podíamos emplear los recipientes de plástico de las bebidas carbonatadas, que resisten presiones de ¡hasta tres atmósferas! También hemos empleado globos, que además de servir para decorar en una fiesta o para divertir a los niños, se pueden usar para recoger y manipular gases en los distintos experimentos. Se pueden emplear coladores, termómetros y un sinfín de cosas más, que todos tenemos en casa.

2.1. Experimentos de gases

Ayudándonos de globos y de botellas de bebidas carbonatadas, podemos generar y recoger distintos gases, para ver sus diferentes propiedades. Así se puede generar CO_2, O_2 y H_2, entre otros, para demostrar cómo el CO_2 apaga una vela, mientras que el O_2 hace que arda con más facilidad, y se puede ver cómo el globo que contiene hidrógeno, que es más ligero que el aire, tiende a elevarse mientras que los globos que contienen los otros dos gases tienden a caer (Figura 1). En este caso las botellas de bebidas carbonatadas se emplean como recipiente en el que tiene lugar la reacción y en ellas se pone el reactivo líquido, mientras que el reactivo sólido se coloca en el interior del globo. Se ajusta a la boca de la botella y una vez que está perfectamente ajustado a ella, se hace caer el sólido para que comience la reacción (1).

Pueden encontrarse experimentos sencillos que tratan de gases en la web, por ejemplo experimentos sobre la respiración de las plantas (2), donde gracias a un experimento sencillo en el que se emplea un indicador casero de pH se ve cómo se intercambian en O_2 y el CO_2 en la respiración de una planta y de un ser humano. Hay otros experimentos sencillos en Internet en los que se produce y detecta oxígeno empleando distintos sistemas biológicos: levadura y agua oxigenada o patata y agua oxigenada y posteriormente se puede ver cómo el oxígeno es consumido por una vela o cómo el oxígeno es capaz de generar una presión (3). Otros experimentos para generar dióxido de carbono, que se encuentran en la web, emplean levadura y vinagre, en dos versiones, la primera de ellas en la que la reacción se hace, por ejemplo en un vaso de manera que el CO_2 se ve porque produce burbujas (4) y la segunda en la que la levadura está dentro de un globo y el vinagre en una botella, se coloca el globo en la

boca de la botella y se hace que la levadura caiga dentro, generándose CO_2 que se recoge en el interior del globo (5). Empleando bebidas carbonatadas y caramelos Mentos, igual que describimos nosotros en nuestros experimentos (1), también se encuentran varios ejemplos en Internet (6).

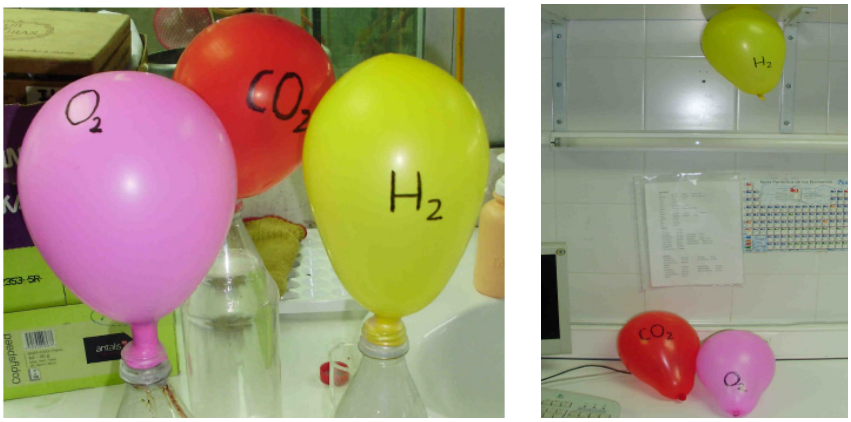


Figura 1. Globos en la boca de las botellas en las que se generan los gases y demostración de que el hidrógeno es más ligero que el aire (el globo sube) mientras que el CO_2 y el O_2 son más pesados.

En cuanto a los experimentos sencillos para generar hidrógeno, en la web se encuentran también algunos de ellos, por ejemplo, uno en el que se emplea aluminio y una sustancia alcalina y el hidrógeno que se forma, al igual que en nuestro experimento, se recoge en un globo. Cuando el globo está lleno, se observa que es más ligero que el aire porque al soltarlo no cae al suelo sino que sube (7). Otros experimentos de generación de hidrógeno utilizando hierro o acero y vinagre, observándose las burbujas de hidrógeno que se desprenden. Por otro lado, se puede generar hidrógeno utilizando agua oxigenada, levadura seca, agua templada y jabón de fregar (8). Otro tipo de experimentos de generación de hidrógeno utilizan una diferencia de potencial que es generada por una pila, en este caso se necesita sal, clips y cerillas además de la pila de 9 V (9), o el experimento (10) realizado con dos lápices que se meten, a cierta distancia uno del otro, sumergidos en una disolución de NaI en agua. Los lápices se conectan a una pila de 4,5 V con unos cables y en cuanto se conectan comienza la electrolisis de la disolución: en una de las puntas del lápiz aparece un color amarillo de iodo, mientras que en la punta del otro lápiz se generan unas burbujas que son de hidrógeno.

2.2. Experimentos con agua para explicar distintas propiedades

Existen gran variedad de experimentos sencillos que pueden realizarse para explicar conceptos como presión de vapor, tensión superficial, viscosidad, densidad,

etc. Nosotros empleamos las propiedades del agua, que es un líquido fácilmente accesible y con unas propiedades muy especiales, para explicar estos fenómenos.

Para explicar la diferencia de viscosidades se pueden emplear experimentos tan sencillos como meter en el congelador un recipiente con agua fría y otro con agua caliente y ver cuál de ellos se congela antes, sorprendentemente y contra lo que cabría esperar, el recipiente con agua caliente se congelará antes que el que contiene agua fría (11). Este experimento, sin embargo, es bastante controvertido ya que es un experimento que recoge ya Aristóteles en un libro titulado "Meteorología" y posteriormente, Lord Byron realiza la misma observación. Los esquimales emplean esta curiosa propiedad para fijar las cañas de pescar al hielo, añaden agua caliente para que se forme más rápidamente. Nosotros, dadas las distintas opiniones que genera este tema y puesto que al realizar el experimento no siempre se observa la congelación en primer lugar del recipiente más caliente, decidimos consultar a un especialista en crecimiento cristalino, que nos explicó que, efectivamente, este fenómeno tan curioso se produce por la diferencia de viscosidades. El agua caliente, menos viscosa y con mayor energía cinética, es capaz de acomodar más fácilmente las moléculas de agua en las posiciones necesarias para la formación del hielo.

De nuevo es posible encontrar en la web experimentos sobre la densidad, por ejemplo, cómo el aceite y el agua tienen distinta densidad (12), ya que el aceite flotará sobre el agua. Se encuentra también un experimento que compara las densidades de la Coca-Cola normal, la *zero* y la *diet* (13), y otros en los que se calculan las densidades de los diferentes cuerpos midiendo su masa y su volumen (14) o viendo si los objetos flotan en agua o se hunden: si flotan serán menos densos y si se hunden serán más densos que el agua (15).

La diferencia de densidades del agua y del hielo, y su implicación en el punto de fusión del hielo, permite hacer pasar un hilo a través de un bloque de hielo sin romperlo (16). Esto se produce porque el hielo, que es menos denso que el agua, al someterlo a una presión (la que hace el hilo con el peso), funde a temperaturas por debajo de los 0ºC de forma que el hilo se hundirá un poco en el hielo. La lámina de agua que quede por encima, se congelará de nuevo, restableciendo el bloque de hielo que no se romperá (Figura 2) (11). Este experimento se encuentra también en Internet en tres versiones distintas (17) y es apropiado incluso para presentar conceptos tan complicados como el diagrama de fases del agua.

Otros experimentos sencillos para explicar las densidades pueden realizarse simplemente con un vaso con agua al que se le añaden cubitos de hielo: el hielo flota en el agua, por tanto será menos denso que esta (16). Por otro lado, también puede verse la diferencia entre la densidad del agua fría y la caliente si se tiñe cada una de color distinto y se introducen en un recipiente donde haya agua del grifo. El agua fría, más densa, irá hacia el fondo del recipiente mientras que el agua caliente subirá hacia la superficie por ser menos densa (18). La densidad del agua salada y del agua es distinta, esto se puede comprobar fácilmente empleando un huevo duro, que flotará en el agua salada pero se hundirá en el agua que no tiene sal (16). Una variante de este experimento se encuentra en Internet, en este caso el huevo duro se sumerge en agua pura y posteriormente se va llenando el vaso con agua salada (19, 20).



Figura 2. Experimento del hilo que atraviesa el bloque de hielo sin romperlo y detalle del hilo pasando por el interior del bloque de hielo.

La presión de vapor de los líquidos puede demostrarse con experimentos sencillos, como uno clásico en el que solo será necesario un recipiente que contenga agua, una botella y un huevo (21). Una variante de este experimento consiste en hacer subir el agua por el interior de una botella, sin utilizar nada más que un recipiente que tenga agua y una botella que se pone boca abajo sobre el agua. Si previamente la botella ha contenido agua muy caliente, se verá cómo el agua sube por el interior de la botella (figura 3) (21).



Figura 3. Por variación de la presión de vapor del agua el huevo entra dentro de la botella o el agua sube por el interior de la misma.

Otra variante del experimento se encuentra en la web. En este caso el experimento se realiza en dos vasos idénticos que puedan cerrarse y que se meterán dentro de un contenedor. En ambos vasos se pone la misma cantidad de líquido, en uno de ellos el líquido será agua y en el otro será agua con una sustancia como sal o azúcar. Si se marca el nivel inicial del agua, al cabo de un tiempo se observa que los niveles han variado, el del vaso con agua habrá bajado mientras que el del vaso con la sustancia no

volátil habrá subido debido a la diferencia de presión de vapor del agua pura y de la disolución (22). En Internet se pueden encontrar más variantes de los experimentos de presión de vapor (23).

La tensión superficial de los líquidos se explica empleando agua y botones, alfileres o clips que flotarán en la misma si se depositan cuidadosamente sobre la superficie, sin embargo al añadir un detergente se hundirán debido a la modificación de la tensión superficial (24). Con agua, pimienta y jabón puede realizarse otro experimento de tensión superficial muy similar al anterior (25, 26).Un experimento más espectacular para explicar la tensión superficial consiste en emplear un colador. Se llena un vaso de agua y se tapa con un colador plano, se gira rápidamente el sistema, con cuidado de que no se generen burbujas, y lo que se observa es que parte del agua permanecerá en el vaso sobre el colador (Figura 4) (24). La tensión superficial también es responsable de la característica forma de las gotas (esféricas), y esto también puede verse con un experimento en el que solo se necesitará agua, alcohol y aceite (24). Un experimento muy colorido sobre la tensión superficial se puede realizar empleando leche, colorantes alimenticios y detergente, el principio es el mismo, los colorantes alimenticios "flotan" en la leche, pero al añadir el detergente se observa que los colores huyen hacia los bordes del recipiente (27).



Figura 4. El agua queda dentro del vaso, sobre el colador debido a su tensión superficial.

3. CONCLUSIONES

Nos gustaría concluir destacando tres ideas fundamentales: En primer lugar, que para realizar los experimentos como los que se han contado en este trabajo no son necesarios materiales muy complicados ni reactivos químicos difíciles de conseguir, sino que se ha buscado la manera de realizar los experimentos, para explicar ciertas propiedades, con materiales fácilmente accesibles para todo el mundo, tal como se ha comentado en la introducción. Además, al hacer una búsqueda para ver qué tipo de experimentos se pueden encontrar en Internet, hemos visto cómo se pueden encontrar muchas variantes de los experimentos que nosotros proponemos, y de muchos otros, que se realizan con materiales caseros. De modo que para proponer nuevos experimentos la receta es imaginación y/o búsqueda. Por otro lado, hay que destacar

que en todos los casos se evita emplear reactivos que sean potencialmente peligrosos, como ácidos o bases fuertes y se han descartado experimentos, de los que se han encontrado en la web, que empleaban sustancias muy tóxicas como mercurio, por eso hay que llamar la atención sobre la potencial toxicidad o peligrosidad de los reactivos. En la mayoría de los casos es posible idear el experimento sin necesidad de emplear este tipo de materiales. El tercer punto a destacar es la versatilidad de los experimentos, por muy sencillos que estos sean y la adaptación a los diferentes niveles educativos. El mismo experimento puede ser presentado, interpretado y debatido dependiendo del nivel de la audiencia y de los conceptos que queramos presentar, de modo que pueden cubrir una gran cantidad de contenidos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a *Ciencia Viva*, un programa dependiente del Departamento de Educación del Gobierno de Aragón por la motivación en el desarrollo de estos experimentos, su publicación y su difusión.

REFERENCIAS

1. Clepsidra, 2011, 4, 9; http://issuu.com/cienciaviva/docs/clepsidra_4
2. http://redescolar.ilce.edu.mx/educontinua/conciencia/experimentos/gases.htm
3. http://redescolar.ilce.edu.mx/educontinua/conciencia/experimentos/produccion.htm
4. http://www.ehow.com/facts_5324812_experiments-baking-soda-vinegar.html
5. http://www.ehow.com/video_4950871_blow-up-balloon-baking-soda.html
6. http://www.ehow.com/video_4950872_build-trebuchet.html?wa%5Fvlsrc=continuous&pid=1&cp=1&wa%5Fvrid=726e3b51%2Dba2f%2D4c7b%2Dba25%2Dfe7b8a844f79
7. http://www.ehow.com/how_5005590_make-hydrogen-balloons.html
8. http://www.ehow.com/list_6025736_experiments-hydrogen.html
9. http://www.ehow.com/how_6339197_make-hydrogen-gas-experiment.html
10. A Ciencia Cierta, 2006, 28, 8-9; http://www.cienciaviva.net/revista/CCierta28.pdf
11. A ciencia cierta 2007, 32, 8-9; http://www.cienciaviva.net/revista/CCierta32.pdf
12. http://www.experimentosnuevos.com/2011/03/experimentos-de-fisica-densidad/
13. http://cluster-divulgacioncientifica.blogspot.com.es/2009/05/experimento-de-las-coca-colas.html
14. http://cluster-divulgacioncientifica.blogspot.com.es/search/label/Densidad
15. http://www.experimentoscaseros.org/2010/10/experimentando-y-determinando.htm
16. A ciencia cierta 2008, 36, 8-9; http://www.cienciaviva.net/revista/ccierta36.pdf
17. http://cienciaslacoma.blogspot.com.es/2010/08/atravesar-el-hielo-sin-cortarlo.html
18. http://www.ehow.com/info_8414880_density-experiments-kids.html
19. http://www.ojocientifico.com/2011/03/02/experimento-del-huevo-que-flota
20. http://www.ehow.com/info_12049338_liquid-density-experiments-using-eggs.html

21. A ciencia cierta 2008, 34, 8-9; http://www.cienciaviva.net/revista/CCierta34.pdf
22. http://quimica-en-red.blogspot.com.es/2006/09/experimentando-la-presin-de-vapor.html
23. http://redescolar.ilce.edu.mx/educontinua/conciencia/experimentos/presion.htm
24. A ciencia cierta 2009, 38, 8-9http://www.cienciaviva.net/revista/ccierta38.pdf
25. http://www.ojocientifico.com/2010/10/23/experimento-de-tension-superficial
26. http://experimentoscaseros.net/2011/06/experimento-de-la-aguja-que-flota/
27.http://www.jpimentel.com/ciencias_experimentales/pagwebciencias/pagweb/la_ciencia_a_tu_alcance_II/fisica/Exp_fis_romper_tension_superficial.htm

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FORMA Y PROPIEDADES DE LOS CRISTALES

***Carmen Reyero Cortiña*[a], *Juan Gabriel Morcillo Ortega*[a],**
***Manuela Martín Sánchez*[a,b], *María Teresa Martín Sánchez*[b]**
[a]Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Universidad Complutense de Madrid
[b]Grupo de Didáctica e Historia, Reales Sociedades Españolas de Física y de Química
mmartins@edu.ucm.es

Nuestro trabajo se fundamenta en la importancia de la forma de los cristales de las distintas sustancias a nivel industrial. Nos centramos de forma especial en la sal común y proponemos un proyecto de trabajo para alumnos de E.S.O.

1. INTRODUCCIÓN

En estos momentos se están realizando numerosas investigaciones sobre los procesos de cristalización con objeto de obtener materiales con propiedades más adecuadas al fin en el que se utilizan. Con este trabajo pretendemos dar una idea de cuál es la situación actual en este campo, y proponer una actividad de tipo experimental para realizar con estudiantes de distintos niveles, con objeto de que reflexionen acerca de los factores que influyen en la forma y propiedades de los cristales. Tomamos como punto de partida el trabajo sobre fronteras de la cristalografía de Wilson (1) aunque, sin duda, el planteamiento dependerá de los conocimientos de los estudiantes y podrá consistir, desde la obtención de cristales de una determinada sustancia en diferentes condiciones, y una simple observación de los mismos para alumnos de niveles elementales, hasta la determinación de su estructura en niveles superiores.

2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FORMA DE LOS CRISTALES

Controlar la forma de los cristales y la homogeneidad de los mismos es fundamental tanto a micro como a macroescala para obtener materiales con nuevas propiedades. La formación de cristales es una parte del campo de investigación de científicos de las áreas más diversas (Física, Química, Ingeniería, Ciencia de Materiales, Geología, Biología, Farmacia, etc.) y en la búsqueda de estos materiales ideales son fundamentales los modelos que predicen la Computación y las Matemáticas.

El tema de los cristales ha adquirido gran importancia en la industria farmacéutica, al buscar nuevos materiales y al comprobar que conseguir una determinada forma cristalina puede servir para optimizar las propiedades de los medicamentos, como puede ser hasta el caso de una simple aspirina. Según cristalice en diferentes formas sus propiedades, incluyendo la estabilidad, solubilidad y velocidad de disolución, higroscopicidad y bioabilidad (palabra acuñada para indicar la capacidad biológica)

son diferentes, lo que puede dar lugar a que en una determinada forma sea un medicamento adecuado y en otra sea perjudicial.

De forma similar ocurre en cualquiera de los campos de obtención de materiales. Podemos poner, como ejemplo, los metales: todas su propiedades físicas, como su dureza, tenacidad, resistencia, etc., incluso las propiedades químicas como el hecho de que sean más o menos fáciles de oxidar, en general más activos, dependen en gran parte de lo compacto de su estructura, que evidentemente está relacionada con el tamaño de los cristales que se producen al enfriarse. Es muy conocida, por ejemplo, la importancia del enfriamiento del acero para obtener un material de propiedades adecuadas, evitando la formación de cristales grandes, que lo hacen quebradizo, y si revisamos la bibliografía actual nos encontramos con un enorme número de trabajos en los que se estudian las características y propiedades de los materiales según los procesos de obtención debido a la formación de cristales. Hasta el hecho de conseguir un material superconductor está relacionado con llegar a una determinada estructura cristalina cambiando la proporción de los distintos componentes.

En otros casos, el interés por obtener cristales de una determinada forma a nivel industrial surge simplemente porque el producto final sea más fácil de manipular y eso ocurre concretamente en el caso de la sal común. La sal común, si cristaliza como es habitual, en cristales de hábito cúbico, forma un bloque debido a las aristas y a su carácter higroscópico, lo que hace que en cantidades grandes es muy difícil de manipular.

Es evidente que las propiedades de todos los materiales, por ser sólidos, dependen del tamaño y forma de los cristales o partículas que los integran, porque se habrán obtenido a partir de una disolución, por enfriamiento de un líquido o por sublimación de un sólido, pero todos esos procesos van acompañados de una cristalización ya que las moléculas o los iones perderán su movilidad atraídos por unas fuerzas de Coulomb o de Van der Waals, que les orientan a determinadas posiciones, y el producto final está relacionado con el proceso de cristalización.

Los factores que intervienen en la formación de los cristales, refiriéndose a disoluciones, los resumen Ballabh y otros (2), quienes señalan que los caminos convencionales para cambiar la forma o morfología de los cristales son: utilizar aditivos, cambiar el disolvente donde se realiza la cristalización, inducir una conducta de no equilibrio como cristalizar una disolución sobresaturada, o alterar la velocidad de evaporación. Nosotros añadiríamos como factor el tipo (sobre todo el material) del recipiente de cristalización, la cantidad de disolución que cristaliza, y la cantidad de soluto y disolvente en relación con el tamaño del recipiente. Si se obtienen por enfriamiento de un líquido que solidifica es evidente que la forma depende en gran parte de la velocidad de enfriamiento. No cabe duda de que influyen la temperatura y la presión, porque intervendrán en la capacidad de difusión entre la superficie del cristal ya formado y la materia que se está depositando, podrá haber capas de adsorción preferencial sobre todo cuando existen otras sustancias en la disolución.

La influencia del medio en la forma de los cristales no es un descubrimiento actual. Jean-Baptiste Romé de l'Isle (3) (1736-1790), mineralogista francés considerado el padre de la cristalografía moderna, en el volumen I de su *Tratado de*

Cristalografía, de 1783, explica cómo el químico francés Guillaume-François Rouelle (1703-1770) obtuvo cristales de sal marina en forma octaédrica, como si fueran los del alumbre, cristalizando sal en presencia de orina durante cinco años. La orina debía ser muy pura porque era la que había utilizado para obtener derivados de fósforo. Él, en su colección, poseía una muestra de estos cristales.

Un siglo más tarde, las obras de Berzelius y de Faraday describen ejemplos de cómo la adición de distintas sustancias nos permite cambiar la forma de determinados cristales. Así, Michel Faraday (4) nos indica cómo cambia la forma de los cristales de cloruro de sodio si se añade urea a la disolución, y Berzelius (5) describe cómo se pueden conseguir cristales más grandes de nitro en una disolución de cal.

3. UN EJEMPLO: INVESTIGACIONES SOBRE LA SAL COMÚN

Nos centraremos en las investigaciones para cambiar la forma de los cristales de la sal común por ser un producto de gran interés industrial y de fácil alcance para todos. Su interés no es solo por ser un componente habitual de la dieta, sino porque forma parte de productos químicos como el carbonato de sodio, el hidróxido de sodio y el cloro que se producen en cantidades voluminosas. También se utiliza en otras industrias como la textil, el papel, el teñido, los fertilizantes, derivados de la leche y los productos farmacéuticos. El apelmazamiento de la sal se produce debido a que se forman puentes entre los cristales por su higroscopicidad y su gran solubilidad en el agua, pero también contribuye la forma cúbica de los cristales; todo ello dificulta enormemente el manejo (2), lo que supone un gran problema para la industria.

Una de las soluciones para conseguir un manejo más fácil es obtener cristales más redondeados, que en lugar de ser cúbicos se hagan octaédricos.

Davidson y Slabaugh (6) explican cómo añadiendo pequeñas cantidades de otras sales se puede conseguir que no se formen esos bloques tan difíciles de manejar, e indican que ese es el logro de la compañía Morton quien anuncia sus sales con el eslogan de que "cuando llueve se derrama" (*when it rains it pours)* en el sentido de que, aunque esté húmeda, se extrae fácilmente del lugar donde está almacenada dado que no se apelmaza, de ahí que la propaganda de la compañía sea una niña con un paraguas bajo la lluvia y un salero en la mano derramando sal (ver Figura 1).

La sal se obtiene disolviendo el cloruro sódico sacado de las minas en agua, y dejando evaporar la disolución: de esta forma se obtienen cristales cúbicos. También se puede obtener evaporando agua del mar. Si se hace en recipientes muy poco profundos puede aparecer en forma de escamas o de dendritas. Los cristales que se forman en bandejas planas, quedan flotando en la superficie de la disolución por la tensión superficial, pero crecen lateralmente, formando copos grandes que terminan en el fondo. La sal dendrítica, formando escamas agrupadas como estrellas, se obtiene cuando a las disoluciones de sal se le añaden cantidades pequeñísimas, del orden de 5-20 ppm de ferrrocianuro de sodio o de potasio. Aunque se trata de sustancias tóxicas en esa proporción no son peligrosas y se pueden admitir. Por otra parte, la sal dendrítica con ferrocianuro tiene propiedades importantes: es muy fácil de disolver y

se disuelve sin formar grumos, por eso es muy utilizada en productos alimenticios y en la sal utilizada en las calles para evitar el hielo.

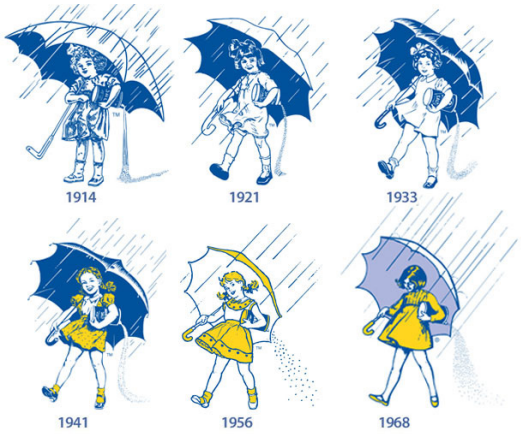


Figura 1 Anuncios de la sal Morton a lo largo de los años
(http://www.mortonsalt.com/our-history/history-of-the-umbrella-girl).



Figura 2: Sal en una bandeja plana, sal dendrítica, en el seno de urea y en el seno de azúcar (de izquierda a derecha).

Otra de las sales utilizada en productos alimenticios es la conocida como sal "Maldon" que es fácil de encontrar en los supermercados españoles. Esta sal procede del estuario del río Blackwater, en el municipio de Maldon, en el condado de Essex (Inglaterra). Elaborada de forma artesanal, sus cristales son finas láminas de una textura crujiente y muy delicada que explota en la boca. Tiene un gusto muy salado, pero carece de amargor, lo que la hace muy sutil. Se añade al plato justo en el momento de servir. Es muy adecuada para sazonar *foie gras*, carne roja o pescado a la parrilla.

Según Ballabh y otros (2) en el *Central Salt and Marine Chemicals Research Institute* de la India se consiguen cristales casi esféricos haciendo cristalizar la sal en presencia de una pequeña cantidad del aminoácido glicina, y explican esta forma porque la glicina aumenta la hidrofobicidad de la sal, haciendo que crezcan más unas

caras que otras. Según sus datos, con un 25% de glicina prácticamente todos los cristales se aproximan a una forma casi esférica. Han realizado la comprobación con cloruro sódico de diferentes orígenes: puro, extraído del agua del mar y extraído de una mina, y el comportamiento en los tres casos es similar. Los restos de glicina se pueden eliminar lavando los cristales obtenidos con una disolución concentrada de sal, que posteriormente se puede recuperar cristalizándola también. Por otra parte, la glicina no es perjudicial para la salud, mejora el sabor de la sal y la mantiene más hidrofóbica, con lo cual la extracción del recipiente es más fácil.



Figura 3. Sal Maldon.

Otros investigadores indios del mismo Instituto (7) consiguen esferas pequeñas de sal fáciles de manejar, sin necesidad de añadir aditivos, pero manteniendo el recipiente de cristalización en rotación. El estudio con microscopio de esas esferillas revela que están formadas por muchos cubos de muy pequeño tamaño.

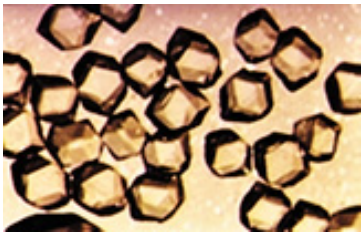


Figura 4. Sal en presencia de glicina tomada de Chemical and Engineering News, 7-7-2006, p.104.

Marks (8), a partir de una disolución saturada de cloruro de sodio, obtiene cristales que son cubos perfectos añadiendo unas gotas de una disolución muy diluida de nitrato de plomo (II): la proporción que indica es a 100 mL de una disolución saturada de cloruro de sodio le añade 2 ml de nitrato de plomo (II) al 5%. Por otra parte obtiene

cristales de cloruro de sodio, que son como una especie de “barbillas”, si se le añaden unas gotas alcohol polivinílico. Para ello, a una disolución saturada de cloruro de sodio se le añade 5 mL de agua para disminuir la saturación, y dos gotas de alcohol polivinílico

Zhongping Zhang y Suhua Wang (9), de la Academia de Ciencias de China, han obtenido recientemente unos magníficos cristales de cloruro de sodio colocando gotas de una disolución concentrada de cloruro de sodio en la interfase de ciclohexano y acetona, y cuya micrografía electrónica de barrido incluimos (Figura 5) por ser muy espectacular.

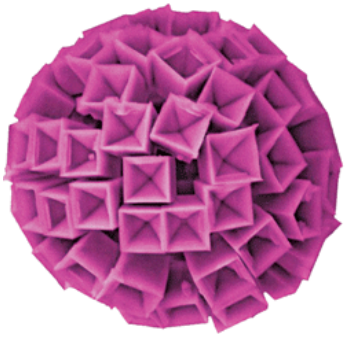


Figura 5. Micrografía electrónica de cloruro sódico (9), tomada de: Chemical and Engineering News, 23- 5- 2011, p.10.

4. PROPUESTA PARA TRABAJAR CON LOS ALUMNOS

La obtención y cultivo de los cristales es uno de los temas que despierta un enorme interés y capta una viva atención a estudiantes de todas las edades. De hecho podemos encontrar ejemplos de premios Nobel que explican en sus biografías cómo su entusiasmo por la ciencia nació al trabajar en el cultivo de cristales, o que han tenido su fuente de inspiración en los cristales para descubrimientos importantes. Así, Dorothy Crowfoot Hodgkin, Premio Nobel de Química de 1964 por la determinación de la estructura de varias sustancias mediante las técnicas de rayos X, explica que su interés por la Química comenzó cuando tenía 10 años y un amigo de sus padres la enseñó a cultivar cristales con unos productos químicos que le regaló. John Cowdery Kendrew, Premio Nobel de Química 1962 por el estudio de la estructura de las proteínas, explica que, para llegar a determinar esa estructura, se inspiró en la forma de los cristales aislados de la naftalina.

Podríamos aportar muchos más ejemplos. De hecho, nuestra experiencia como profesores nos permite afirmar que son muy pocos los alumnos que permanecen impasibles ante el fenómeno de la cristalización. Por ese motivo consideramos que es muy interesante y sencillo ofrecer a los estudiantes la posibilidad de trabajar en experimentos relacionados con la obtención de cristales y la comprobación de cómo influye el medio en su forma. El enfoque de la cristalografía desde el laboratorio da un giro a la visión de un tema arduo y difícil conceptualmente. Ver cómo crecen, ser

capaces de crearlos y modificarlos, aumenta muchísimo la motivación a la hora de enfrentarse a determinados contenidos conceptuales de Química y de Geología.

La actividad podría iniciarse comentando algunas de las principales aplicaciones de los cristales y la enorme importancia que la cristalografía ha adquirido hoy día. Se facilitaría información a la vez que se introducirían una serie de preguntas acerca de la influencia del medio y la importancia de la forma en las propiedades de los cristales, así como las investigaciones que se realizan actualmente sobre nuevos materiales.

Consideramos interesante realizar algunas demostraciones de los principales procesos de cristalización a partir de disoluciones, fusiones, sublimaciones como las descritas por Reyero y otros (10). En cualquier caso, los alumnos deben comprender que para que la materia pueda reorganizarse formando determinadas estructuras, las moléculas o iones tienen que perder su movilidad con tiempo suficiente, en reposo (que no intervengan otras fuerzas) y disponiendo de espacio suficiente; y que puede variar la forma de los cristales realizando la cristalización en presencia de otras sustancias o bien modificando la cantidad de disolución o el tamaño y la forma del recipiente. Después, los alumnos deben experimentar por sí mismos, informándose, pensando y siendo creativos. La sustancia a cristalizar puede ser el cloruro de sodio en presencia de otras sustancias como: vinagre, azúcar, urea, bicarbonato, detergente, etc., o bien otras que propongan los propios alumnos. Se podrían premiar los cristales más grandes, los mejores formados, las cristalizaciones más bonitas.

El procedimiento para realizar la cristalización partiría siempre del mismo punto: una disolución saturada de sal común a la que se le añadiría una pequeña cantidad de otras sustancias. Esta cristalización tan sencilla se puede realizar en el propio domicilio, con solo disponer de una ventana o terraza donde se pueda dejar en reposo el recipiente que contiene la disolución. Es aconsejable utilizar sal gorda. La cantidad adecuada de disolución a preparar debería estar entre 300 y 500 mL. Como recipiente puede servir cualquiera de plástico o de cristal, pero que tenga al menos unos 10cm de profundidad.

Igualmente, se procedería a confeccionar una ficha de trabajo, que cumplimentaría cada estudiante durante la realización de todo el experimento, en la que se recogieran los datos más relevantes: cantidades utilizadas, el tipo de recipiente, las fechas más significativas, la descripción de los cristales, así como cualquier otro dato u observación que consideren de interés. Los cristales deben ser recogidos en el momento en que aparezca una gran parte del fondo cubierto por los mismos, para lo cual verterían el líquido sobrenadante (aguas madres), con cuidado de que no caigan los cristales en otro recipiente (proceso de decantación). Una vez secos, los guardarían en un recipiente con tapa (puede ser un recipiente de los utilizados para medicamentos, que no tenga tapa metálica porque la sal es corrosiva). Las aguas madres pueden dejarse de nuevo en reposo, y obtener más cristales que se recogerían en otro recipiente distinto.

Al final de la actividad se procedería a realizar un seminario, en el que se discutirían los resultados, y en el que cada alumno aportaría los cristales que ha obtenido junto con un informe de tipo científico acerca de todo el proceso realizado. Son muchos los conceptos implicados en la realización de una actividad de este tipo, y

las preguntas que los estudiantes deberían estar en disposición de responder, como por ejemplo: qué es una disolución saturada, qué ocurre si a una disolución se la deja al aire libre, qué condiciones son necesarias para la formación de cristales, cómo influye en los resultados la presencia de otras sustancias, qué son aguas madres, en qué consiste el proceso de decantación, etc. De esta forma trabajarían procesos científicos básicos como la observación y la descripción, el control de las variables, el rigor, la precisión, la exactitud de las medidas la presentación de informes don un lenguaje correcto, etc. Hemos comprobado que este tipo de planteamientos son muy motivadores pues despiertan en los alumnos infinidad de inquietudes sobre la Química y la Geología.

REFERENCIAS

1. C.C. Wilson, A. Parkin, L. H. Thomas*, Journal of Chemical. Education*, **2012**, Vol. 89 , 34-37.
2. A. Ballabh, D.R. Trivedi, P. Dastidar, P.K. Ghosh, A. Pramanik, V.G. Kumar, *Crystal Growth & Design*, **2006**, Vol. 6 , 1591-1594.
3. J.B.L. Romé de l'Isle, *Crystallographie: description des formes propes à tous les corpes du règne mineral,* París (1783), Vol. I , 379.
4. M. Faraday *Chemical Manipulations, being instructions to students of Chemistry*, John Murray, Londres, (1830), p. 251.
5. J.J. Berzelius, *Tratado de Química,* Vol. 2, 4ª Edic., traducida por R. Sáez Palacios y C. Ferrari, Ignacio Boix , Madrid (1845), p. 68.
6. C.F. Davidson, M.R. Slabaugh*, Journal of Chemical. Education,* **2003,** Vol. 80, 155-156.
7. I. Mukhopadhyay, V.P. Mohandas, G.R. Desale, A. Chaudhary, P.K. Ghosh, *Industrial & Engineering Chemistry,* **2010**, Vol. 49, 12197-12203.
8. J.A. Marks, *School Science Review,* **1977**, Vol. 58, 80.
9. J. Zhang, S. Zhang, Z. Wang, Z. Zhang, S. Wang, S. Wang, *Angewandte Chemie International Edition*, **2011**, Vol. 50(27), 6044–6047.
10. C. Reyero, M. Martín, J.G. Morcillo, E. García, M.T. Martín, *Anales de Química* Vol. 104(3), 215-219.

OBTENCIÓN DE CRISTALES GIGANTES Y ESPECTACULARES

María Luisa Prolongo Sarria
Departamento de Física y Química en el I.E.S. Manuel Romero
Villanueva de la Concepción, Málaga
marisaprolongo@hotmail.com

En este trabajo se presenta una actividad desarrollada con alumnos de Educación Secundaria, en la que hace una investigación sobre el crecimiento de cristales de hidrógenofosfato amónico, una sustancia que se puede obtener con relativa facilidad por tratarse de un fertilizante común. De la evaluación de la actividad se deduce que es muy apreciada por los alumnos, por obtener unos cristales grandes y espectaculares desde la primera cristalización y que, en general, sirve para que desarrollen ciertas competencias sobre el trabajo experimental, creatividad y comunicación, aparte de que profundizan en los aspectos teóricos que han tratado o tratarán en distintas materias de Ciencias, se pretende así que puedan integrar lo aprendido y valorar más la utilidad del aprendizaje al comprobar sus posibilidades de aplicación a casos reales. Por ello, se recomienda su utilización como una actividad enriquecedora del proceso educativo.

1. INTRODUCCIÓN

La experiencia demuestra que cuando el resultado de una actividad práctica es vistoso y llamativo, e incluso decorativo, despierta la curiosidad y el interés de los alumnos en su desarrollo. Por tanto, estamos convencidos de que la actividad recogida en este trabajo promueve la afición por la Ciencia. Además, en su desarrollo, ponemos en práctica muchos procesos y conceptos químicos fundamentales en el trabajo del laboratorio. Nos parece por todo ello que la manera más idónea para empezar a enseñar Cristalografía es cristalizando: es la forma de atraer, es el poder de seducción de los cristales.

Dorothy Hodgkin, Premio Nobel de Química en 1964, decía en sus memorias que la obtención de cristales fue el punto de partida de su vocación científica (1).

Los cristales nos lo encontramos en multitud de entornos familiares para los alumnos: helados, chocolate, cosméticos, sal común (salinas), azúcar, minerales y piedras preciosas (diamantes, rubí, esmeraldas…), corales, conchas y caparazones de animales, cáscara de huevo, en cuevas naturales y hasta en nuestro organismo (dientes, huesos, proteínas, piedras o cálculos en el riñón…).

La Cristalografía clásica o macroscópica es una de las ramas más antiguas de la Ciencia, y se ocupa del estudio de los cristales con forma geométrica regular y ordenada, como consecuencia de la ordenación de átomos y moléculas que lo componen (2). Esta idea de ordenamiento ya fue apuntada por el inglés Robert Hooke (1635-1703), que publicó en 1665 la obra *Micrographia*, donde incluía, por ejemplo, un estudio detallado, con ilustraciones, sobre la estructura de los copos de nieve. A finales del siglo XVII, el francés René Just Haüy (1743-1822), canónigo honorario de

la catedral de *Notre-Dame* de París y considerado el fundador de la Cristalografía, empezó su estudio sistemático sobre los distintos minerales, inspirándose en la sistemática ya existente entonces para el estudio de las plantas.

En la experiencia que se discute en este trabajo, se cristaliza dihidrógenofosfato amónico (ADP impuro) que normalmente contiene impurezas como nitrato, arcillas, hierro, aluminio y óxidos, y se usa como fertilizante en agricultura. El objetivo experimental ha sido la obtención de cristales gigantes, tanto una composición cristalina como un monocristal. El ADP se puede comprar en viveros o empresas que vendan fertilizantes como Fertysem S.A. La empresa Triana Science & Technology (Granada) además vende un kit apropiado para una primera cristalización (3). Debe tenerse cierto cuidado en su manipulación. Así, debe evitarse inhalar vapores en su calentamiento, ya que desprende amoniaco, y deben utilizarse gafas de seguridad, cuando se golpean los cristales, ya que pueden proyectarse en los ojos; por lo demás, hay que seguir las normas básicas en el laboratorio de Química.

Nos planteamos que los alumnos, en nuestro caso de cuarto de E.S.O., disfrutaran haciendo cristales y además aprendieran cristalizando. Algunos aspectos que pueden aprender son:

1. La diferenciación entre vidrio y cristal.
2. La importancia del polimorfismo.
3. Poner en práctica conocimientos como preparación de disoluciones, cristalización, solubilidad, curvas de solubilidad y sobresaturación.
4. Las principales fases de la cristalización: nucleación y crecimiento cristalino.
5. Conocer los factores que afectan a la cristalización.
6. Seguir el método científico en su trabajo, anotando todo en el cuaderno de laboratorio y sabiendo comunicar lo obtenido a los demás.
7. Obtener una composición cristalina y un monocristal de la mejor calidad posible.

¿Por qué se le llama cristal al vidrio de las ventanas?

La confusión entre ambos términos, vidrio (sólido amorfo), y cristal (sólido ordenado), tiene un origen histórico en las minas de Segóbrica (Cuenca), donde los romanos obtenían un yeso selenítico o Cristal de Hispania, como se muestra en la Fig. 1, que tenía una gran transparencia y era utilizado para los "cristales" de ventanas. Aunque en la Roma republicana ya dominaban la tecnología del vidrio, no fue hasta el siglo I de nuestra era cuando se fabricaba el vidrio plano que sustituiría al Cristal de Hispania, pero en España se siguió llamando "cristal" al vidrio y de ahí la confusión que perdura hasta nuestros días (4).

Como es bien sabido, un cristal es un sólido cuyas partículas están ordenadas en las tres dimensiones del espacio, dando lugar a una estructura o red cristalina. Cristal viene de la palabra griega *crystallos* que significa hielo y con la que los griegos denominaron a la variedad del cuarzo que hoy conocemos como cristal de roca.



Figura 1. Imagen de yeso selenítico en las minas romanas del Parque Arqueológico de Segóbriga (Saelices, Cuenca) (5).

El vidrio es un sólido amorfo procedente de un líquido sobreenfriado que no posee un orden interno, ni periodicidad en su estructura. Se utiliza en multitud de objetos cotidianos como gafas, vasos, ventanas y bombillas, entre otros. Un uso específico de la fibra de vidrio es la transmisión de luz en dispositivos tecnológicos avanzados.

La estructura interna de una sustancia es fundamental: así,la diferencia entre un cristal (diamante) y un carbón amorfo son 13 millones de dólares (el valor en la subasta reciente de Sotheby's en Hong Kong); por tanto, la estructura importa, tanto en cristalografía o en cualquier otra ciencia como en la sociedad y economía (5).

El polimorfismo es la propiedad que tiene un compuesto de formar estructuras cristalinas diferentes. Cuando se refiere a un elemento, también se denomina alotropía. Así, las formas polimórficas o alótropos del carbono son: el diamante, el grafito, los fullerenos, los nanotubos de carbono y, obtenido más recientemente, el grafeno. Las propiedades físicas de estas especies son tan diferentes que tienen muy distintos usos como, por ejemplo, el diamante en joyería, los nanotubos para hacer conductores eléctricos y el grafito, mezclado con arcilla, en minas de los lápices.

2. PROCESO DE CRISTALIZACIÓN

Para la cristalización recogida en este trabajo, nos basamos en una técnica de enfriamiento lento: el ADP se disuelve en agua caliente mucho más que en agua fría, de tal manera que, al bajar lentamente la temperatura, precipita el ADP en forma de una estructura sólida muy ordenada.

Preparamos una disolución sobresaturada en la proporción de 325 g de ADP impuro por cada medio litro de agua del grifo, y lo calentamos a ebullición hasta disolverlo todo. En ese momento se deja de calentar y, cuando la temperatura desciende hasta 70 °C, lo introducimos en un vaso de plástico; éste, a su vez, dentro de un recipiente de poliestireno expandido ("corcho blanco"), y todo ello dentro de una caja de cartón, para que el enfriamiento sea lo más lento posible. En la Figura 2 se muestran distintos aspectos de los pasos indicados para la cristalización. De esta manera da tiempo a las partículas a ordenarse y obtener los cristales más grandes

posibles: la velocidad de cristalización es un factor clave para obtener los cristales de gran tamaño.



Figura 2. Fotografías de algunos de los pasos seguidos y de los materiales utilizados para la cristalización, según se indica en el texto.

Podemos simular la cristalización indicando a un alumno que ordene piezas de cubitos o de un juego de construcción, muy lentamente; será capaz de ordenarlo perfectamente (que es lo que intentamos nosotros hacer mediante el enfriamiento lento). Pero si le damos los cubitos rápidamente no le da tiempo a ordenarlo.

Sin mover la caja con las disoluciones, esperamos dos o tres días para que cristalice el ADP. Ya obtenida la primera cristalización, seleccionamos los mejores cristales para futuras cristalizaciones (cristales semillas), bien quitamos aquellos cristales peor formados (inclinados o desviados) para formar una futura composición cristalina más grande o bien nos quedamos con un solo cristal para realizar un monocristal grande. De este modo se consigue obtener, después de varias cristalizaciones, los cristales mostrados en la Figura 3.

2.1. ¿Cómo evolucionó nuestro trabajo?

No queríamos que la cristalización fuera una simple reproducción de una receta, sino un punto de referencia que sirviera para motivar, para plantear otros interrogantes y para animar a los alumnos a pensar, buscando soluciones a problemas que nos iban surgiendo desarrollando un trabajo de investigación en equipo.

Pronto empezaron las dudas. Por ejemplo, salían todos los cristales de color verde y los alumnos se preguntaban: ¿se podría cambiar de color? Además, con el tiempo, los cristales se "estropeaban" al perder el color y deformarse, debido esencialmente a su deshidratación: ¿cómo podrían conservarse?

A partir de los resultados preliminares, nos planteamos las siguientes investigaciones:

1. Cómo influyen otras sustancias en la cristalización. Para ello, se planteó la adición de un colorante a la disolución, para cambiar el color del cristal y la introducción de otras sales en el proceso de cristalización.
2. Cómo conservar mejor los cristales que veíamos que con el tiempo perdían color y se deshidrataban.



Figura 3. Cristales de ADP obtenidos por los alumnos.

Nuestro trabajo de cristalización e investigación duró todo el curso académico, dedicándole una hora cada dos semanas en el curso de cuarto de E.S.O., como ya se indicó. Los alumnos, a partir de la tercera o cuarta reunión, empezaban a trabajar en equipos cada vez más autónomos y más responsables de su labor. Buscaban el recipiente que iban a calentar y donde se daría la cristalización, limaban el cristal, calentaban, filtraban, anotaban… En definitiva, investigaban e intentaban resolver problemas. En la Figura 4 se muestran imágenes con diversos aspectos de la actividad desarrollada por los alumnos.



Figura 4. Imágenes con actividades desarrolladas por los alumnos.

Después de probar la cristalización en diferentes medios (con agua destilada, con colorante alimentario y con diversas sales), observamos que el medio en que se cristaliza el ADP es determinante para el color, la forma, el tamaño y lo compacta que salga la composición cristalina. Algunos cristales obtenidos en distintas condiciones por los alumnos se muestran en la Figura 5.

Para conservar mejor los cristales, sumergimos los cristales de la primera cristalización en varias disoluciones y determinamos cuál era la mejor solución para mantener el color de los cristales y su estado de hidratación. Sin lugar a duda, el mejor

resultado consistió en sumergir el cristal en la misma disolución que había cristalizado; por tanto, es importante no tirar la disolución de la cristalización.

En nuestra composición cristalina final se emplearon cuatro cristalizaciones sucesivas, la última con 13,7 kg de ADP en 21 litros de agua, y para obtener el monocristal realizamos tres cristalizaciones. Los resultados de estas cristalizaciones se muestran en la Figura 6.



Figura 5. Distintos tipos de cristales de ADP obtenidos por los alumnos en distintas condiciones.

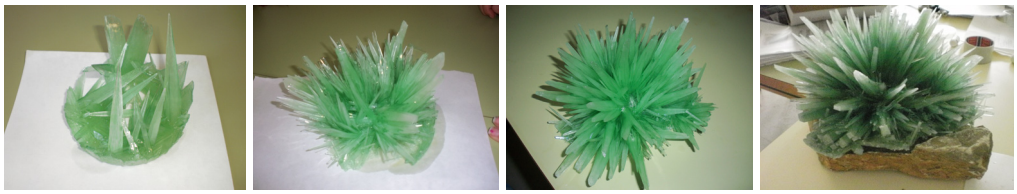


Figura 6. De izquierda a derecha, aspecto de los cristales de ADP que se obtienen en las cristalizaciones sucesivas (ver texto).

No nos debemos olvidar que el recipiente usado para realizar las distintas cristalizaciones es determinante para que los cristales tengan la forma y tamaño más adecuado, ya que en el crecimiento de los cristales hay dos fases consecutivas y dependientes:

1. La nucleación. Se forman los núcleos de cristalización en la base y en las paredes del recipiente y/o por la presencia de partículas extrañas.
2. El crecimiento cristalino. Para el desarrollo y crecimiento del cristal, tras la formación de los primeros núcleos, el recipiente debe dejar espacio suficiente para la ordenación de las partículas.

3. EVALUACIÓN DEL TRABAJO

Para evaluar correctamente la práctica usamos:

1. Una prueba inicial tipo test, donde se hace hincapié para detectar en los alumnos las ideas previas y posibles errores conceptuales, como diferenciar vidrio y cristal, el concepto de concentración y su independencia de la cantidad de disolución elegida, solubilidad y forma de representarla, factores que influyen al cristalizar, etc.
2. La observación y registro del proceso en el cuaderno de laboratorio de cada grupo.
3. Un trabajo y una presentación en PowerPoint, realizado por cada grupo de alumnos.
4. La participación en la final del segundo concurso de "Cristalización en la escuela", donde los alumnos expusieron el trabajo al jurado del concurso que tuvo lugar en el Parque de las Ciencias de Granada (6) (ver Figura 7).

De la evaluación de la actividad se deduce que es muy apreciada por los alumnos, y que, en general, sirve para que desarrollen de manera no forzada, muchas competencias como pueden ser lingüística, matemática y digital, de autonomía personal, social y ciudadana e interacción con el mundo, ¡tan útiles en la vida! Aparte de que profundizan en los aspectos teóricos que han tratado o tratarán en distintas materias de Ciencias. Por ello, se recomienda su utilización como una actividad enriquecedora del proceso educativo.

Además, la implicación de los alumnos en proyectos de investigación para exponerlos en eventos científicos como jornadas, concursos y ferias de las Ciencias (7) supone una motivación para los alumnos, porque al realizar el trabajo científico ven la utilidad del aprendizaje, que los mismos alumnos demandn. De esta manera se sienten científicos, ellos también pueden hacer ciencias y ver recompensado su trabajo.



Figura 7. Evaluación de los resultados de cristalización de los alumnos por el jurado del concurso "Cristalización en la escuela".

Supone pues la actividad un aliciente tanto para los alumnos como para sus padres, los cuales han colaborado en las actividades: financiando desplazamientos, apoyando los proyectos…; y también para la propia profesora, que cada vez tiene más alumnos

en la optativas de Ciencia y más motivados, y su Departamento e Instituto.

REFERENCIAS

1. C. Reyero, M. Martín, J.G. Morcillo, E. García, M.T. Martín, *Anales de la Química,* 2008, Vol. 104, 215-219.
2. E.A. Wood, *Cristales: un manual para profesores de enseñanza primaria y secundaria*, Comisión de Enseñanza de la Unión Internacional de Cristalografía, (traducido por J. F. Van der Maelen Uría, C. Álvarez-Rúa, J. Borge y S. García Granda), Enero 2001. Accesible en:
http://oldwww.iucr.org/iucr-top/comm/cteach/pamphlets/20/es/index.html
3. Triana Science & Technology (Granada). Kit de cristalización de ADP:
http://www.trianatech.com/index.php?option=com_content&view=article&id=125&Itemid=110&lang=es
4. J.M. García Ruiz, El misterio de los cristales gigantes, *El País*, 5 de octubre de 2008. Accesible en:
http://www.elpais.com/articulo/portada/misterio/cristales/gigantes/elpepusoceps/20081005elpepspor_8/Tes
5. Apuntes del Curso de Verano en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo "Cristalización en la escuela" (2010 y 2011).
6. Segundo Concurso de "Cristalización en la Escuela":
http://www.lec.csic.es/concurso/
7. M.L. Prolongo, G. Pinto, *Educación Química*, **2010**, Vol. 7, 4-14.

EXPERIMENTOS DE CÁTEDRA PARA LA ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA

Elsa Mohino Harris, María Barragán García, Juan Abel Barrio Uña, José Luis Contreras González, Luis Dinis Vizcaíno, Paz Godino Gómez, Amparo Izquierdo Gil, Alejandro Lorca Extremera, Isidoro Martínez Ramírez, Sara Mohino Harris, Oscar Rodríguez López, Oscar Villarejo Villanueva
Facultad Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid
emohino@fis.ucm.es

En la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid se han desarrollado una serie de experimentos de cátedra y se ha elaborado un catálogo con material didáctico escrito y audiovisual basado en ellas. En este trabajo se presenta dicho catálogo.

1. INTRODUCCIÓN

Los experimentos de cátedra son un recurso docente que consiste en la realización de experimentos y demostraciones en el aula durante las clases magistrales. Estos experimentos sirven para ilustrar fenómenos físicos que se explican de modo teórico en clase. Suelen provocar la sorpresa del estudiante, atrayendo su atención y haciendo que el alumno se interrogue sobre los procesos que están teniendo lugar. Generan así un contexto propicio que facilita una mejor comprensión de los contenidos teóricos y de su aplicación práctica. En el Laboratorio de Física General de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid se han venido desarrollando desde hace tiempo una serie de experimentos y demostraciones que pueden utilizarse como experimentos de cátedra. Como se puede ver en la tabla 1, son experimentos de muy diversos tipos que cubren desde el funcionamiento de aparatos de la vida cotidiana, como el temporizador de una escalera, hasta fenómenos que ilustran principios físicos fundamentales de campos como el Electromagnetismo o la Termodinámica. Tienen en común su carácter visual y la posibilidad que se brinda a los estudiantes de interaccionar con ellos. En su mayor parte han sido desarrollados por el personal técnico del Laboratorio con el apoyo del personal docente asociado.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal es promocionar el uso de los experimentos de cátedra en la enseñanza de Física General en diversas titulaciones impartidas por la Universidad Complutense de Madrid como los Grados en Física, Química, Biología, Bioquímica, Geología, Ingeniería Química o Geológica.

Estos experimentos ayudan a entender los conceptos básicos de la Física ya que:

1. Incrementan la atención de los estudiantes.
2. Promueven su curiosidad aumentando la motivación.
3. Conectan los conceptos explicados en clase con su vida cotidiana.

Tabla 1. Lista de experimentos de cátedra.

Electricidad y magnetismo	***Ondas***
1. Corrientes de Foucault.	17. Figuras de Lissajous.
2. Anillo de Thomson.	18. Figuras de Chladni.
3. Fuerzas de Lorentz.	19. Tubo de Kundt.
4. Atracción y repulsión entre corrientes.	20. Ondas estacionarias en una cuerda.
5. Bobina de Tesla.	21. Tubo de Rubens.
6. Motor homopolar.	22. Velocidad del sonido.
7. Cañón de Gauss.	23. Cubeta de ondas.
8. Caída de dos imanes en una barra de aluminio acanalada.	24. Difracción con láser.
	Pilas
9. Levitrón.	25. Pilas cobre cinc.
10. Leyes de Kirchhoff a partir de un prisma con *leds*.	26. Motor liquido.
	Fluidos
11. Generador de Van der Graaff.	27. Tensión superficial y películas de jabón.
12. Electroscopio.	
13. Motor electrostatic.	28. Tensión superficial: objetos en la superficie del agua.
14. Campana de Franklin.	
15. Varita mágica.	29. Pelota de ping-pong levitando.
Termodinámica	***Vida cotidiana***
16. Motor de Stirling.	30. Temporizador de escalera.
	31. Simulación de un aerogenerador.

Para facilitar el uso de estos experimentos de cátedra en la docencia universitaria se ha elaborado un catálogo. Este catálogo, que cuenta con material didáctico escrito y audiovisual, es accesible a un público más general ya que se ha elaborado una página web donde está disponible (1). Puede servir también, fuera del ámbito universitario, de apoyo en la docencia de Física General a nivel pre-universitario. El contenido audiovisual se puede usar directamente en el aula y la documentación completa asociada sirve para poder recrear los experimentos propuestos. Por último, el catálogo favorece la visibilidad de la Facultad de Ciencias Físicas de la UCM y la divulgación científica que en ella se realiza. En particular, podría servir de apoyo a las sesiones que se realizan durante la Semana de la Ciencia ya que permitiría que los profesores muestren a los alumnos ejemplos de aquello que van a ver en persona más tarde y entender mejor ellos mismos las posibilidades que ofrecen los experimentos.

También puede servir de plataforma para dar difusión a los experimentos de Física en otros ámbitos como los programas temáticos de televisión o bitácoras en Internet.

3. CATÁLOGO DE EXPERIMENTOS

El catálogo de experimentos desarrollado cuenta con una parte de material escrito y otra de material audiovisual. El material escrito comprende una hoja plastificada

para cada experimento que puede ser empleada por el profesor que quiera presentar el experimento en el aula. Cada hoja contiene:

1. Una fotografía (o diseño) del experimento.
2. Código de clasificación internacional PIRA(2).
3. Un enlace al material audiovisual.
4. Una breve explicación de los fundamentos físicos en los que se basa el experimento, generalmente proporcionando indicaciones para aumentar su valor educativo y cuestiones a proponer a los alumnos para discutir en clase.
5. Una lista del material empleado y una descripción sucinta de cómo se ha fabricado experimento.
6. Precauciones especiales que se han de tener con el experimento y consejos para su buen uso y mantenimiento.

Cada experimento ha sido filmado en alta definición. De este modo aquellos experimentos de cátedra cuyo transporte puede resultar difícil también se pueden exponer en el aula, existiendo al mismo tiempo la posibilidad de que los alumnos acudan al Laboratorio a completarlos. Para cada experimento se han elaborado dos vídeos, uno largo (aproximadamente cinco minutos de duración), donde un miembro del proyecto explica los fenómenos físicos que tienen lugar y el funcionamiento del experimento, y otro corto en el que solo se muestra el funcionamiento. El largo está pensado como una explicación auto-contenida orientada al aprendizaje autónomo, accesible a través de la red y que también se puede mostrar en aulas acondicionadas para audio. El corto puede ser empleado por los profesores que prefieran explicarlo ellos mismos mientras muestran el vídeo en clase.

4. UN EJEMPLO: EL ANILLO DE THOMSON

A modo de ejemplo, se muestra a continuación el material didáctico escrito elaborado asociado a una de las experiencias de cátedra.

4.1. Principios físicos que ilustra

Ley de Biot-Savart.
Ley de Faraday.
Ley de Lenz.
Fuerza de Lorentz.
Atracción y repulsión entre corrientes.

4.2. Descripción

Se hace levitar un anillo conductor empleando una bobina provista de un núcleo de hierro y conectada a una fuente de alimentación alterna.

4.3. Fundamento teórico

En la bobina se genera un campo magnético ($\vec{B}$) proporcional a la intensidad de la corriente que circula por ella (I_b) (ley de Biot y Savart). En el interior de la bobina el campo magnético generado es principalmente paralelo al eje (B_z), mientras que en el exterior tiene también una componente radial (B_r). Este campo magnético atraviesa el anillo, por lo que el flujo magnético a través del anillo será proporcional a la intensidad que circula por la bobina ($\Phi = B_z \pi r^2 \Rightarrow \Phi \alpha I_b$), donde hemos supuesto el eje del anillo coincidente con el eje de la bobina y hemos tomado r como el radio del anillo). Dado que esta corriente es alterna ($I_b = I_0$ sen ωt), el flujo magnético que atraviesa el anillo varía con el tiempo ($\Phi_b = \Phi_0$ sen ωt). La variación en el tiempo del flujo magnético induce una fuerza electromotriz en el anillo igual en magnitud a la variación por unidad de tiempo del flujo que atraviesa el anillo (ley de Faraday) y de sentido tal que tiende a oponerse a esta variación (Ley de Lenz), por lo que esta fuerza electromotriz ($\varepsilon = - d\Phi/dt = \omega \Phi_0 \cos \omega t$) induce, a su vez, una corriente en el anillo (I_a) que circula bajo la acción del campo magnético de la bobina, por lo que éste ejerce una fuerza sobre el anillo (Fuerza de Lorentz $d\vec{F} = I\, d\vec{l} \times \vec{B}$). Por la simetría del problema, la fuerza neta ejercida sobre el anillo por la componente del campo paralela al eje (B_z), es nula y es solo la componente radial del campo (B_r). la que ejerce una fuerza sobre el anillo en dirección vertical. El signo de la fuerza depende de la relación entre la dirección de I_a y la de B_r, y la de éste último de la dirección de I_b. Supongamos que en la bobina la corriente circula en sentido contrario a las agujas del reloj (visto desde arriba), por lo que el campo magnético generado tendría una componente radial positiva.
Si la corriente del anillo circulara con la misma dirección que la corriente en la bobina, la fuerza de Lorentz sobre el anillo sería hacia abajo, esto es, si las corrientes tienen el mismo sentido, se atraen y el anillo bajaría. Si las corrientes tienen sentido opuesto, se repelen.

Si solo tenemos en cuenta la resistencia del anillo (R), la fuerza electromotriz induciría una corriente en él directamente proporcional a - cos ωt, por lo que la mitad del período tendría sentido opuesto a la que circula por la bobina (se repelen) y la otra mitad el mismo sentido (se atraen) con lo que la fuerza promedio sería nula y no se podría explicar el fenómeno de sustentación. Para explicarlo hay que tener en cuenta la autoinducción del anillo (L), que provoca un desfase φ, entre la fuerza electromotriz y la corriente inducidas en el anillo, por lo que la corriente en el anillo sería:

$$I_a \alpha - \cos (\omega t - \varphi)$$

Este desfase ($0 \leq \varphi \leq \pi/2$) posibilita que las corrientes en el anillo y en la bobina sean opuestas la mayor parte del período, por lo que se produce una fuerza neta de repulsión entre ambos que contrarresta el peso del anillo y lo hace levitar.

El núcleo de hierro que atraviesa la bobina tiene la doble función de canalizar el campo magnético en el exterior de la bobina (dado su mayor permeabilidad magnética que la del aire circundante) y servir de guía al anillo que levita.

4.4. Materiales y montaje

En la Figura 1 se muestra el montaje experimental que se emplea para este experimento.

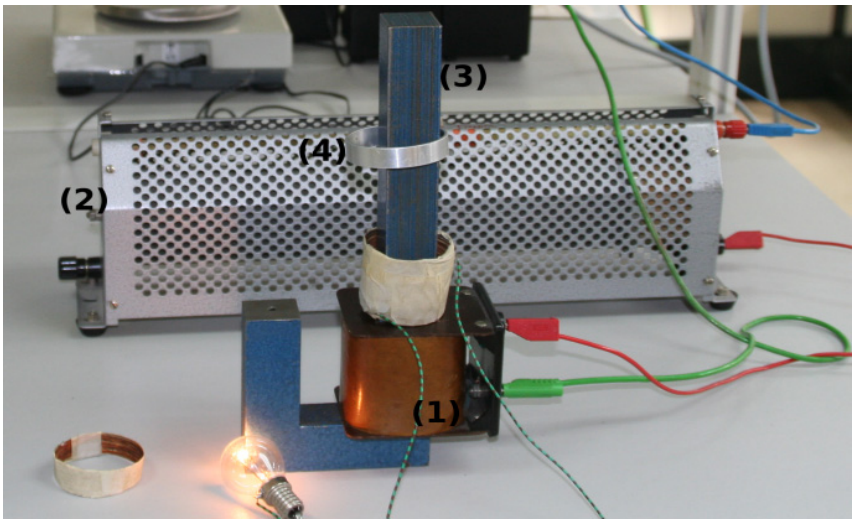


Figura 1. Montaje experimental empleado para el anillo de Thomson.

El material empleado es el siguiente:

- Fuente alterna (la red: 50 Hz, 220 V)
- Reóstato (2)
- Núcleo de hierro (3)
- Anillo conductor (4)
- Cables

Se dispone el núcleo de hierro dentro de la bobina y se conecta ésta a un circuito en serie formado por la fuente alterna (se puede emplear directamente la red) y el reóstato. Este último sirve para ajustar la intensidad de corriente que circula por el circuito. Una vez encendido se coloca el anillo conductor sobre el núcleo de hierro y se observa cómo levita. Si se sitúa el anillo antes de conectar la fuente, se puede mostrar cómo el anillo sale despedido al encenderla.

4.5. Observaciones

Es importante revisar que el amperaje que se va a hacer pasar por la bobina no sea demasiado alto (el máximo para el dispositivo del laboratorio es 1,5 A). Se emplea el reóstato para ajustar la intensidad y así evitar quemar la bobina.

No se debe hacer funcionar demasiado tiempo porque la intensidad que circula por el anillo es bastante intensa (unos 100 A en el punto de equilibrio para el montaje

experimental del laboratorio) y se calienta (lo que también se puede usar para ejemplificar el efecto Joule).

Se pueden emplear varios tipos de anillos (de aluminio o cobre), una espira conectada a una bombilla (se ilumina con la corriente inducida en la espira), dos anillos juntos (se verá que se atraen porque el sentido de la corriente inducida por la bobina en cada uno es el mismo) o incluso un anillo no cerrado (que no levitará porque no se induce corriente en él).

Como bibliografía de consulta acerca de esta experiencia se puede acudir a las referencias 3, 4 y 5.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Complutense de Madrid la financiación de este trabajo, a través del proyecto "Catálogo de experiencias de cátedra para la docencia de Física General", de la convocatoria 2011 de Proyectos de Innovación y Mejora de la Calidad Docente del Vicerrectorado de Evaluación de la Calidad de la Universidad Complutense de Madrid.

REFERENCIAS

1. http://www.ucm.es/centros/webs/oscar
2. PIRA: Physics Institutional Resource Association.
http://physicslearning.colorado.edu/PiraHome/pira200/pira200.htm
3. E.J. Churchil, J.D. Noble. *American Journal of Physics*, **1971**, Vol. 39, 285.
4. R.P. Feynman, R.B. Leigthon, M. Sands, *FÍSICA Volumen II: Electromagnetismo y materia,* Addison-Wesley Longman, México (1998).
5. P. Tanner, J. Loebach, J. Cook, H.D. Hallen, *American Journal of Physics,* **2001**, Vol. 69, 911.

PROYECTO DE CREACIÓN DE PRÁCTICAS DE FÍSICA POR ALUMNOS: COLISIÓN ENTRE DOS CANICAS

José Antonio Molina Bolívar, David Bermúdez Luque, Juan Jesús Carmona Díaz
[a]Departamento de Física Aplicada II, Escuela Politécnica Superior
Universidad de Málaga
jmb@uma.es

Se describe una experiencia de innovación educativa, con alumnado de primer curso del Grado de Ingeniería Mecánica, en la que se ha aplicado la metodología PBL (Project Based Learning). Los alumnos, por parejas, tenían que presentar un proyecto de creación de una práctica de Física relacionada con los contenidos del curso de Física I. El proyecto propuesto debía de contener un planteamiento físico, un presupuesto económico, el montaje y la implementación del experimento. Además se requería el uso del análisis de vídeo mediante el programa Tracker como herramienta para cuantificar los fenómenos físicos involucrados en la experiencia de laboratorio.

1. INTRODUCCIÓN

La entrada del Espacio Europeo de Educación Superior promueve el desarrollo de un nuevo modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en el alumno, en el que la clase expositiva como eje central del modelo desaparece. Se potencia un aprendizaje en el que es el propio alumno el que asume la responsabilidad en la organización y desarrollo de su trabajo académico. El alumno adquiere más protagonismo y se convierte en el centro de atención del proceso educativo. El estudiante, además de las competencias específicas de su titulación, debe adquirir otras competencias más genéricas, conocidas como competencias transversales. Entre estas podemos encontrar la capacidad de resolución de problemas, trabajo en equipo, habilidad de comunicación oral y escrita, adaptación a situaciones nuevas, planificación y organización, etc. Estas competencias pueden ser adquiridas a través de diferentes metodologías educativas incluidas en lo que se ha llamado aprendizaje activo (*active learning*) dentro de las cuales nos encontramos con: aprendizaje cooperativo, aprendizaje basado en problemas y en la indagación, realización de proyectos (*Project Based Learning*), trabajo de laboratorio, discusión de casos, y otras (1-4). En la estrategia educativa basada en proyectos el profesor propone uno o varios proyectos, generalmente basados en problemas reales, que los estudiantes deben resolver en grupo. Deben de escogerse con cuidado, ser realistas, abiertos y apropiados al nivel del estudiante. En ocasiones, es interesante que los propios alumnos propongan su proyecto, pues de esta forma se consigue la motivación. Los estudiantes deben decidir cómo enfrentarse al proyecto, buscar información de diferentes fuentes, analizándola y resumiéndola, y decidir qué actividades llevar a cabo. El aprendizaje mediante proyectos se fundamenta en el trabajo cooperativo y el aprendizaje autónomo de los estudiantes, dos de los pilares que se postulan como básicos dentro de las metodologías planteadas en el EEES. En este contexto el profesor ya no viene

condicionado únicamente a exponer, sino a promover una dinámica de flujo de información. Por medio de las diferentes fases del proyecto se realiza una acción completa pues el alumno desarrolla la competencia específica (conocimientos técnicos), la competencia metodológica (planificación y diseño de la secuencia del proyecto) y la competencia social (cooperación con los otros miembros del grupo).

Podría decirse que uno de los objetivos para los que se forma un ingeniero en nuestra sociedad es para la resolución de problemas en el área técnica. Cuando estos son complejos, la herramienta fundamental para su resolución acaba siendo el proyecto, que obliga a una metodología de trabajo en la que se prima la creatividad, innovación e imaginación para el enfoque del problema y planteamiento de las distintas soluciones posibles, en muchas ocasiones trabajando con un grupo de profesionales de diferente ámbito. Así pues, parece evidente que el método basado en proyectos es idóneo como estrategia de aprendizaje en las Escuelas de Ingeniería. Queda claro que una de las estrategias que implican más activamente al alumno de Física es la práctica de laboratorio.

Por otra parte, con las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se amplían los recursos didácticos de los que disponemos los profesores, y aparecen nuevas posibilidades en la enseñanza. Una de las aplicaciones informáticas que nos permite a los docentes desarrollar métodos de enseñanza son los programas de análisis de vídeo. Las técnicas digitales son una herramienta muy útil para la enseñanza de conceptos físicos. En particular, la posibilidad de grabar un experimento con una cámara digital y posteriormente analizar el vídeo con un programa adecuado ofrece a los estudiantes la oportunidad de aprender de forma activa conceptos de Mecánica, en particular, y de Física en general (5).

En esta comunicación presentamos los resultados más relevantes que se han obtenido al aplicar la técnica de enseñanza basada en proyectos para diseñar una práctica de laboratorio dentro de la asignatura de Física I del Grado de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Málaga. La práctica en cuestión consiste en aplicar los principios de conservación de la cantidad de movimiento y de la energía mecánica al estudio de la colisión de dos canicas de diferente masa, dejando caer una de ellas desde un plano inclinado. El experimento es grabado con una cámara digital de alta velocidad. Posteriormente se analiza el movimiento de las dos canicas mediante el uso de un programa de análisis de vídeo (Tracker) que se puede bajar gratuitamente de la red. La finalidad de esta propuesta educativa es la creación de un contexto de aprendizaje activo en el laboratorio de Física, centrado en el trabajo cooperativo y en empleo de las TIC, y que facilite la construcción del conocimiento, el contraste y la reelaboración de las ideas.

2. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

Desde su inicio el proyecto de creación de la práctica de laboratorio se concibió como una verdadera investigación. En un entorno de aprendizaje autónomo como es el caso que nos ocupa, el estudiante aprenderá porque siente la necesidad de hacerlo, es por ello que la motivación es un factor importantísimo para alcanzar el éxito en el

aprendizaje por proyectos. La primera fase del proyecto consistió en la recopilación de la información necesaria para resolver la tarea que se les planteó al grupo de trabajo (crear una práctica en la que aplicar los principios de conservación de la energía mecánica y de la cantidad de movimiento). Los estudiantes hicieron uso de diferentes fuentes: libros de texto de Física para acceder a los fundamentos teóricos, artículos científicos en inglés obtenidos de revistas que les fueron facilitadas, informes técnicos, películas de vídeo descargadas de YouTube, información obtenida de Internet, etc. Esta fase del proyecto tiene una importancia mayúscula, por tanto hemos de dedicar esfuerzos para la capacitación de los estudiantes en esa búsqueda. Durante esta etapa nuestra misión se centró en darles pautas para valorar la calidad y adecuación de la información que estaban obteniendo. La información la tenían que clasificar en dos grandes grupos: aquella necesaria para conocer los fundamentos teóricos, y la concerniente a los aspectos técnicos para poder construir el montaje experimental donde realizar las experiencias. Los componentes del grupo se repartieron las tareas de catalogación, resumen y presentación a los demás miembros del grupo de la información relevante. El grupo se mostró muy implicado, y realizó una extensa y buena recopilación de información. Finalmente se decidieron por montar una práctica donde se observa la colisión de dos canicas de diferente masa. En esta etapa los alumnos tuvieron que aprender el manejo del programa de análisis de vídeo Tracker. Si bien este software dispone de un tutorial en español, se les dio a los alumnos la versión en inglés.

En una segunda etapa de planificación, el grupo debía elaborar un plan de trabajo (qué partes tendría el producto, qué problemas pueden surgir en el diseño del experimento, etc), con la estructura del procedimiento metodológico (qué superficies utilizar, cómo crear un plano inclinado, tipos y características de las canicas, etc), y la planificación de los instrumentos y medios de trabajo (en qué lugar físico hacemos los experimentos, dónde comprar el material necesario, etc). Se les requirió que este plan debía contener la división puntual del trabajo, si bien los dos estudiantes decidieron participar de forma conjunta en todas las etapas de la elaboración del producto objeto del proyecto. El aprendizaje por proyectos es una técnica inmersa en el principio de socialización, donde la personalidad de los diferentes miembros del grupo influirá en el trabajo final. Si bien la labor del profesor es la de procurar la integración de todos los miembros de grupo, y conseguir una dinamización del grupo, en esta ocasión no se nos presentó ninguna problemática, posiblemente porque el grupo de trabajo se formó de forma espontánea y sus miembros estaban bien avenidos.

Con el fin de tomar las medidas necesarias para que la interacción cara a cara fuera posible, los alumnos podían utilizar algunas de las horas de clase para sus reuniones además de poder utilizar un aula seminario que dispone el Departamento. Por otra parte, el montaje del producto y la realización de los experimentos se llevaron a cabo en el laboratorio del departamento con el fin de que pudiéramos observar el funcionamiento del grupo e intervenir en los casos que fuera necesario. Aunque las tareas de aprendizaje y trabajo se deben de llevar a cabo de forma autónoma, los estudiantes no deben tener la sensación de que están solos. De hecho, para que el aprendizaje sea efectivo debemos de estar a disposición de los estudiantes y

reconocerles el trabajo que están realizando para alentarlos en sus progresos. El grupo de trabajo presentó un prototipo de montaje experimental. Se celebraron varias reuniones con el profesor para reflexionar sobre su funcionamiento y posterior mejora. Con el fin de seguir el progreso de los alumnos, durante la realización del proyecto y desde el mismo comienzo del proceso, tuvieron que presentar varios entregables como trabajo intermedio antes del informe final.

3. RESULTADOS

Para asegurar el éxito de la experiencia los alumnos, desde el principio, conocían el tipo de evaluación final que se les iba a requerir. Tuvieron que hacer un informe de tipo técnico de la investigación llevada a cabo de una forma clara y lógica, así como una presentación oral, en la que mostraban el funcionamiento de la práctica ante el resto de la clase. Mediante esta evaluación nos asegurábamos de que los estudiantes adquirían competencias de comunicación eficaz, tanto oral como escrita. En la práctica los alumnos graban una película del movimiento y colisión de dos canicas, una de ellas en reposo inicialmente, para posteriormente analizarlo mediante el programa Tracker (ver Figura 1). Este programa es de libre acceso (6).

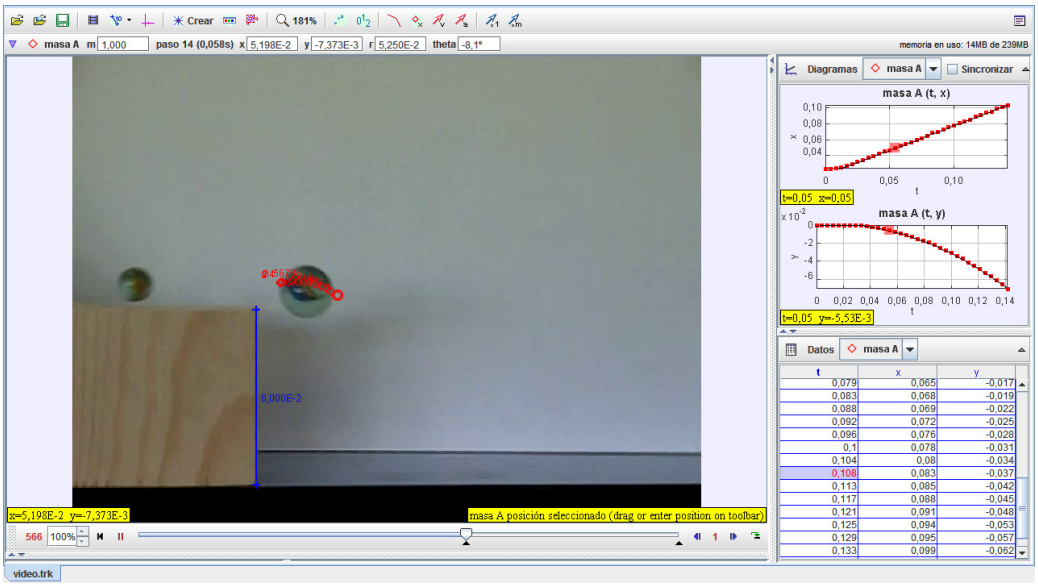


Figura 1. Aspecto del programa Tracker durante la realización de unas medidas.

Los estudiantes determinan la velocidad de las dos canicas antes y después de la colisión. Aplicando el principio de conservación de la cantidad de movimiento y de la energía mecánica comparan las velocidades medidas experimentalmente con las calculadas teóricamente. Una ventaja de esta metodología de trabajo es que los

alumnos se pueden llevar el vídeo a casa y en su ordenador poder realizar las medidas y los cálculos.

Los alumnos que participaron en el proyecto se enorgullecieron del resultado de su trabajo. La mejor conclusión que se puede extraer de esta experiencia docente se puede deducir de los propios comentarios de los dos alumnos implicados en el proyecto: "El experimento nos ha ayudado a entender la Física de manera más práctica y divertida, por lo que los conocimientos aplicados en el proyecto los hemos aprendido de manera "interactiva" y por lo tanto más fácil de recordar para nosotros. A partir de ahora, cuando usemos estos teoremas y fórmulas para realizar algún cálculo sabremos mucho mejor el sentido que tienen en la vida real". "En este proyecto hemos aprendido a estudiar trayectorias de cuerpos de forma práctica obteniendo así resultados prácticos con el programa Tracker, comparándolos más tarde con los resultados obtenidos por nosotros de manera teórica aplicando los teoremas citados anteriormente".

REFERENCIAS

1. J. Barà, *Aprendizaje Basado en Problemas/Proyectos: ¿Qué, por qué cómo?* Institut de Ciències de l´Educació (2003).
2. B. Barron, *Journal of the Learning Science*, **1998,** Vol. 7 (3/4), 271.
3. I. Calvo, J.M. López-Gueda, E. Zulueta E, *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria,* **2010,** Vol. 3, 166.
4. M.T. Oliver Hoyo, F. Alconchel, G. Pinto, *Revista Española de Física*, **2012,** Vol. 26, 45.
5. L. Priscilla, P. Hans, *The Physics Teacher,* **1998,** Vol. 36, 282.
6. *Tracker: Video analysis and modeling tool*.
http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/

INTRODUCCIÓN DE MATERIALES DE INTERÉS TECNOLÓGICO EN EL LABORATORIO DE FÍSICA: ¿ES POSIBLE MEDIR EL ESPESOR DE UNA PELÍCULA SEMICONDUCTORA MEDIANTE LA LEY DE OHM?

José Abad López, Manuel Caravaca Garratón, José Damián Catalá Galindo
Departamento de Física Aplicada, E.T.S. de Ingeniería Industrial
Universidad Politécnica de Cartagena
jose.abad@upct.es

Presentamos un enfoque novedoso dentro del campo de las experiencias de laboratorio de Física. El concepto general gira en torno a la aplicación de teorías físicas básicas para calcular magnitudes asociadas a materiales de alto nivel tecnológico. Este planteamiento posee una triple función: deshace el concepto estanco de ley física que el alumno posee, genera conexión con materiales modernos de relevancia científica y crea a un estudiante responsable de su experimento, con el fin de ahondar en un tema vital como es la seguridad en el laboratorio.

1. INTRODUCCIÓN

La convergencia hacia un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) implica un cambio en los modelos tradicionales de enseñanza, que se basan principalmente en clases magistrales impartidas por el profesor. Los nuevos modelos se centran en el aprendizaje del alumnado, donde éste tiene que asumir una mayor responsabilidad, autonomía y compromiso durante todo el proceso (1). Esta nueva perspectiva no solo debe aplicarse al contenido teórico de las asignaturas, sino también a la parte práctica en el laboratorio, y se debe considerar a ambas vertientes unidas como un único bloque. Se debe fomentar, además, el estudio de la teoría mediante el aprendizaje cooperativo a través del empleo metodologías basadas en el planteamiento y resolución de problemas reales prácticos en el laboratorio. Dentro de estas nuevas metodologías activas (2) el estudiante es el protagonista, y se otorga un gran peso tanto a la adquisición de conocimientos como al desarrollo de habilidades y actitudes, lo que favorece el aprendizaje activo, fomenta el trabajo en equipo e integra en un mismo cuerpo disciplinario teoría y práctica (3). En este marco, la motivación de los alumnos es un prerrequisito fundamental. Para incentivarla, hemos introducido en el laboratorio de prácticas materiales de relevancia e interés tecnológico. Además, con el fin de fomentar el autoaprendizaje y la capacidad crítica para analizar la información (4) se presenta al estudiante la práctica como una pregunta abierta: ¿es posible medir el espesor de una película semiconductora mediante la ley de Ohm?

El desarrollo del proyecto se ilustra a través del cálculo del espesor de una película delgada semiconductora mediante el empleo de la ley de Ohm. El óxido de estaño dopado con indio, conocido por su acrónimo en inglés, ITO (*indium tin oxide),* es un material semiconductor ampliamente utilizado en dispositivos electro-ópticos, como diodos emisores de luz y células solares orgánicas, debido a su conductividad

eléctrica, a su transparencia óptica y a la posibilidad de ser crecido en forma de película delgada. La determinación del espesor de la lámina de ITO resulta útil desde el punto de vista experimental, pero no es una magnitud que pueda medirse directamente con los aparatos presentes en un laboratorio de prácticas.

2. REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

El guion de la práctica está estructurado en varios epígrafes secuenciales, que se muestran a continuación.

2.1. Objetivos

Se detallan los principales objetivos de la práctica, que deben analizarse críticamente al final del informe, en el epígrafe "Conclusiones". En esta experiencia, los objetivos son:

- Representación de la característica corriente-voltaje del material.
- Determinación del espesor promedio de una película delgada de ITO.

Como objetivo transversal, se pretende conectar con la parte didáctica de la seguridad en el laboratorio y el cuidado del montaje experimental.

2.2. Fundamento teórico

Se expone una breve introducción teórica donde se presentan los conocimientos y expresiones básicas que necesitará el alumno para el desarrollo de la práctica.

El óxido de indio dopado con estaño (In_2O_3:$(SnO_2)_x$), más conocido por su acrónimo en inglés, ITO (*indium tin oxide*), es un material semiconductor ampliamente utilizado en aplicaciones optoelectrónicas. Su alta conductividad y su transparencia óptica se aprovechan para la construcción de capas conductoras transparentes en pantallas de plasma y de cristal líquido, y para la fabricación de contactos en células fotovoltaicas, entre otras aplicaciones.

La película de ITO se puede crecer sobre diferentes sustratos. En esta práctica utilizaremos tereftalato de polietileno, más conocido como PET, plástico transparente y flexible que se emplea en la fabricación de envases. En la Figura 1 observamos una lámina de ITO con estas características.

El ITO es un material semiconductor que posee una conductividad σ alta. Su resistividad, $\rho=1/\sigma$, se encuentra tabulada con un valor de $6 \cdot 10^{-4}$ Ω·cm. En general, la resistencia que opone un semiconductor al paso de la corriente eléctrica depende del voltaje e intensidad aplicados pero, para algunos materiales como el ITO, dentro de su rango de operabilidad dicho valor es casi constante. De este modo, se cumple la ley de Ohm y podemos calcular la resistencia de la película de ITO como

$$R = \rho \frac{L}{e\,a}$$

donde L, e, y a son la longitud de la película, su espesor y su ancho, respectivamente. El producto entre e y a constituye la sección transversal del material.

La ley de Ohm, $V = IR$, con la expresión de R recién calculada, toma la forma

$$V = \rho \frac{L}{e\,a} I$$

donde V e I son la diferencia de potencial en los extremos de la lámina de ITO y la intensidad de corriente que circula por ella, respectivamente.

2.3. Material y montaje

En esta sección se expone una breve descripción del material que se va a utilizar y cómo debe realizarse el montaje experimental. En este punto se incide en la seguridad en el laboratorio, y se entrega a los alumnos el anexo *"Seguridad y manejo de instrumentos eléctricos en el laboratorio"* (5).

El esquema del montaje experimental que empleamos para la realización de la práctica se muestra en la Figura 2. Los elementos necesarios para el desarrollo son:

- Fuente de tensión variable de corriente continua.
- Dos polímetros.
- Muestra de ITO crecida sobre un sustrato de PET.
- Calibre y cableado.

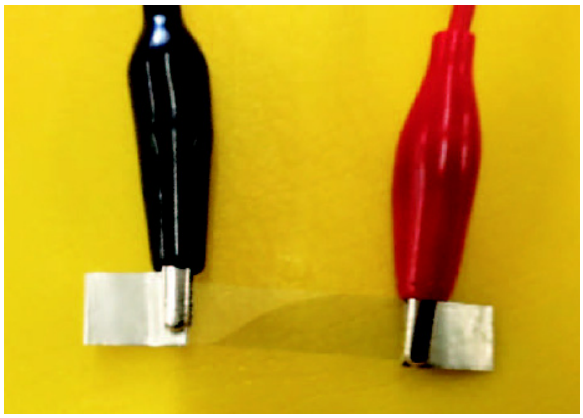


Figura 1. Forma correcta de conectar la película de ITO.

El montaje experimental es esencialmente el mismo que el que se suele emplear para la verificación de la ley de Ohm. En esta ocasión, sustituimos el resistor por la lámina de ITO. La lámina no posee bornes de conexión, por lo que el contacto con el circuito se lleva a cabo con pinzas de cocodrilo.

Con el objeto de no deteriorar la película delgada, se ha de manipular con mucho cuidado la muestra, tomándola siempre por los contactos de aluminio exteriores, lugar en el que se conectarán las pinzas. Es muy importante realizar estas operaciones manuales con el circuito desmontado y la fuente de alimentación apagada, para evitar indeseables y peligrosas descargas eléctricas (ver Figura 1).

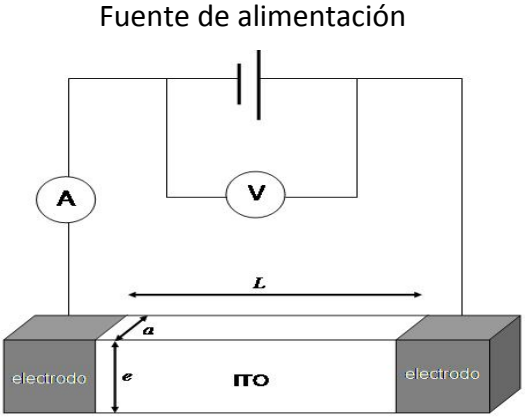


Figura 2. Esquema del montaje de la práctica.

La medida de la corriente que circula por la lámina de ITO se realiza con la conexión en serie de uno de los polímetros, que opera como amperímetro. Por su parte, la diferencia de potencial en los extremos de la lámina se determina con el otro polímetro, conectado en paralelo como voltímetro.

Llegados a este punto, el estudiante es el responsable del montaje experimental. Previamente a la realización de la experiencia se habrá incidido en el aprendizaje de las normas básicas de funcionamiento de los aparatos eléctricos, de la seguridad en el laboratorio y de los efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano. Asimismo, se habrá concienciado al alumnado de la importancia que posee el correcto ensamblaje, respeto, mantenimiento y revisión del montaje experimental. La idea básica consiste en desarrollar aquellas competencias transversales que permitan el desarrollo de nuevas aptitudes basadas en la seriedad y eficiencia científica en el desarrollo de experimentos de Física (5).

2.4. Desarrollo

En la parte de desarrollo se guía al estudiante en el proceso de adquisición de los datos experimentales. En ocasiones, los montajes están sujetos a cambios con respecto a la información que se presenta en el guion de la práctica (p. ej: se utilizan otro tipo de láminas semiconductoras). Es por ello que en este apartado se pide realizar un análisis crítico de la información que se demanda y comentar las posibles incidencias con el personal responsable del laboratorio. Los puntos a desarrollar son:

1. Selecciona una lámina de ITO y mide el ancho *a* y el largo *L* con el calibre. Dado que la muestra no es rectangular, toma 10 medidas de cada variable.
2. Realiza el montaje experimental de la figura 2. Siempre con la fuente apagada, contacta con las pinzas de cocodrilo los electrodos de aluminio de la muestra, como se indica en la figura 1. Coloca a cero los potenciómetros de la fuente antes de encenderla y consulta el montaje con el personal responsable del laboratorio.

3. Enciende la fuente y selecciona nueve valores de la tensión aplicada, comprendidos entre 0 y 9 V. Es importante no sobrepasar el límite superior, dado que la lámina se puede calentar en exceso y deteriorar. Anota la lectura de los polímetros en una escala adecuada.
4. Apaga la fuente después de la toma de datos.

2.5. Resultados

En este apartado los estudiantes presentan sus datos experimentales y calculan el espesor del material. Los resultados para el ancho a y el largo L son: $a = 10.5 \pm 0.4$ mm y $L = 18.2 \pm 0.3$ mm. A continuación mostramos en una tabla los datos experimentales medidos por un alumno de clase para una lámina de ITO característica, donde V e I aparecen con sus unidades y sus errores correspondientes, ΔV y ΔI.

Tabla 1. Datos experimentales y errores de V e I para una lámina de ITO.

V (V)	ΔV (V)	I (mA)	ΔI (mA)
1.015	0.001	4.86	0.01
2.23	0.01	10.75	0.01
3.04	0.01	14.58	0.01
4.01	0.01	19.31	0.01
5.23	0.01	26.0	0.1
6.02	0.01	30.2	0.1
7.01	0.01	35.2	0.1
8.14	0.01	41.8	0.1
9.07	0.01	46.8	0.1

Los resultados derivados del análisis de los datos experimentales involucran la verificación de la ley de Ohm y el cálculo del espesor del material. Para ello realizaremos una representación gráfica de los datos y un ajuste por mínimos cuadrados. Los apartados que debe seguir el alumno son:

1. Representa los datos del voltaje frente a la intensidad de corriente, medidos con los polímetros.
2. Ajusta por mínimos cuadrados los datos a una recta del tipo $V = (m \cdot I) + n$. Determina, con su error, el valor de la resistencia obtenida a través del ajuste.
3. A partir de la pendiente de la recta ajustada, calcula el valor del espesor e de la lámina de ITO, con su error.

Una novedad interesante que proponemos para la presentación de los resultados consiste en volver al cuaderno de trabajo, un espacio donde las normas básicas del laboratorio, los guiones de las prácticas, el espacio reservado para presentar los

resultados y el papel milimetrado destinado a las gráficas se encuentran dentro del mismo manual. A tal efecto, los autores hemos confeccionado un libro de trabajo que facilitará la labor tanto a alumnos como a profesores (5). En el presente trabajo presentamos los resultados de manera secuencial, de acuerdo a los apartados enumerados en el párrafo anterior.

La representación gráfica del voltaje frente a la intensidad se muestra en la siguiente figura. Como se observa, se verifica la dependencia lineal entre las variables.

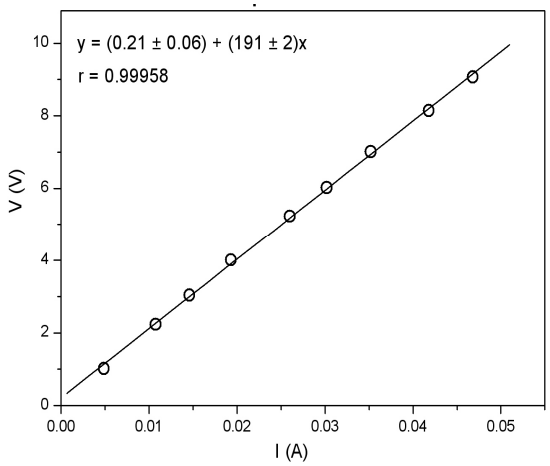


Figura 3. Representación gráfica de V frente a I para la lámina de ITO.

El ajuste por mínimos cuadrados, por su parte, ofrece unos valores de la pendiente, *m*, la ordenada en el origen, *n*, y el coeficiente de correlación, *r*, iguales a:

$$m = (191 \pm 2)\ \Omega \qquad n = (0.21 \pm 0.06)\ \mathrm{V} \qquad r = 0.99958$$

Según la ley de Ohm, a través del valor de *m* podemos hallar el valor de la resistencia *R* de la lámina de ITO, y podemos despejar el valor de *e* con ayuda de la primera ecuación señalada, obteniendo:

$$e = \rho \frac{L}{R\,a}$$

La magnitud de *R* es igual al valor de la pendiente *m*, por lo que la expresión anterior arroja un valor de *e* igual a

$$e = 5.4 \times 10^{-8}\ \mathrm{m}$$

donde se han tomado los valores calculados de *L* y *a*, medidos con el calibre. El error de *e* se ha calculado de acuerdo a la teoría de errores, mediante el empleo del cálculo diferencial de varias variables. El procedimiento se detalla en el cuaderno de trabajo (4), y es uno de los puntos en los que más incidimos a la hora de presentar los resultados, ya que una correcta determinación del error de las magnitudes resulta vital en los trabajos experimentales. El error, Δe, tiene la siguiente forma

$$\Delta e = \left|\frac{\partial e}{\partial \rho}\right|\Delta\rho + \left|\frac{\partial e}{\partial L}\right|\Delta L + \left|\frac{\partial e}{\partial R}\right|\Delta R + \left|\frac{\partial e}{\partial a}\right|\Delta a$$

$$\Delta e = 2.01 \times 10^{-6}\,\mathrm{m}$$

El error final es mucho mayor que la medida, y proviene de la gran incertidumbre en la determinación de *a*. Este hecho es una de las claves a comentar en las conclusiones, con objeto de mejorar las medidas tomadas. Por ejemplo, se debe sugerir realizar un estudio estadístico profundo de las dimensiones de la lámina, o emplear otros aparatos de medida.

2.6. Cuestiones

Como complemento a la experiencia de laboratorio se sugieren una serie de cuestiones que el alumno deberá responder en el cuaderno de trabajo. Con ello se pretende incentivar el carácter crítico sobre los resultados de la práctica y la búsqueda bibliográfica. Las cuestiones que proponemos son:

1. Compara el valor del espesor con su error y comenta la fiabilidad del método experimental para su determinación.
2. Razona si es posible emplear instrumentos de medida como el calibre para determinar el espesor de la película.
3. Comenta alguna estrategia alternativa para determinar el valor del espesor.

2.7. Conclusiones

Este espacio final se destina a los comentarios acerca de la consecución de los objetivos iniciales, así como a observaciones, propuestas y cualquier otro tipo de información relevante que el alumno desee comunicar al grupo investigador principal.

Finalmente, se incluye una serie de lecturas recomendadas, tanto para alumnos como profesores, con el fin de profundizar en el tema (6-8).

3. CONCLUSIÓN

Con el objeto de adaptarse al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) se ha desarrollado una práctica de laboratorio en la que se fomenta el estudio de la teoría mediante el aprendizaje cooperativo basado en el planteamiento y resolución de problemas reales prácticos. Para incentivar la motivación se ha introducido en la práctica un material de alta relevancia tecnológica y, para desarrollar la capacidad crítica del estudiante, se le plantea la cuestión de si la metodología experimental empleada es la más adecuada para determinar el espesor de las láminas semiconductoras.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al profesor Dr. Rafael García-Molina su ayuda en la búsqueda bibliográfica y al Departamento de Física Aplicada de la Universidad Politécnica de Cartagena, por su apoyo y útiles discusiones tanto docentes como científicas.

REFERENCIAS

1. ANECA, *Libro Blanco Título de Grado en Ingeniería Civil,* Coordinación ETS de ICCP, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid (2004).
2. D. R. Woods., *Problem-based learning: how to gain the most from PBL*., Hamilton, Ontario, Donald R. Woods Publisher, Canadá (1994).
3. J.A. Molina, A. García, A. Pedraz, M.V. Antón, *Revista de la Red Estatal de Docencia Universitaria,* **2003,** Vol. 3(2), 79-85.
4. I. Davies, *International Journal of Science Education,* **2004,** Vol. 26(14), 1751-1763.
5. J.D. Catalá, M. Caravaca, J. Abad, S. Gómez, *Electromagnetismo. Técnicas experimentales*, Alfonso XIII (2012).
6. J.D. Catalá, *Electrostática*, Quiasmo (2009).
7. D.S. Ginley, *Handbook of transparent conductors*, Springer (2010).
8. M.A. Salami, J.B. da Rocha, C. Galli, *Eureka*, **2007**, Vol. 4(2), 309-324.

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS ACEITES ESENCIALES: ALGUNOS EXPERIMENTOS PARA LA INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA ORGÁNICA

Juan Antonio Llorens Molina, Mercedes Verdeguer Sancho, David García Rellán
Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universidad Politécnica de Valencia
juallom2@qim.upv.es

Se describe un conjunto de experimentos para el reconocimiento de los principales grupos funcionales en un curso introductorio de química orgánica. Dichos experimentos se encuentran contextualizados en el ámbito de la botánica, más concretamente en los aceites esenciales de plantas aromáticas, incluyéndose también un sencillo experimento para ilustrar su actividad biológica.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Aspectos generales

En el contexto de nuestra cultura mediterránea, las plantas aromáticas han desempeñado a lo largo de la historia un importante papel en diferentes aspectos de la vida cotidiana, desde sus aplicaciones en la medicina popular a la preparación y conservación de alimentos o su empleo en la preparación de perfumes. Por otra parte, muchos principios activos de interés farmacológico tienen su origen en las plantas y, más concretamente, en las denominadas aromáticas y medicinales. Es notoria además la existencia de una creciente sensibilidad medioambiental que se concreta, por ejemplo, en la aplicación de normas cada vez más restrictivas en el uso de productos fitosanitarios y, en general, en los diversos procesos de la industria agroalimentaria. Ello ha traído como consecuencia un renovado interés por la investigación acerca de productos naturales alternativos, entre los que cabe destacar los aceites esenciales obtenidos de las plantas aromáticas (1).

Desde el punto de vista educativo podemos formular también varias consideraciones que justifican la introducción de actividades de aprendizaje en torno al conocimiento y aplicación de las plantas en general, y de las aromáticas y medicinales en particular:

a) La importancia concedida a las relaciones ciencia-técnica-sociedad y medio ambiente, que exige contextualizar los contenidos educativos en el marco de problemas relevantes dentro del marco sociocultural de los estudiantes.
b) El desarrollo de la sensibilidad medioambiental es un valor esencial en cualquier nivel educativo y especialmente en la formación de los futuros profesionales responsables de la gestión de nuestros recursos agroforestales. En este aspecto, cobra un sentido especialmente importante la valoración de nuestra rica flora mediterránea como un patrimonio que debe conocerse y conservarse.

Por otra parte, las propiedades de las plantas aromáticas y medicinales, particularmente sus aplicaciones biológicas, vienen dadas, en gran parte, por la presencia de estructuras químicas características, que en muchos casos son grupos funcionales sencillos cuyo estudio forma parte de cualquier curso introductorio a la química orgánica. Su identificación en aceites esenciales mediante experimentos de laboratorio relativamente sencillos puede contribuir a enriquecer la introducción del concepto de grupo funcional, más allá de enfoques exclusivamente formales relacionados con la formulación y nomenclatura o con aspectos generales de su reactividad.

Desde todas estas consideraciones, el objetivo de esta comunicación es presentar un conjunto de experimentos basados en la identificación de los principales grupos funcionales, así como un ejemplo sencillo de su actividad biológica, concretamente la inhibición de la germinación. En cuanto a su desarrollo, proponemos el uso de disoluciones de aceites esenciales de plantas aromáticas por varias razones: en primer lugar son productos asequibles comercialmente, muy conocidos por sus aplicaciones en perfumería, aromaterapia, etc.; en segundo lugar, su obtención a escala de laboratorio es relativamente sencilla, ilustrando procesos fisicoquímicos de gran interés formativo como la destilación; por último, y como aspecto más importante, por su composición (que será descrita posteriormente con mayor detalle), que permite disponer de concentraciones suficientemente elevadas de sustancias con grupos funcionales que dan lugar a ensayos cualitativos claramente perceptibles.

Los aceites esenciales se definen como el producto de la destilación por arrastre de vapor de material procedente de distintos órganos: hojas, flores y raíces de numerosas especies vegetales, incluyendo también, como en el caso de las cortezas de cítricos, el producto de tratamientos mecánicos como el raspado o la expresión en frío. (2). Los componentes de los aceites esenciales constituyen la fracción relativamente volátil de los metabolitos secundarios de las plantas. Aunque su naturaleza química es variada, predominan generalmente los terpenoides, moléculas cuyo esqueleto está constituido, en los aceites esenciales, por dos o tres unidades isopreno (Figura 1).

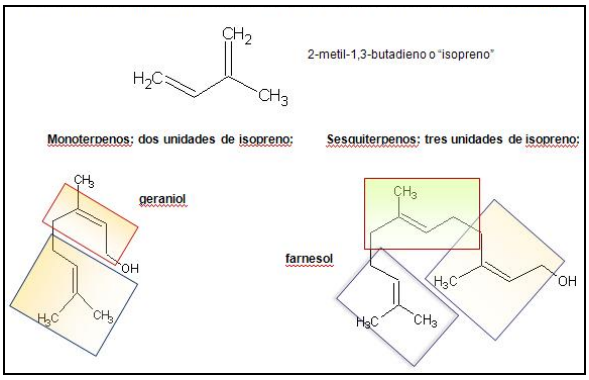


Figura 1. Terpenos y terpenoides.

La función de los metabolitos secundarios en las plantas es principalmente de naturaleza ecológica. Así, por ejemplo, pueden protegerlas de la acción de los herbívoros o actuar como repelentes o atrayentes de insectos para favorecer la polinización; también pueden ejercer como agentes alelopáticos, inhibiendo la germinación y el desarrollo de otras plantas competidoras, etc. En este tipo de respuestas se basa el creciente interés de los aceites esenciales como fuente potencial de productos fitosanitarios alternativos más respetuosos con el medio ambiente.

1.2. La obtención de los aceites esenciales a escala de laboratorio.

Para la obtención de aceites esenciales a escala de laboratorio el método más adecuado es la hidrodestilación mediante el equipo Clevenger, o en su defecto, un montaje apropiado para la destilación por arrastre de vapor (Figura 2).

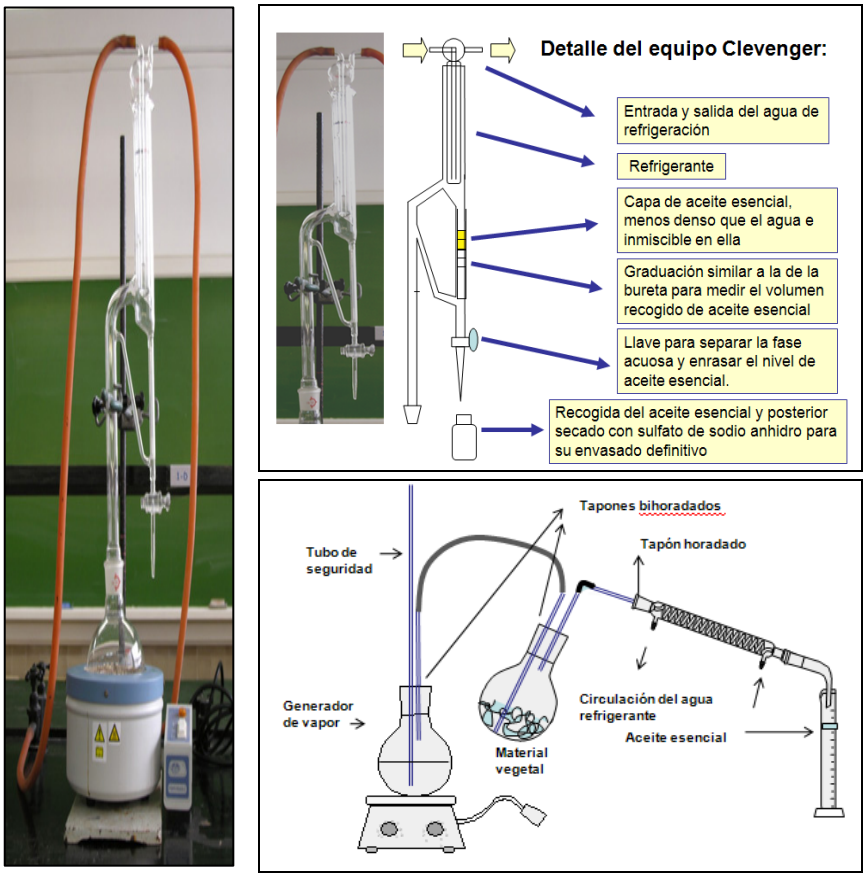


Figura 2. Equipos habitualmente utilizados para la obtención de aceites esenciales a escala de laboratorio.

No obstante, dado que las cantidades necesarias para realizar los ensayos propuestos son pequeñas, puede utilizarse un equipo convencional de destilación recogiendo las primeras fracciones de destilado en un recipiente suficientemente estrecho (una probeta de 10 mL por ejemplo). Posteriormente, puede extraerse con una pipeta Pasteur la fase orgánica inmiscible en agua (aceite esencial) que en la mayor parte de los casos, por su menor densidad, se hallará sobre la fase acuosa.

2. ENSAYOS PROPUESTOS PARA EL RECONOCIMIENTO DE LOS GRUPOS FUNCIONALES MÁS IMPORTANTES

2.1. Aspectos generales

En los ensayos descritos a continuación se parte de disoluciones de aceites esenciales en hexano o etanol, según la naturaleza de los reactivos utilizados en los ensayos. En general, se añadirán 3 o 4 gotas de aceite esencial puro por mL de disolvente. Cabe indicar también que, pese a que los aceites esenciales no contienen ácidos carboxílicos en cantidades importantes (y si lo están son de cadena larga como el hexadecanoico), se ha incluido, a modo de complemento, un ensayo de este grupo funcional por su importancia dentro de la iniciación a la química orgánica. Por otra parte, dada la gran variabilidad existente en la composición de aceites esenciales de una misma planta (quimiotipos), es importante insistir en la necesidad de verificar previamente su composición mayoritaria, al menos en los ensayos de alcoholes, aldehídos, cetonas y ésteres.

Si los aceites son de origen comercial los componentes mayoritarios suelen venir referidos en el envase; en este sentido cabe considerar que, independientemente de que se realice la extracción de alguno, con unos pocos aceites esenciales, relativamente asequibles en tiendas de aromaterapia, pueden realizarse todos los ensayos citados. Puede utilizarse, por ejemplo, el siguiente conjunto de aceites: lavandín (alcoholes y ésteres), tomillo (fenoles), romero o naranjo (monoterpenos), citronella (aldehídos) y alcaravea (cetonas). El protocolo experimental de cada ensayo es fruto de la adaptación de distintas propuestas procedentes de la bibliografía (4-6) y viene indicado en:
https://poliformat.upv.es/access/content/user/19877419/Protocolos%20experimentales.docx

2.2. Reconocimiento de insaturaciones por adición electrófila de Br_2

La mayor parte de terpenoides presentan en su estructura dobles enlaces. Su presencia puede identificarse mediante la reacción de adición electrofílica de Br_2 que proporciona um compuesto diahalogenado vecinal. La mayor parte de aceites esenciales presentan numerosos monoterpenos como alfa y beta pineno, limoneno, etc., y sesquiterpenos (beta-cariofileno, germacreno D, etc.), así como sus derivados oxigenados, por lo que el resultado de este ensayo será generalmente positivo.

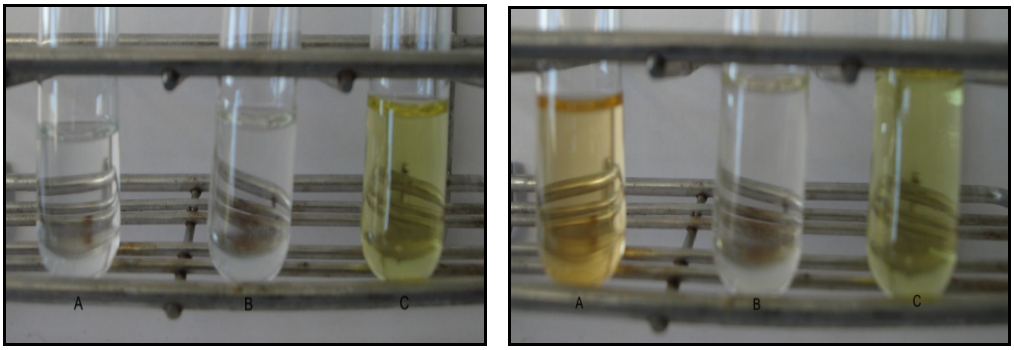


Figura 3. Identificación de insaturaciones con Br_2. A: ensayo en blanco con hexano; B: aceite de romero; C: aceite de corteza de naranja.

2.3. Identificación de compuestos carbonílicos (aldehídos y cetonas)

La identificación el grupo carbonilo se lleva a cabo mediante la reacción de condensación entre una hidrazina y el grupo carbonilo de un aldehído o una cetona, dando lugar a la correspondiente hidrazona. Como reactivo, se emplea la 2,4-dinitrofenilhidrazina, cuya estructura se muestra en la Figura 4.

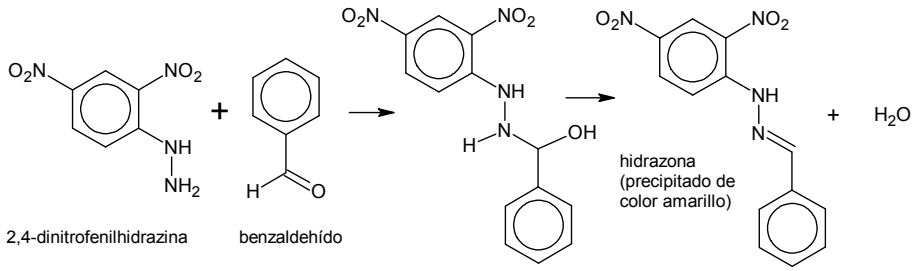


Figura 4. Reacción entre la dinitrofenilhidrazina (DNPH) y el benzaldehído.

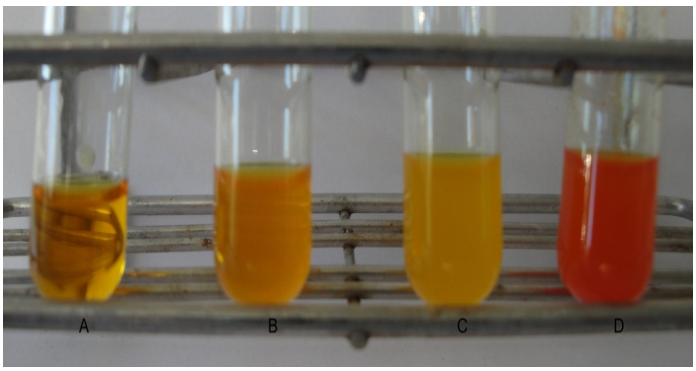


Figura 5. Ensayo con 2,4-DNPH. A: prueba en blanco con etanol; B: aceite de salvia (alfa y beta tuyonas); C: aceite de romero (alcanfor); D: aceite de alcaravea (carvona).

2.4. Identificación de aldehídos

El ensayo anterior (DNPH) es común a aldehídos y cetonas. Los ensayos típicos empleados en la identificación de aldehídos que resultan negativos con las cetonas están basados en la capacidad de aquellos para oxidarse a ácidos carboxílicos empleando oxidantes suaves. Uno de los más conocidos es el ensayo de Tollens. La especie química que es reducida por el aldehído es el ion Ag^{+} que se halla en forma de complejo amoniacal $Ag(NH_3)^{2+}$. El aldehído se oxida a ácido carboxílico y el catión Ag^{+} a plata metálica, que se deposita formando un espejo de plata o un precipitado negro. Dado que la concentración de aldehídos no suele ser demasiado elevada, el resultado puede ser un oscurecimiento de la disolución y la formación progresiva de un precipitado oscuro, sin llegarse a observar el típico espejo de plata de este ensayo. (Si llegara a observarse es muy importante limpiar posteriormente el tubo de ensayo con mezcla crómica o ácido nítrico diluido para eliminar el isocianato de plata, fuertemente explosivo, que podría formarse). Podemos disponer de algunos aceites esenciales cuyo contenido en aldehídos es elevado, concretamente el de *Eucaliptus citriodora* L, que posee alrededor de un 60 % de citronelal (3,7-dimetil-6-octenal) y el de lemon-grass (*Cymbogopon citratus* L) que contiene entre un 65-85 % de citral. El citral es una mezcla de los isómeros geométricos cis y trans del 3,7-dimetil-2,6-octadienal (Figura 6). Ambos aceites esenciales pueden obtenerse en cualquier comercio especializado. Otro aceite rico en aldehídos es el de corteza de canela (*Cinnamomum zeylanicum),* con un elevado contenido de aldehído cinámico (3-fenil-2-propenal).

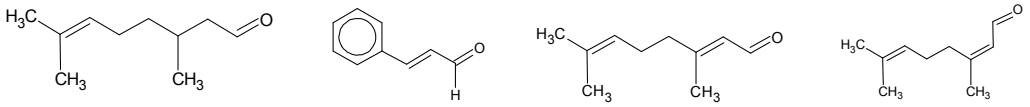


Figura 6. Estructuras del citronelal y de los dos isómeros geométricos del citral.

2.5. Identificación de alcoholes

Los alcoholes, aunque estén mezclados con otros compuestos, son reconocidos mediante la formación de un complejo de color rojizo formado por reacción con la 8-hidroxiquinoleina (oxina) y vanadato amónico. Dos alcoholes monoterpénicos presentes en muchos aceites esenciales son el linalool y el geraniol (Figura 7).

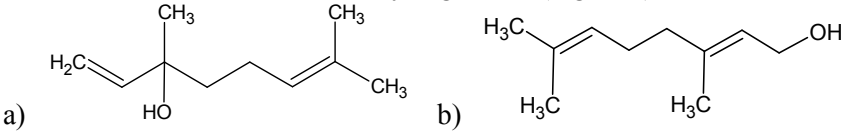


Figura 7. a) 2,6-dimetil-2,7-octadien-6-ol (linalool, presente sobre todo en los aceites esenciales procedentes de lavandines –Lavandula hybrida, spp-), b) 3,7-dimetil-2,6-octadien-1-ol (geraniol, componente importante de los aceites esenciales de rosa y citronella).

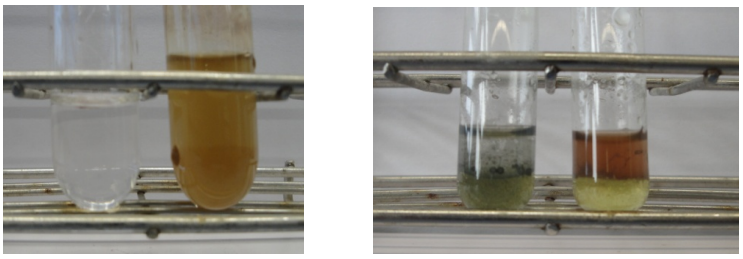


Figura 8. Ensayos de Tollens (izquierda) y oxima-vanadato (derecha) realizados ambos con aceite esencial de lavandín.

2.6. Identificación de fenoles

Muchos derivados fenólicos, contengan o no otros grupos funcionales unidos al anillo aromático, se pueden identificar muy fácilmente, pues el grupo hidroxilo unido a un anillo aromático (fenol) forma un complejo fuertemente coloreado con el Fe(III). Algunos fenoles, como la hidroquinona, no dan resultado positivo en este ensayo debido a que el Fe (III) los oxida. Los compuestos fenólicos más representativos se encuentran en los aceites esenciales del género *Thymus* y son el timol y el carvacrol (Figura 9):

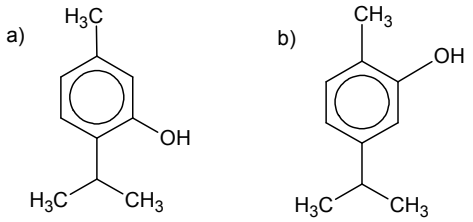


Figura 9. a) Timol (2-isopropil-5-metilfenol), componente, en algunos casos mayoritario, de aceites esenciales de diferentes tipos de tomillo. b) Carvacrol (5-isopropil-2-metilfenol), presente de manera mayoritaria en aceites esenciales de los géneros Origanum (orégano) y Satureja (ajedrea).

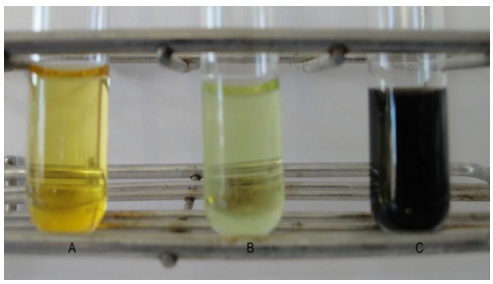


Figura 9. Reconocimiento de fenoles: A: Fe(III) en etanol; B: Aceite de tomillo en etanol; C: Fe(III) añadido a aceite de tomillo en etanol.

2.7. Reconocimiento de ácidos carboxílicos

Los ácidos carboxílicos pueden estar presentes en los aceites esenciales como compuestos minoritarios, tratándose además de ácidos carboxílicos de cadena larga, como dodecanoico o hexadecanoico. No obstante, por la importancia de este grupo funcional, merece la pena incluir su identificación dentro de este conjunto de experimentos. Ácido carboxílicos (más bien policarboxílicos) comunes son el cítrico, presente en naranjas y limones, el málico, que se halla en diferentes frutas como la uva y las manzanas, o el oxálico, presente en numerosas plantas como las acederas o el popular "agret", (*Oxalys pescaprae*) característico de los campos de naranjos. La identificación de los ácidos carboxílicos puede realizarse con el ensayo de yoduro-yodato: Esta prueba se basa en la siguiente reacción, que en medio débilmente ácido transcurre rápidamente liberando yodo que se detecta fácilmente con almidón.

$$IO_3^- + 5\ I^- + 6\ H^+ \rightarrow 3\ I_2 + 3\ H_2O$$

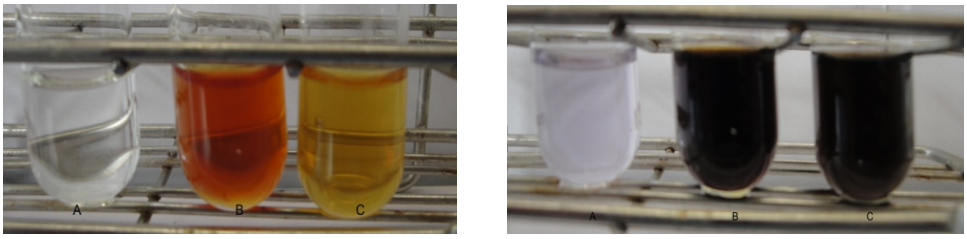


Figura 10. Ensayo de ácidos carboxílicos, antes y después de la adición de almidón. La formación de I_2 puede ya detectarse previamente por la coloración pardo amarillenta. A: prueba en blanco; B: ensayo con zumo de limón; C: ensayo con extracto acuoso de Oxalys pes-caprae L.

2.8. Reconocimiento de ésteres

Los ésteres se caracterizan generalmente por su olor agradable y se hallan en proporción importante en muchos aceites esenciales; concretamente, el acetato de linalilo es un componente importante de los aceites esenciales de lavandines (*Lavandula hybrida* Reverchon) o de hojas de naranjo amargo (petitgrain) (*Citrus aurantium* L. var. *amara*). La reacción de identificación más importante de los ésteres es la prueba del hidroxamato. Los ésteres reaccionan con la hidroxilamina para formar el ácido hidroxámico solo cuando la reacción se lleva a cabo en medio alcalino, mientras los anhídridos y los haluros de ácido lo pueden hacer en medio ácido o alcalino. Siempre que se lleva a cabo el ensayo del hidroxamato debe realizarse la prueba en blanco para poder comparar la coloración. Es posible que los hidroxiácidos den prueba positiva como si fueran ésteres, ya que los pueden formar de modo intramolecular. Las reacciones en que se basa este ensayo son (Figura 11):

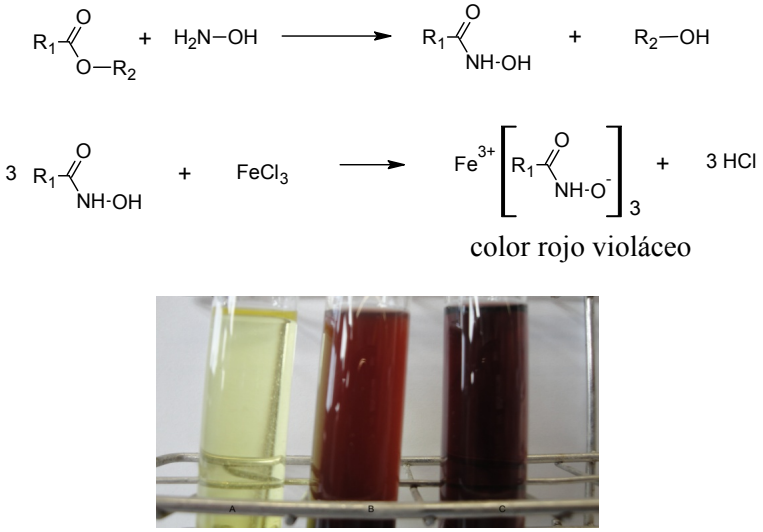


Figura 11. A: Ensayo en blanco; B: Ensayo con aceite de lavanda; C: Ensayo testigo con una gota de acetato de etilo.

2.9. Un ejemplo de actividad biológica de los aceites esenciales: inhibición de la germinación de semillas de soja

Uno de los efectos biológicos de los aceites esenciales más sencillos y asequibles de investigar es la inhibición de la germinación. En el siguiente experimento se muestra un ejemplo realizado con semillas de soja comerciales de las empleadas para preparar germinados para consumo doméstico. El montaje experimental es descrito en la Figura 12. Al realizar su diseño se ha tenido en cuenta también la posible influencia de la ventilación, ya que sin ella el CO_2 producido en la respiración quedaría depositado en el fondo del recipiente dificultando la continuidad de la misma.

El efecto inhibidor de la germinación puede apreciarse al cabo de 4-5 días, a una temperatura en torno a los 20ºC. Los aceites esenciales que contienen carvona muestran un efecto llamativo; de hecho, esta cetona monoterpénica es utilizada comercialmente en formulaciones empleadas para impedir la brotación de las patatas durante su almacenamiento. Dos aceites esenciales asequibles y ricos en carvona son los de alcaravea (*Carum carvi* L) y hierbabuena (*Mentha spicata* L); también muestra un efecto notable el aceite esencial de salvia (*Salvia officinalis* L), probablemente por su elevado contenido en otras cetonas monoterpénicas como el alcanfor o las tuyonas.

REFERENCIAS

1. M. Lahlou, *Phytotherapy Research*, **2004**, Vol. 18, 435-438.
2. M. Lahlou, *Flavour Fragr. Journal*, **2004**, Vol. 19, 159-165.
3. F. Carbonel, *Naturalmente esencial. Introducción a la aromaterapia.* Martorell, Barcelona (1998).

4. B.S. Furniss, A.J. Hannaford, P.W.G. Smith, A.R. Tatchell, *Vogel's textbook of practical organic chemistry,* Addison Wesley Longeman Ltd.; Essex, England (1989).
5. M.J. Rodríguez Yunta, F. Gómez Contreras, *Curso Experimental de Química Orgánica,* Síntesis, Madrid (2008).
6. http://www.utadeo.edu.co/comunidades/estudiantes/ciencias_basicas/quimica.php

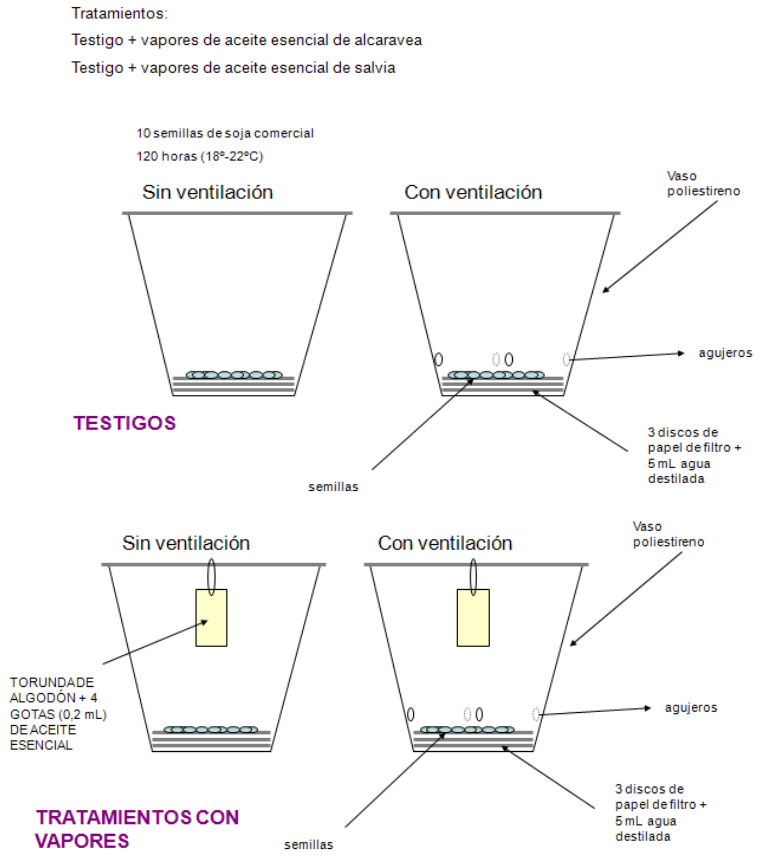


Figura 12. Montaje experimental para evaluar el efecto inhibidor de la germinación de los vapores de aceites esenciales.



Figura 13. Influencia de la aplicación de vapores de aceite esencial de alcaravea (ricos en carvona) en la germinación de semillas de soja comercial.

LOS PLÁSTICOS, MATERIALES DE NUESTRO TIEMPO

José Antonio Martínez Pons
Universidad Antonio de Nebrija, Madrid
jamartinez46@gmail.com

Una simple observación del entorno muestra que unos de los materiales fundamentales utilizados son los plásticos, lo cual es lógico dada su versatilidad y las posibilidades de aplicación que presentan. Se propone un modo práctico y experimental para introducir sus propiedades químicas y físicas en enseñanza no universitaria.

1. INTRODUCCIÓN

Si otras épocas se han denominado por la materia prima industrial fundamental (edad de piedra, de cobre, de bronce, de hierro) nuestra época podría pasar a la historia con toda justicia como edad de los plásticos. No hay actividad humana en la que algún polímero, generalmente artificial no esté presente y esto es así porque raro es el objeto que no incorpora este tipo de materiales (1). Así, por ejemplo, sin las modernas fibras sintéticas no sería posible cubrir las necesidades de vestido de la humanidad.

Es importante que en su formación los alumnos conozcan algo de la historia y utilidad de estos materiales pero, especialmente, sobre los fundamentos fisicoquímicos de sus propiedades, siempre con un nivel de profundización adecuado a su nivel (1, 2). Se proponen un conjunto de experimentos sencillos dirigidos a que los estudiantes: sepan qué son los polímeros y los plásticos, su química y el porqué de sus propiedades; los sepan clasificar, nombrar y formular, distinguiendo nombre científico de nombre comercial; puedan, aunque sea de modo elemental, identificarlos; conozcan las principales técnicas de síntesis, transformación, conformación y moldeo; y sean conscientes de los problemas ambientales y económicos que implican sus residuos.

2. UN POCO DE TEORÍA

Tres conceptos están íntimamente relacionados: macromolécula, polímero y plástico. Etimológicamente "macromolécula" significa "molécula grande". Hoy día se acepta que una macromolécula es aquella cuya masa molecular es del orden de 10^4 g/mol o superior. Salvo en las propiedades físicas y químicas derivadas de su gran masa molecular, en principio, nada las distingue del resto de las moléculas. En general el tipo de enlace predominante en ellas es el enlace covalente, que puede coexistir con cualquiera de las restantes formas de enlace: iónico, de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, etc. (3). En rigor, los conceptos de macromolécula, polímero y plástico no son sinónimos ya que macromolécula es un concepto químico que se aplica a cualquier molécula muy grande, el polímero es una macromolécula formada por la repetición de unidades sencillas (monómero) y los plásticos son productos industriales cuya propiedad característica es su plasticidad en determinadas

circunstancias. Su base química es el polímero, pero contienen además aditivos como cargas, colorantes, plastificantes etc. De una forma restrictiva suele identificarse "plástico" con un material que se presenta en forma de sistema estructural concreto, diferenciándolo de las fibras textiles sintéticas, de pegamentos o de pinturas que químicamente hablando son análogas.

El estudio sistemático y riguroso de las macromoléculas es relativamente reciente. En la segunda mitad del siglo XIX se acuñó el término "coloidal" para designar ciertos materiales diferentes de los que podían obtenerse en forma cristalina. La hipótesis de que los coloides son de peso molecular muy alto es bastante antigua, sin embargo hasta los trabajos de Raoult y Van't Hoff no existían métodos precisos para la medida de masas moleculares. Con ellos se pudo estimar masas de 10.000 a 40.000 para sustancias tales como el caucho, el almidón y la nitrocelulosa, sin embargo estos resultados no se aceptaron por la mayoría de químicos, llegándose a pensar que su aparente masa molecular era errónea, que la ley de Raoult no era aplicable a disoluciones coloidales y que, en cualquier caso, se podía recurrir a complejos de coordinación y asociación de moléculas para explicar las estructuras macromoleculares como agregados físicos de moléculas de tamaño "normal" (3, 4).

En 1920 Hermann Staudinger (1881-1965), de la Universidad de Friburgo, que en 1953 recibiría el Premio Nobel precisamente por sus trabajos en esta materia, propuso la que iba a ser la teoría definitiva, acuñando las palabras "monómero" y "polímero". Según Staudinger las macromoléculas son "polímeros": repetición de muchas pequeñas unidades idénticas, "monómeros", unidas entre sí por enlaces covalentes. Propuso fórmulas estructurales de cadenas largas para el poliestireno, el caucho y el polimetoximetileno. Mediciones más cuidadosas de las masas moleculares confirmaron sus teorías y estudios con rayos X demostraron estructuras de cadena para la celulosa. En 1937 Flory elucidó el mecanismo de la polimerización por reacción en cadena y el problema quedó resuelto. Posteriormente la estructura de los grupos terminales, otro escolio de la teoría, fue investigada con sumo detalle (Price 1942, Joyce 1948, Bevington 1954, etc.). La teoría inicial de Staudinger está, pues, sólidamente establecida (3).

La clasificación de los plásticos puede hacerse a tenor de varios conceptos:

- **Según su procedencia**; se clasifican en naturales y artificiales, aunque esta distinción cada día es menos clara ya que también es posible la modificación de polímeros naturales en el laboratorio, obteniendo nuevos materiales. Valga como ejemplo la nitración de la celulosa que da origen a productos que van desde barnices a soportes de películas o pólvoras sin humo (3, 4).

- **Según sus propiedades termodinámicas**, se clasifican en termoplásticos, termoestables o elastómeros. Los primeros, alcanzada cierta temperatura (transición vítrea) se reblandecen y pueden modelarse. Los segundos no presentan esta propiedad y los elastómeros (como el caucho) deben sus propiedades al entrecruzado de sus cadenas moleculares.

- **Según la longitud de las cadenas**, se clasifican en monodispersos si las cadenas son más o menos iguales y polidispersos, si tienen longitudes muy diferentes.

- **Según los monómeros,** se clasifican en homopolímeros, si son todos iguales, y copolímeros si son diferentes.

- **Según la estructura de las cadenas**, su simetría y su grado de cristalinidad.

3. SÍNTESIS E IDENTIFICACIÓN DE POLÍMEROS

La síntesis por la que los monómeros se unen dando origen a largas cadenas se denomina polimerización, que puede transcurrir por dos vías: adición o condensación. En el primer caso se produce una reorganización de los enlaces químicos de los monómeros, de modo que se unen sin pérdida de ninguna molécula más pequeña. Puede producirse por vía homolítica o heterolítica. Típicamente presenta las etapas de iniciación, propagación y terminación. En la condensación, sin embargo, en cada paso se desprende una molécula más pequeña, por ejemplo agua; valga el ejemplo de una poliamida (3).

Por muchas razones, por ejemplo las inherentes al reciclado de los polímeros, es importante su identificación. Aunque existen técnicas muy sofisticadas, aquí se tratarán propiedades características de fácil comprobación que permiten una separación e identificación de estos materiales, entre ellas: aspecto general, solubilidades en distintos disolventes, y ensayos de flotabilidad y a la llama.

4. FIN DE LA VIDA DE UN POLÍMERO

La degradación de un polímero es un proceso inverso a la polimerización: el polímero se va degradando (se fraccionan sus cadenas en elementos más cortos) perdiendo sus propiedades. Los mecanismos de degradación son básicamente: oxidación (térmica o lumínica), hidrólisis, termodescomposición y biodegradación (3).

Los polímeros, especialmente los artificiales, sufren desgaste físico y químico, que hacen que pierdan su utilidad y se conviertan en materiales de desecho. Su estabilidad química hace muy poco probable su destrucción a corto plazo. En general, es muy poco frecuente que de modo significativo polucionen el medio (agua, aire, etc.) como consecuencia de subproductos de su degradación “natural”. El impacto ambiental sin embargo existe, aunque no sea más que desde el punto de vista estético.

Por otra parte desde el punto de vista económico, el polímero contiene materias primas y energía, que hay que intentar recuperar de alguna forma (6). Un artículo se reutiliza o reacondiciona cuando, después de un primer uso, solo con unas ligeras transformaciones se utiliza de nuevo. Con los plásticos esta posibilidad es pequeña, aunque no imposible como el caso bolsas de polietileno reutilizadas varias veces, aplicaciones artísticas de restos de envases, etc., pero siempre en casos muy concretos y no de modo sistemático. El reciclado consiste en incorporar plástico usado a colada de plástico “nuevo del mismo tipo”, para incorporarlo a piezas de menor exigencia o para incluirlo en proporciones aceptables (2-6).

El correcto reciclado requiere un diseño adecuado del producto, pensado precisamente para una recuperación y reciclado fáciles; para ello es buena práctica, por ejemplo: minimizar el número de piezas, utilizar materiales compatibles o en

componentes modulares, evitar recubrimiento y pinturas, y estampar logotipos en las piezas de modo que permitan su fácil identificación y discriminación.

Los plásticos usados deben recogerse y seleccionarse. Técnicas habituales para la separación son la solubilidad selectiva y la flotabilidad, pasando los residuos por líquidos de diferentes densidades y separando según su densidad.

El reciclado no permite demasiadas reutilizaciones: llega un momento en que el polímero está tan degradado que no es reutilizable. Además, si no se dispone de infraestructura suficiente para ello, al final acabará por ser necesario deshacerse del polímero y se podrá optar por alguna de las siguientes soluciones:

- Quemado, que beneficia únicamente parte de la energía térmica. En promedio cada kilogramo de polímero produce unos 8500 kJ. No es un proceso selectivo, ni requiere demasiados procedimientos previos, como limpiado o clasificación, ni tampoco grandes inversiones en infraestructura. Pero solo aprovecha la energía térmica: no recupera, por tanto, materias primas y puede producir emisiones indeseables.

- Reciclado químico, en refinería o en industrias especializadas, que consiste en la fractura controlada las cadenas poliméricas llevándolas a hidrocarburos equivalentes a fracciones ligeras y medias del petróleo. El ideal es la recuperación del monómero. La reacción necesaria se produce a elevadas presiones y temperatura, con la ayuda de catalizadores adecuados.

5. APLICACIÓN EN EL AULA

Como se ha indicado, se busca la formación máxima de los alumnos no solo de los aspectos teóricos de los plásticos sino su comprensión de un modo práctico, mediante experimentos:

- ¿Qué son las macromoléculas, los polímeros y los plásticos? Para una mejor comprensión de estos conceptos y previa a una identificación de objetos comunes, que debe llevarles a la conclusión de que una mayoría de ellos contiene plásticos y por tanto polímeros. Construirán modelos de los polímeros, utilizando modelos moleculares comerciales, o más simplemente clips de oficina que simularán el monómero. Además aprenderán los rudimentos de su nomenclatura distinguiendo entre nombre científico y comercial (1, 2).

- Propiedades. Con un simple juego consistente en la colocación de algunos obstáculos, como sillas, y pidiendo a un alumno que se desplace entre ellos; a este alumno se añade otro dándole la mano, y así sucesivamente otro, y se observa cómo cada vez el movimiento es más difícil. Aprenderán a clasificar los polímeros y se les mostrarán ejemplos. Pueden además experimentar con algunas de sus propiedades, como flexibilidad, elasticidad, dureza.

- Identificación. Traerán objetos de su casa como envases de yogur, restos de bolígrafo, etc. y aprenderán a identificarlos según algunas propiedades.

- Solubilidad. Ensayarán distintos disolventes y observarán si se disuelven o no y, cuando se disuelvan, separarán el polímero de los aditivos (1).

- Flotabilidad y densidad. En rigor estas prácticas deberían realizarse previa separación del polímero, pero ello requeriría el uso de disolventes orgánicos y de un rotavapor, fuera del alcance de Centros de Enseñanza Media (8). La densidad se puede medir de muchas formas pero la más adecuada es usando el picnómetro. La separación por flotabilidad requiere la preparación de disoluciones de densidad normalizada (es aconsejable mezclas de agua y etanol a densidades menor que la unidad, y de agua y sal común para mayores).

Experimento 1. Consiste en separar los diferentes plásticos; para ello se cortan las muestras en pedacitos y se vierten en, por ejemplo, la disolución de mayor densidad: los pedazos que flotan obviamente son menos densos y los que se hunden, más. Se recogen los que flotan, se secan y se repite la experiencia con otra disolución de densidad normalizada menor, y así sucesivamente. Al final se obtiene una clasificación de las muestras que da una primera idea.

Experimento 2: Ensayo a la llama. Se precisa un mechero Bunsen y unas pinzas. El experimento (ver Figura 1) consiste en acercar las muestras a la llama y de acuerdo con algunas observaciones: si la muestra arde o no, si arde mantiene la llama fuera de la llama patrón, color y olor de humo y llama, así como otros fenómenos como chisporroteo, si la muestra gotea, si deja cenizas, y pH de los humos.

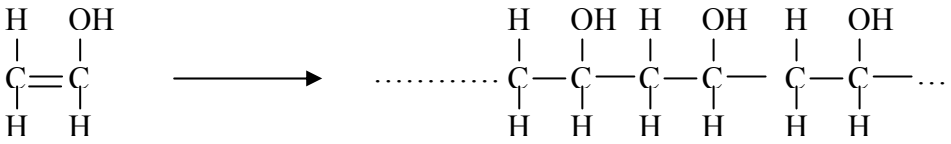


Figura 1. Esquema del procedimiento de medida del pH de los vapores.

Experimento 3: Tratar de identificar el polímero. Se precisa el mechero, un tubo de ensayo, unas pinzas, papel indicador de pH y un poco de algodón o lana de vidrio humedecido. En el tubo se introducen unos pedazos de la muestra, se envuelve la parte la parte superior de un pedazo de papel pH con un taco de algodón húmedo con el que se tapa el tubo y se calienta suavemente. Al cabo de un minuto se puede efectuar la lectura del pH. Combinando la información obtenida en las pruebas expuestas se puede llegar a determinar con muy buena aproximación el polímero principal constituyente de cada plástico.

A continuación se proponen algunas síntesis fáciles que pueden realizarse en un laboratorio escolar.

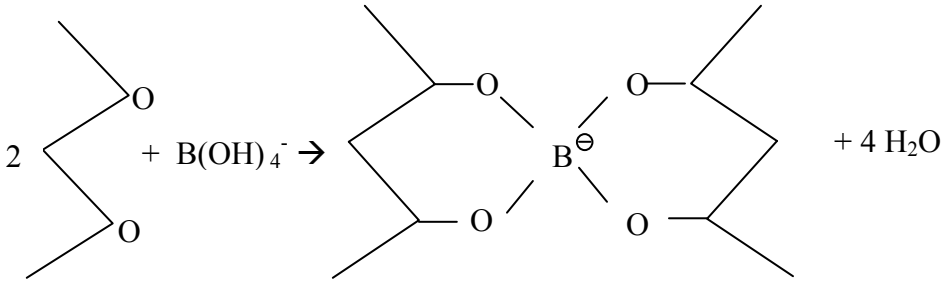
Experimento 4: Fabricación de un polímero entrecruzado a partir del alcohol polivinílico (6-7). Al entrecruzar las cadenas, las propiedades mecánicas del polímero cambian. Un fenómeno semejante, por ejemplo, es el que se produce cuando cura un pegamento epóxico. El experimento consiste en entrecruzar cadenas de alcohol polivinílico (PVA) mediante tetraborato de sodio (bórax), ($Na_2B_4O_7 \cdot 10\ H_2O$) con lo que se consigue un gel. La fórmula del PVA es:



En disolución acuosa el bórax reacciona según la reacción:

$$Na_2B_4O_7(s) + 7\ H_2O \rightarrow 2\ B(OH)_3(aq) + 2\ B(OH)_4^-(aq) + 2\ Na^+$$

El ion tetrahidrixiborato(III) reacciona con los OH^- contiguos de dos cadenas formando cuatro puentes de oxígeno:



Debido a los puentes que se crean el alcohol polivinílico adquiere una textura de gel. Para la experiencia se necesita: disolución de PVA en agua al 4%, disolución de bórax al 4%, colorante, un vasito, una cucharilla y papel de filtro. En un vaso se vierten 1,0 cm^3 de disolución de PVA, unas gotas de colorante y unas 10 gotas de disolución de bórax. Se remueve enérgicamente y se observa que la textura cambia y se forma el gel. Esta reacción es muy sensible al pH y se puede verificar utilizando el indicador universal de pH como colorante: cuando se añade el bórax, se agita y se empieza a formar el gel, el indicador irá virando a color verde. Un vez formado se irán añadiendo lentamente gotas del ácido agitando, observándose cómo el color de la mezcla va cambiado y el gel se desmorona. Si ahora se agrega disolución de sosa con la misma técnica el color vira, indicando que el ácido se neutraliza, y al final acaba recuperándose el gel. El fenómeno se debe a que el hidróxido de boro y tetrahidrixiborato se comportan como un par ácido-base de Lewis según el equilibrio:

$$B(OH)_3 + H_2O \leftrightarrows H_3O^+ + B(OH)_4^- \ (K_a \sim 10^{-9})$$

En medio ácido el equilibrio está muy desplazado hacia la izquierda y, por tanto, las cadenas de PVA se separan, mientras que en medio alcalino sí se forman los puentes de oxígeno. Otras polimerizaciones interesantes, aunque es conveniente que las haga el profesor, son:

a) Obtención de Nylon (6). Requiere la preparación de dos disoluciones. La disolución A se prepara disolviendo 20 mL de cloruro de sebacilo en un litro de tetracloruro de carbono. La disolución B se prepara disolviendo 22 g de hexametilendiamina y 15 g de hidróxido de sodio en medio litro de agua. En un vaso

de precipitados se vierte la disolución A y con sumo cuidado, sobre ella (y sin agitar), la B; se observa cómo en la superficie de separación se empieza a formar el nylon: con una pinza se coge la película que se está formando y con cuidado se va arrollando el producto sobre la pinza.

b) Obtención de una resina de fenol-formaldehído (6). Debe trabajarse en vitrina. En el vaso se vierten, por este orden, 12,5 mL de formol; 22,5 mL de ácido acético; 10 mL de fenol (9 g si está en forma sólida); y 22,5 mL de ácido clorhídrico. Tras agitar, inicialmente se obtendrá una disolución de color caramelo claro. Se observará que el vaso se calienta un poco. Al cabo de unos minutos (de 2 a 5) se observa cómo, de repente, el contenido del vaso se enturbia y se calienta intensamente y empieza a formarse el polímero, resultando una masa rojo fresa.

c) Nitración de la celulosa. Se prepara una mezcla de dos volúmenes de ácido sulfúrico y un volumen de ácido nítrico, ambos concentrados. Se sumerge en esta mezcla, con las debidas precauciones, un pedazo de algodón hidrófilo. En el momento en que empiecen a desprenderse vapores de color café se extrae la muestra y se lava en chorro de agua hasta pH neutro. Se deja secar al menos 48 horas, se comprueba el tacto, más "áspero" que el algodón normal, se toma una muestra y se disuelve en acetona. Otra muestra se acerca a la llama del Bunsen.

Los plásticos se convierten en objetos útiles mediante muy diversos procedimientos. Los alumnos deben conocerlos aunque sea de modo somero. A los termoplásticos se les puede dar forma mediante:

- Inyección. El material básico se pasa por una máquina que lo funde y lo inyecta en un molde de acero donde se enfría y solidifica y del que luego se extrae. Proceso semejante es la extrusión (ver Figura 2). La máquina produce tuberías o láminas.

- Conformado al vacío. Una lámina de plástico se calienta hasta la temperatura de transición vítrea sobre un negativo de la pieza a reproducir y se practica el vacío.

- **Soplado o estampado**. Una preforma se calienta dentro de un molde y se inyecta aire a presión. Puede ejemplificarse en clase fabricando un negativo de la pieza reproducir. Sobre una capa de contrachapado se practica una abertura que siga el contorno de la pieza con un margen y sobre esta chapa se clava un pedazo de lámina de plástico. Se calienta suavemente hasta que se ve que se ha llegado a la temperatura adecuada y se presiona con el negativo.

Con resinas termoestables la técnica más habitual es el moldeo. Preparado el molde recubierto de un desmoldeante, y eventualmente la carga (fibra de vidrio, por ejemplo), se vierte el polímero o prepolímero y el catalizador debidamente dosificados. Se deja transcurrir el tiempo adecuado y se desmoldea.

Se sugiere a los profesores que pongan ejemplos de las principales utilidades de los plásticos. Las características fundamentales que les confieren su especial utilidad son la estabilidad química, ligereza, facilidad de conformado y bajo precio. A modo de resumen, se puede decir que los plásticos se utilizan (5) como materiales estructurales (desde sofisticadas aplicaciones militares, tales como blindajes de carros de combate, hasta la fabricación de muebles y envoltorios) (9), como elementos de decoración, pinturas y pegamentos, en aplicaciones médicas (como prótesis, membranas artificiales y lentes), en textiles y en la industria electrónica (aprovechando sus

propiedades dieléctricas). Se han conseguido polímeros capaces de conducir la electricidad. Hoy día además se utilizan abundantemente materiales compuestos en los que se combinan las propiedades de distintitos componentes, y por lo menos uno de ellos puede ser polimérico. Quizás los más populares sean las "fibras de vidrio", donde una matriz de resina engloba un reticulado de fibra de vidrio. Se utiliza como material estructural en múltiples aplicaciones, como cascos de embarcaciones (5, 7, 9). Tiene interés recordar que, como en otros muchos campos, antes fue el uso de los plásticos que la elucidación precisa de la química que hay tras de ellos.

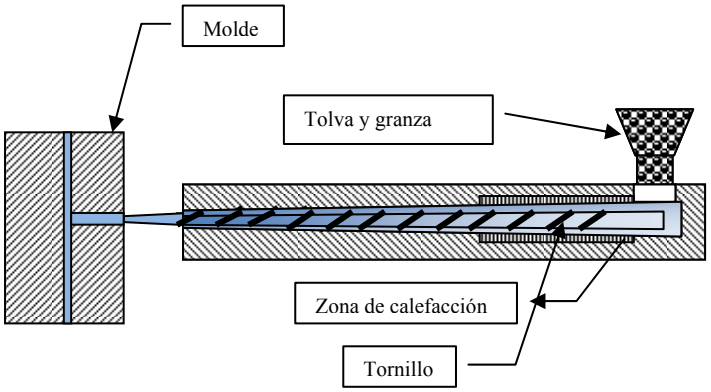


Figura 2. Esquema de extrusora por inyección para termoplásticos.

Se debe insistir en la importancia del reciclado de los plásticos, incluso se pueden proponer actividades de uso de estos materiales recuperados, por ejemplo para crear obras de arte y, por supuesto, con la colaboración de los estudiantes en campañas de recogida selectiva de residuos.

REFERENCIAS

1. APQUA (Aprendizaje de los productos químicos, sus usos y aplicaciones), *Los plásticos en nuestra sociedad,* Guía del profesor, Reverté (1995).
2. J.A. Martínez-Pons, F. Prada, *Reciclado de plásticos,* Jornadas territoriales de educación, pp. 149-154, MEC (1999).
3. A. Horta, *Macromoléculas*, Unidades didácticas de la UNED (1982).
4. A. Rieche, *Química orgánica técnica,* Acribia, Zaragoza (1965).
5. R. Gómez Antón, J.R. Gi, *Los Plásticos y el tratamiento de los residuos,* Aula Abierta UNED (1997).
6. J.E. Porma, J.L. Roberts, L.J. Holemsberg, *Chemistry on the laboratory*, W.H. Freeman and Co., New York (2004).
7. B.H. Shakashiri, *Chemical demonstrations,* Tomo 1, Wisconsin University Press (1983).
8. A.A. Pérez-Dorado, *Identificación de plásticos,* Vídeo de la UNED (1995).
9. J.A. Martínez-Pons, *Empuje*, **2002**, Vol. 78, 24-29.

RECONOCIMIENTO DE POLÍMEROS COMERCIALES POR ESPECTROSCOPÍA INFRARROJA

Carmen Arribas Arribas, Margarita González Prolongo, María Amor García del Cid, Catalina Salom Coll
E.T.S. de Ingenieros Aeronaúticos, Universidad Politécnica de Madrid
carmen.arribas@upm.es, mg.prolongo@upm.es

El objetivo de este trabajo es presentar una actividad de divulgación sobre la aplicación de la espectroscopía infrarroja (IR) en la caracterización e identificación de materiales plásticos, haciendo especial énfasis en su utilidad para detectar la presencia de aditivos. Se describe el fundamento de la espectroscopía infrarroja, la preparación de las muestras para ser estudiadas por IR y la obtención e interpretación de los espectros de absorción de radiación infrarroja de varios polímeros comerciales.

1. INTRODUCCIÓN

Los materiales poliméricos están constituidos por moléculas de gran tamaño, producidas a partir de moléculas pequeñas, que se enlazan formando cadenas que quedan descritas por la repetición de unidades químicas sencillas. Gran parte de los materiales poliméricos sintéticos presentan plasticidad (facilidad de ser deformados), por ello son denominados comúnmente "plásticos".

Los polímeros son ampliamente utilizados tanto en productos de uso común como en aplicaciones tecnológicas. Esto es debido a que presentan buenas propiedades: baja densidad, resistencia al medio ambiente (resistencia a la corrosión), múltiples posibilidades de diseño de piezas, procesos de fabricación sencillos y de bajo coste. Las propiedades de los materiales poliméricos dependen de su estructura química, ya que ésta determina el carácter cristalino o amorfo y las temperaturas de reblandecimiento (transición vítrea) y fusión, es decir, su comportamiento térmico y mecánico. Además, las propiedades térmicas, mecánicas, eléctricas y ópticas pueden modificarse preparando mezclas con otros polímeros o con otros materiales tales como tintes, refuerzos inorgánicos, estabilizantes… de forma que cada plástico sea adecuado para un uso específico. El uso de los plásticos viene creciendo de forma continua, especialmente en países industrializados, esto ha originado una gran cantidad de residuos y el consecuente problema de su recuperación y reciclado.

En el estudio de la estructura química de los polímeros la espectroscopía infrarroja (IR) es una técnica muy útil, pues permite discernir el tipo de polímero y si se trata de un producto puro o de una mezcla y detectar si lleva aditivos. Cuando un plástico va a ser utilizado para una aplicación específica es necesario caracterizarlo, no solo en el caso de los polímeros vírgenes sino particularmente si se trata de plásticos reciclados. Además, en los procesos de reciclado la espectroscopía infrarroja puede utilizarse para el reconocimiento de los distintos plásticos en una mezcla de residuos, para proceder de manera automática a su separación y posterior reciclado.

El objetivo de este trabajo es presentar una actividad de divulgación sobre la aplicación de la espectroscopía infrarroja en la caracterización e identificación de materiales plásticos, haciendo especial énfasis en su utilidad para detectar la presencia de aditivos. En primer lugar se describe la técnica como método idóneo para detectar la presencia de grupos funcionales.

A continuación se detalla la preparación de las muestras de diferentes materiales plásticos comerciales, para la obtención del espectro de IR. Finalmente se indica cómo se asignan las bandas características que permiten el reconocimiento de diferentes polímeros.

2. FUNDAMENTOS DE LA ESPECTROSCOPÍA INFRARROJA

La espectroscopía infrarroja constituye uno de los métodos de identificación de sustancias más versátiles, rápidos y de bajo costo. En las moléculas se producen vibraciones, es decir, oscilaciones de los átomos entorno a sus posiciones de equilibrio. En una molécula diatómica la energía de vibración es proporcional a la frecuencia de vibración, ν, que está directamente relacionada con la fuerza del enlace.

Las energías vibracionales están cuantizadas y el cambio energético en la vibración se produce por absorción de energía: $\Delta E = h \cdot \nu' = h \cdot c \cdot \nu$, siendo h la constante de Plank, c la velocidad de la luz, quedando expresada la frecuencia vibracional ν' en s^{-1} y ν (número de ondas) en cm^{-1}. Esta energía corresponde a la zona infrarroja de la radiación electromagnética (13000-10 cm^{-1}), como se ilustra en la Figura 1.

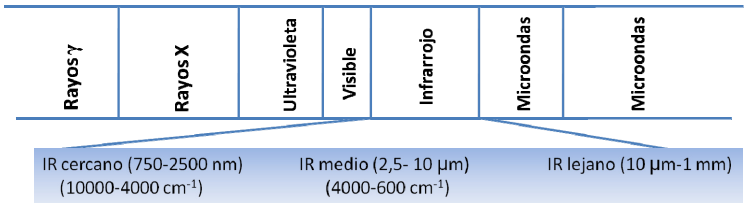


Figura 1. Espectro de la radiación electromagnética. División de la radiación IR en IR cercano, medio y lejano.

La absorción de radiación infrarroja se detecta mediante la técnica de espectroscopía infrarroja cuando la vibración produce cambio del momento dipolar de la molécula.

En moléculas poliatómicas existen diferentes modos de vibración, a cada uno de los cuales le corresponde una frecuencia característica.

En la Figura 2 se muestran los tres modos de vibración normales de una molécula triatómica. Los modos de vibración en los que el cambio en el momento dipolar es más acusado dan lugar a mayor absorción de energía.

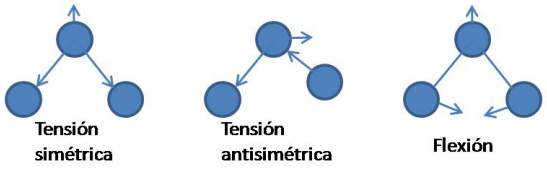


Figura 2. Modos de vibración de una molécula triatómica no lineal.

El espectrofotómetro de infrarrojo es un equipo en el que se ilumina la muestra con radiación infrarroja de intensidad I_0, y de diferentes frecuencias; mediante un detector se mide la intensidad de radiación transmitida por la muestra, I, en función de la frecuencia de dicha radiación (ver Figura 3). El registro obtenido se denomina espectro de infrarrojo y consiste en la representación de la transmitancia $T = I/I_0$ en función de la frecuencia. Otra posibilidad es representar la absorbancia, A, frente a la frecuencia. La relación de la absorbancia, con la transmitancia es: $A = log\ I_0/I = -log\ T$. La absorbancia está directamente relacionada con el espesor de la muestra, denominado L, y con la concentración de grupos que absorben, c, mediante la ley de Lambert-Beer: $A = c \cdot L \cdot \varepsilon$, siendo ε el coeficiente de extinción molar, que está relacionado con el cambio del momento dipolar originado por el movimiento de vibración.

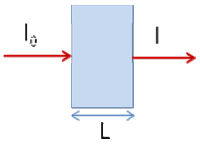


Figura 3. Transmisión de luz a través de una muestra de espesor L.

En los espectros de infrarrojo habitualmente se expresa la frecuencia como cm^{-1}, es decir, como número de ondas, en la Figura 4 se muestra el espectro de IR del polietileno tanto en transmitancia como en absorbancia.

A partir del espectro de absorción de infrarrojo se puede derivar una interesante información, no solo cualitativa (identificación de compuestos y reconocimiento de grupos funcionales) sino también cuantitativa, puesto que la absorción observada será proporcional al número de grupos presentes en la muestra que absorban a una determinada frecuencia (ley de Lambert-Beer), lo que permite conocer, por ejemplo, la cantidad de cada uno de los integrantes en una mezcla, o realizar medidas sobre la cinética de una reacción. Por ello esta técnica se usa ampliamente tanto a escala de laboratorio de investigación como a escala industrial, para el reconocimiento, caracterización y control de calidad de gran cantidad de sustancias.

En el campo de los materiales poliméricos en particular, la espectroscopía infrarroja proporciona abundante información para la caracterización de la estructura molecular, cristalinidad de las muestras, determinación de aditivos y su proporción,

composición de mezclas de polímeros, reactividad y cinética en procesos de entrecruzamiento o curado, envejecimiento de materiales, degradación, etc.

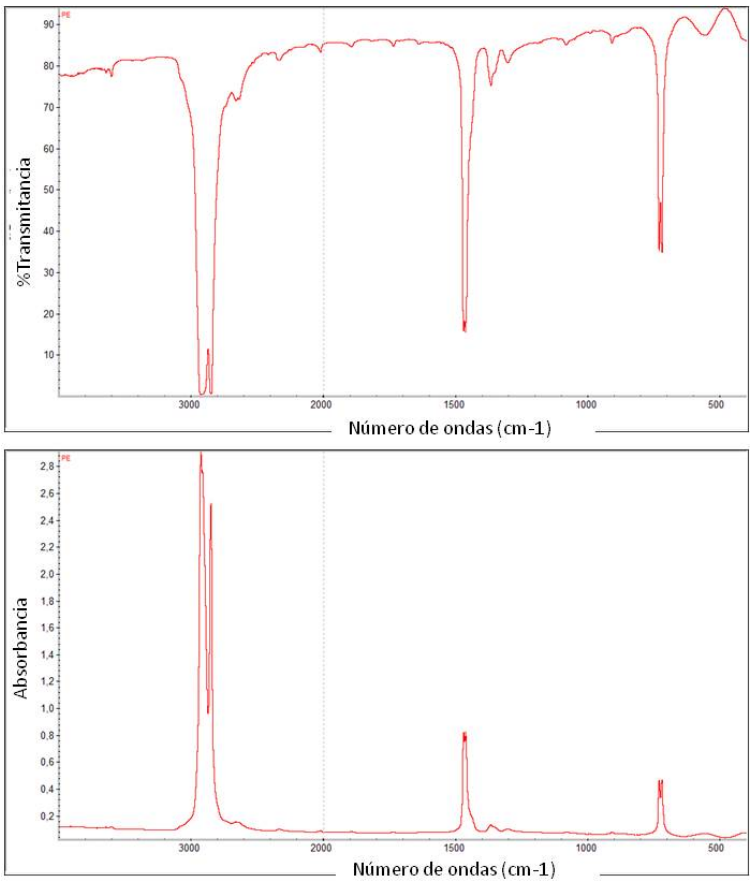


Figura 4. Espectro de infrarrojo del polietileno en Transmitancia y Absorbancia.

2. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS POLIMÉRICAS

De la gran cantidad de polímeros que utilizamos como plásticos de uso común, se han seleccionado cinco a fin de ilustrar la utilidad de la espectroscopía IR en su reconocimiento. Las muestras poliméricas que se van a utilizar son: polietileno, PE, (bolsas o film de envolver alimentos) polipropileno, PP (envoltorios de las barras de pan), policloruro de vinilo, PVC, (film de envolver y cinta adhesiva tipo cello), poliestireno, PS (carcasa transparente de bolígrafo, ventana de los sobres, espuma embalaje: poliespán), politetraflúor etileno, PTFE (cinta de teflón), aceite de silicona, resina epoxi (adhesivo bicomponente A-B tipo Araldit: B-resina epoxi + A-endurecedor).

El procedimiento de preparación depende del tipo de muestra. Las muestras que vienen en forma de film o película fina: PE, PP, PVC, PS, PTFE, se utilizan directamente, y solo es necesario fijarlas sobre el portamuestras en forma de marco utilizando cinta adhesiva. En el caso de la cinta adhesiva es necesario retirar el adhesivo con un disolvente como etanol frotando con un algodón, y posteriormente se fija el film de PVC en el portamuestras.

Para las muestras líquidas, como los polímeros de silicona o la resina epoxi de los adhesivos, se ha de depositar una fina capa en una ventana transparente al infrarrojo, que puede ser de KBr o KCl.

Las muestras poliméricas gruesas es necesario disolverlas en un disolvente adecuado para obtener una película fina por evaporación del disolvente, ya que no se pueden medir directamente pues absorben toda la radiación, no llegando luz al detector. Por ejemplo para el poliestireno, PS (carcasa transparente de bolígrafo, y poliespán), se puede utilizar butanona. Una vez obtenida la disolución (para el poliespán el proceso es rápido), se depositan unas gotas sobre las ventanas transparentes al infrarrojo de KBr o KCl, dejando evaporar el disolvente bajo corriente de aire (tiempo necesario: varios minutos), quedando una película fina de polímero depositada sobre la ventana. Para otras muestras de polímeros en la selección de disolventes se tendrá en cuenta su buen poder disolvente así como su toxicidad, a fin de seleccionar de entre los mejores disolventes para cada polímero el menos nocivo.

Una vez preparadas las muestras se introducen en el equipo de infrarrojos y se recoge su espectro. La mayoría de los equipos de IR, como el utilizado en este trabajo, realizan la medida en la zona del infrarrojo medio (4000-600 cm^{-1}).

3. INTERPRETACIÓN DE LOS ESPECTROS DE IR DE LOS POLÍMEROS

La interpretación de los espectros se realiza a partir de la fórmula de la unidad repetitiva del polímero asignando a las bandas (picos) de absorción más intensas las vibraciones de los grupos químicos presentes en el polímero conformando la composición química de la muestra. Este análisis se hace utilizando las tablas de asignación de grupos, como las referidas en la bibliografía (1-3), donde se registran las bandas (intervalo en cm^{-1}) a las que aparecen las diferentes vibraciones de los grupos químicos), indicando además la intensidad de la banda: débil, media o fuerte. A modo de ejemplo, en la Tabla 1 se recogen las vibraciones más significativas de de los grupos $-CH_2-$ y $-CH_3$.

En la Figura 5 se recogen los espectros de IR obtenidos de las muestras seleccionadas. En la figura se ha incluido la fórmula de la unidad repetitiva de cada polímero y la asignación de las bandas más importantes. Todos los espectros de las muestras comerciales utilizadas corresponden al polímero esperado.

Las vibraciones en tensión de los enlaces C-H en los grupos C-H, $-CH_2-$ y $-CH_3$, aparecen en zonas comunes del espectro, por lo que la región se señala en la figura sombreada de verde; de manera análoga, las vibraciones en tensión de los C-H de anillo aromático aparecen en la zona sombreada de azul. En todos los espectros de los polímeros de la figura aparecen bandas en una o en las dos zonas, pues en todos ellos

hay enlaces C-H (ver fórmula de la unidad repetitiva). Se observa que las mayores diferencias en los espectros se producen por debajo de 1500 cm^{-1}, por ello la zona de 1400 cm^{-1} a 600 cm^{-1} es lo que se llama la zona de la "huella dactilar" del espectro de una sustancia.

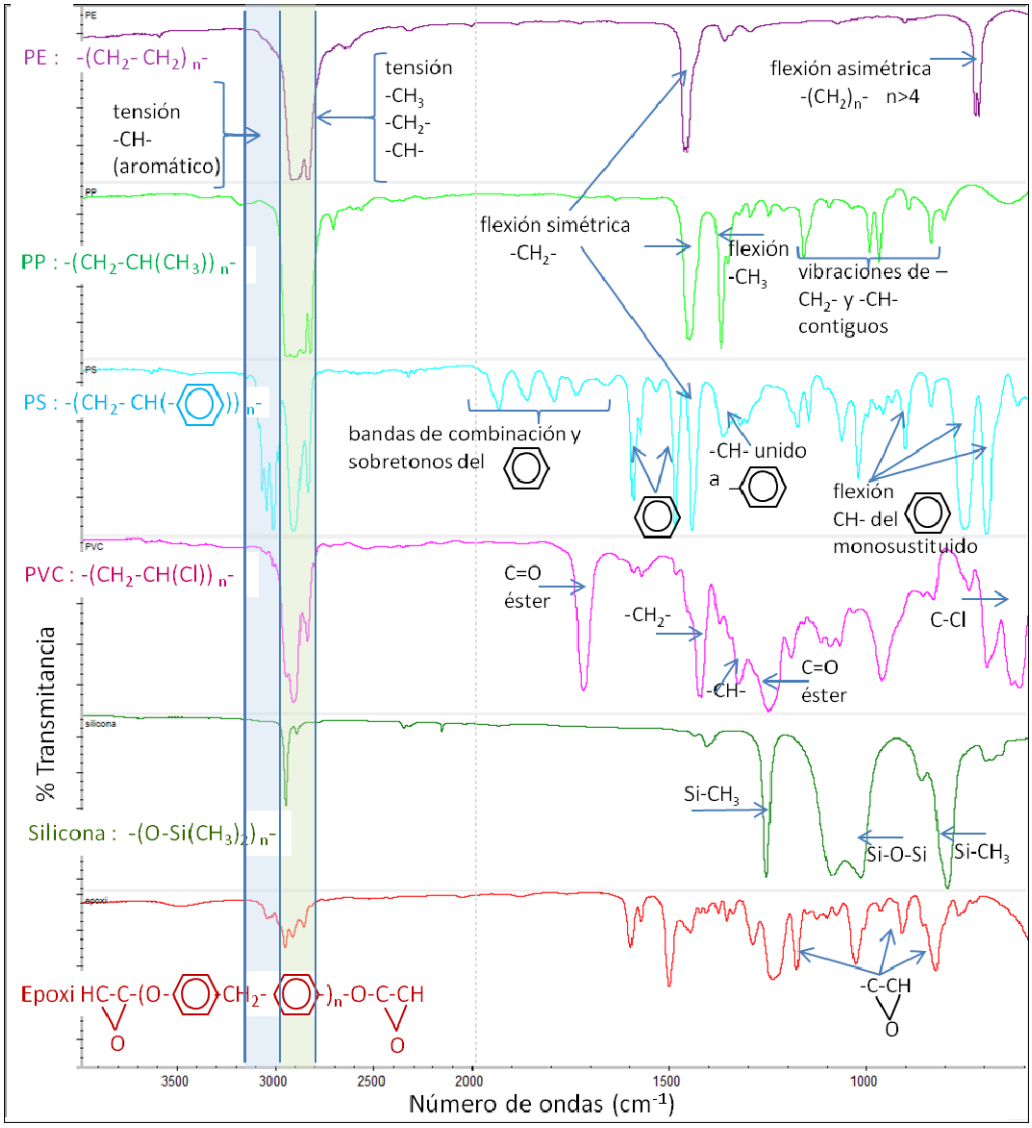


Figura 5. Espectros de infrarrojo de los polímeros seleccionados.

Las bandas de absorción que aparecen en los espectros de los polímeros de la Figura 5 son justificables en base a la fórmula de la unidad repetitiva de cada polímero. Sin embargo, en el caso del PVC se observan dos bandas muy intensas

situadas en 1260 y ~1730 cm^{-1} que no corresponden a las vibraciones esperadas para este polímero. Están situadas en la zona de la vibración del grupo éster, -COO-, y nos indican que el polímero lleva un aditivo. Es conocido que el PVC cuando se utiliza en forma de película flexible, lleva como aditivos ésteres (ftalatos) para disminuir su rigidez a temperatura ambiente. En el caso de ser utilizado como envase de alimentos la presencia de estos aditivos está prohibida ya que son tóxicos y por ser productos de bajo peso molecular (no polímeros) pueden migrar al producto envasado.

Tabla 1. Bandas de vibración de algunos grupos químicos.

Intervalo de frecuencia (cm^{-1})	**Intensidad**	**Grupo químico**	**Tipo de vibración**
2990-2850	Media-fuerte	$-CH_2-$ y $-CH_3$	Dos bandas: tensión simétrica y asimétrica
1475-1450	Fuerte	$-CH_2-$	Flexión simétrica (scissoring)
740-720	Media-débil	$-(CH_2)-_n$	Flexión asimétrica (rocking)

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la ayuda recibida por la Universidad Politécnica de Madrid, durante el curso 2011/12, a través del proyecto de innovación educativa "Enlaces múltiples: la Química en los distintos niveles educativos".

REFERENCIAS

Para la asignación de las bandas de absorción de los espectros:
1. D.A. Skoog, F.J. Holler, T.A. Nieman, *Principios de Análisis Instrumental*, McGraw Hill Interamericana de España (2001).
2. D.R. Lide, *Handbook of Chemistry and Physics,* CRC Press, Nueva York (2007).
3. L.J. Bellamy, *The Infrared Spectra of Complex Molecules*, Chapman and Hall, Londres (1980).
Para la selección de los posibles disolventes:
4. J. Brandrup, E.H. Immergut, E.A. Grulke, *Polymer Handbook*, John Wiley & Sons (1999).
Para consulta sobre las propiedades toxicológicas de los disolventes:
5. R.J. Lewis Ed., *Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials*, John Wiley & Sons (2004).

Parte IV

Competencias genéricas y enseñanza de las ciencias experimentales

ORIENTACIÓN UNIVERSITARIA POR COMPETENCIAS

Ángel Valea Pérez, María Luz González Arce
Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente, Escuela de Ingeniería Técnica Industrial (Bilbao), Universidad del País Vasco - E.H.U.
iapvapea@lg.ehu.es

Las autoridades del ámbito educativo (nacionales, autonómicas, universitarias públicas o privadas) han acometido una reforma muy ambiciosa al amparo del llamado Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), de forma que si el anterior paradigma de la reforma universitaria en España fue la "democratización de la Universidad", ahora la reforma importada de Europa (al menos nominalmente) parece renunciar a algunos de los atributos que, desde siempre, la ha enriquecido (el conocimiento, el saber pluridisciplinar, etc.) para orientarse hacia unos fines al servicio de la economía productiva.

1. INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del llamado Proceso de Convergencia Europeo (Proceso de Bolonia) de armonización de la enseñanza superior en el ámbito europeo, han sido revisados los Planes de Estudio, los contenidos y las materias que los configuran, así como los aspectos procedimentales y actitudinales que los circunscriben. Por otro lado, y en compartimentos separados, se ha asistido a una propuesta reformadora de los Planes de Estudio en la Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.) y del Bachillerato, después de los sucesivos intentos de modificación que han terminado con la derogada LOCE (1).

La preocupación por una educación basada en competencias (EBS) está vinculada al interés por mejorar los resultados de los alumnos de E.S.O. en las pruebas del proyecto PISA de la OCDE, en las que nuestros adolescentes habían salido malparados, lo que produjo alarma en los diferentes responsables educativos. Por otro lado, había una segunda motivación basada en que la educación formal permitiese hacer frente a problemas de la "vida real" en términos de la adquisición de "skills for life" (competencias básicas para la resolución de problemas de la vida real), que sigue siendo por cierto una de las pretensiones de la educación en los países que tradicionalmente salen mejor clasificados en las pruebas PISA.

Revisando los estudios hechos sobre "desarrollo de competencias" se encuentra una identificación de la "competencia", según Mulder, con "*la capacidad de una persona para alcanzar logros específicos*". Esta idea puede tener relación con la Competence-based Teacher Education (CBTE), el movimiento americano para la formación de maestros en las décadas de los 60 y 70 del siglo pasado (lo que no hace tan moderno el descubrimiento…) y que puede complementarse con otra idea sobre la naturaleza de los elementos implicados en las competencias y que Biemans resume como: "*las capacidades integradas orientadas a la realización, que están formadas por el conjunto de estructuras de conocimiento, habilidades cognitivas, interactivas y*

afectivas, actitudes y valores que son necesarios para llevar a cabo tareas, resolver problemas y, en definitiva, para trabajar eficazmente en una profesión, organización o desempeñar un papel determinado en ellas".

La polisemia del término puede ser un indicador de la carencia de una teoría científica que defina el concepto de competencia y de sus relaciones con otros conceptos semánticamente próximos, como capacidad, aptitud, habilidad o destreza. De hecho, en muchos artículos sobre planificación y especialmente al tratar de la evaluación de la educación basada en competencias (que sería otra cuestión para tratar largo y tendido) se confunden con frecuencia estos conceptos.

La iniciativa gubernamental británica The New Training Initiative (1981) presentaba los objetivos de los títulos escoceses de FP en términos de competencias, pero se trataba de una acreditación y no de una formación. Se definía qué era lo que tenían que saber unos profesionales, p.ej. una peluquera (principalmente cortar el pelo, lavar, teñir, etc.) y luego mediante un examen (llevado a cabo en una situación casi real) se comprobaba si sabían hacerlo. No importaba cómo ni dónde lo habían aprendido, pero a los centros de Formación Profesional se les indicaba de forma precisa lo que tenían que enseñar y cómo evaluar las competencias.

En el caso de la enseñanza pre-universitaria (E.S.O. y Bachillerato) y en la universitaria los titulados no encuentran trabajo en una única profesión, sino en muy variadas ramas profesionales o industriales en función de su capacidad de transferir los conocimientos (incluso los especializados) a otros campos de formación, igualmente especializada. No debería pretenderse que el sistema de enseñanza produzca lo que la empresa necesita al nivel concreto de la ocupación. Se trata de que la función produzca a nivel más general y no solo en la escuela sino también en la práctica.

2. ¿QUÉ SABEMOS?

El enfoque por competencias aparece en los años veinte del siglo XX, cuando un movimiento llamado de "eficiencia social" propuso que los empleadores dijesen lo que necesitaban y que las escuelas se lo proporcionasen a los alumnos, como si de una cadena de aprovisionamiento de tiendas se tratase; la idea básica consiste en definir operativamente los empleos, en términos de comportamientos, seleccionar a los empleados en el mismo procedimiento y organizar la formación de modo que se asegure el logro (2).

La visión actual proviene de una iniciativa del Departamento de Educación de los EE.UU. (1968) para financiar diversos diseños para la formación de maestros bajo la condición de que se especificaran las "competencias o conductas" a aprender. Con las siglas C.B.E.T. (Competences Based Education and Training) hizo fortuna en la Vocational Training (nivel de la FP española) de los EE.UU y luego en el Reino Unido, en la época de Ms. Margaret Thatcher; poeteriormente se incorporó en otros países anglófonos como Australia y Nueva Zelanda (1989) y ha tenido algunas referencias también en el ámbito de las profesiones ligadas a la sanidad, aunque siempre ha sido cuestionada por diferentes razones. Algunas críticas han venido por su dependencia del conductismo (2); por la facilidad con que los centros de FP

cambiaban las directrices; por el alineamiento y subordinación a los intereses industriales, y por otras razones.

Como reacción, los defensores de la educación basada en competencias (CBET) propusieron enfoques más generales, que consideraban las competencias no como una serie de conductas a cumplir sino como un conjunto de conocimientos, actitudes, destrezas y habilidades que se desarrollan en el desempeño de la profesión, compatibles con unos enfoques más humanistas de la formación (3). Ahora bien, a finales del siglo XX los ideólogos del CBET pensaban en su posible aplicación en las cualificaciones profesionales, pero no en su implementación extensiva en la Universidad, dados los escasos éxitos prácticos conseguidos y la nula base teórica cognitiva (4).

Se puede argumentar que en España los principios inspiradores de los modelos educativos han estado alejados de la enseñanza anglosajona, encontrándose más próximos a los modelos franceses. Pues bien, según algunos autores (5, 6) el enfoque de las competencias aparece en los años 50 y 60 por la idea de adecuar la oferta de cualificaciones profesionales a las necesidades del sistema productivo; estas ideas posiblemente permean desde los países socialistas hacia los países de libre mercado (a través de los diferentes Planes de Desarrollo). El enfoque educativo pronto fue criticado debido a su excesiva rigidez, ya que los titulados de FP no deben saber solamente desarrollarse en un perfil competencial muy concreto y cerrado sino que deben ser capaces de desarrollarse en diferentes ramas industriales en virtud de su capacidad para aplicar los conocimientos adquiridos a nuevos ámbitos competenciales ya que las diferentes empresas no son parcelas cerradas y estancas. Se reconoce, por tanto, la dinámica industrial en contra de las necesidades inmediatas de las empresas y plantea la necesidad de una enseñanza del mismo tipo basada en una formación inicial que sirva como base para una "continuación a lo largo de toda la vida".

Otra fuente donde aparece el concepto de "competencias" es el asociado con los estudios de evaluación PISA de la OCDE (que involucra a más de 30 países y más de medio millón de alumnos). PISA entiende por "competencia" una combinación de conocimientos, actitudes y destrezas o habilidades y su concepto innovador estriba en "la capacidad de los alumnos para aplicar conocimientos y destrezas en materias clave (que en el caso de PISA elige, como es conocido, matemáticas, lectura y ciencias de la naturaleza) y para analizar, razonar y comunicarse de manera efectiva mientras plantean, resuelven e interpretan problemas en situaciones diversas (7).

Nótese que en esta innovadora proposición subyacen dos ideas que merecen destacarse. En primer lugar, en el proyecto PISA no se trata solamente de evaluar los aspectos curriculares y de conocimiento de los alumnos, sino comprobar si éstos son capaces de aplicarlos en situaciones nuevas. Es decir, no se trata de comprobar si han aprendido la mecanística de la suma sino de saber qué, cuándo y cómo deben utilizarla para saber los recursos globales en base a los parciales disponibles y entender el significado de una ordenanza de tráfico, y no solamente que debe ser capaz de identificarla y leerla.

El segundo aspecto innovador que subyace en PISA-2006 (7) es que el alumno debe ser capaz de analizar, razonar y comunicar. Éstas serían "competencias de tipo

genérico" que seguramente no se pueden enseñar, en el sentido cognitivo de los términos, sino que todo el mundo debería tener y que se va perfeccionando a lo largo de la vida.

En la primera edición de PISA el concepto de competencias es secundario, ya que enuncia que "*para poder juzgar la eficacia de los diferentes sistemas educativos la OCDE ha desarrollado una serie de indicadores de resultados escolares, especialmente conocimientos y destrezas (knowledge and skills...)*" (8).

Posteriormente, la referencia al término (competencia) se amplia al enunciar que "*(...) PISA 2000 intentará ir examinando competencias que trascienden los límites de las disciplinas, evaluando la motivación de los estudiantes (...) las actitudes hacia el aprendizaje (...)*", asuntos que parecen "a priori" difíciles de enseñar y de examinar.

Debería notarse que respecto a la discusión de las competencias, en los estudios PISA se queda en la evaluación, pero en ningún caso sugiere que se tome como base para una reforma de la enseñanza. Si competencia se identifica con una combinación de destrezas, conocimientos y actitudes que se aplica a situaciones reales (PISA), existe una gran semejanza con el enfoque de la enseñanza basada en competencias (CBET) que sería "*una combinación compleja de actitudes, destrezas y valores que se manifiesta en la realización de tareas*". En las Clasificaciones Ocupacionales de la O.I.T o del I.N.E. (9) se define el puesto de trabajo, profesión u ocupación, en términos de operaciones o tareas. Para realizar estas tareas se necesitan conocimientos y destrezas, que deben manifestarse de forma conjunta (preferentemente de forma sinérgica) y estos componentes dependen, lógicamente, de la dificultad del puesto de trabajo.

La consecuencia de ver la enseñanza desde la perspectiva de la competencia es que no es suficiente con comprobar que se tienen los conocimientos y las destrezas, sino que hay que valorar que se aplican a la ejecución de las tareas, y éstas no son únicas, sino polifacéticas (incluso en el trabajo más tayloriano), lo que hace que sea imposible llevar a cabo tal valoración.

Por otro lado, el enfoque (por competencias) no dice nada sobre cómo enseñar los conocimientos, ni sobre cómo desarrollar las actitudes o los valores, sino que se limita a establecer que "el objetivo es la operación conjunta en la práctica".

La aportación del informe sobre PISA 2006 (7) que introduce la necesidad de competencias generales (tales como razonar, analizar y comunicar) no hace sino oscurecer el contexto, ya que estas competencias no pueden evaluarse en situaciones reales: quizá podrían valorarse las capacidades de análisis, razonamiento y comunicación en las materias clave mientras se resuelven problemas en situaciones diversas. Son, por tanto, necesarios conocimientos sólidos y destrezas desarrolladas para dar contenidos a las competencias de razonar, analizar y comunicar (5).

En consecuencia, pueden distinguirse dos tipos de competencias diferentes. Por un lado las competencias específicas o particulares, que son una combinación de conocimientos, actitudes, destrezas o habilidades que deben manifestarse en la realización de tareas. La enseñanza y el entrenamiento a través de las prácticas profesionales subjetivas permiten su realización.

Por otro lado están las competencias generales, que son necesarias para un correcto desempeño de las competencias de tipo específico, y lo son tanto mas cuanto más compleja sea la profesión; no tienen definición operativa objetiva. Podría ser como la competencia lingüística, algo que no se puede enseñar ni aprender directamente, ya que hay infinitas formas de expresar las ideas que uno debe desarrollar y ejercitar, y que son perfectamente válidas.

Como ya se ha expresado, en España desde 2007 se ha impuesto por decreto la enseñanza basada en competencias, y no solo en FP sino en la propia Universidad. La "competencia" había sido considerada por Barnett, a nivel académico, como "*el dominio de una disciplina de conocimiento por parte del estudiante*", pero en la actualidad esta definición ha sido eclipsada por otra de carácter más operacional que enfatiza la utilización práctica (a nivel de trabajo en la empresa) de dichas competencias y su cuantificación y medición, en línea con otras visiones operacionales vigentes (que sitúan elementos como la habilidad, la técnica o la flexibilidad por encima de otras, como la capacidad crítica o la interdisciplinaridad).

Las competencias permiten, fundamentalmente, que el individuo que las posee sea capaz de ejecutar una acción concreta con unos estándares determinados, lo que le permite desarrollar una actividad, son susceptibles de transmisión por parte de las autoridades docentes, lo que permitiría contar con trabajadores bien formados. Su clasificación y medición serán así *tareas fundamentales, encargadas a diversos organismos institucionales independientes, con el fin de elaborar un catálogo de las mismas susceptible de ser utilizado por las Universidades… Las Universidades, por su parte, adaptarán sus Planes de Estudio y Métodos de Aprendizaje a dicho catálogo de competencias* (10).

Gracias a estos "organismos institucionales independientes" deberíamos disponer en España de un conjunto de "definiciones operacionales de las competencias de las profesiones". Este catálogo profesional no ha visto la luz y en aquellos casos en los que se ha hecho alguna propuesta ésta no ha tenido ningún éxito, incluso en profesiones claramente alineadas y definidas (11) (p.ej. Magisterio o Derecho), aunque se les han descrito un catálogo de "Objetivos" y sus correspondientes "competencias".

3. PERFILES DE CENTROS DE ENSEÑANZA

Tratemos de mirar el tema de la educación por competencias desde otro ángulo para ver si somos capaces de aportar más luz. Como ya se ha argumentado, las competencias van directamente ligadas a la capacidad de ejecutarlas en situaciones reales, es decir, que debe existir una particular imbricación en lo que se enseña y la aproximación a la realidad de lo enseñando. Dejando de lado que, bien sea por la crisis económica que estamos atravesando o simplemente por no habérselo planteado, no ha habido ningún movimiento de inversiones dirigido a mejorar talleres, laboratorios o aspectos prácticos de cualquier índole, el tratamiento que se hace por parte de los responsables educativos no distingue entre los perfiles de los diferentes centros de enseñanza, lo que es una sobresimplificación. Podemos distinguir tres tipos de centros de enseñanza en función de la relación entre la enseñanza y la práctica asociada.

El primer tipo, quizá podría estar representado por centros como las Autoescuelas o los Centros Militares de Instrucción de Reclutas (CIR), en los que no se espera una educación en el sentido tradicional del término. Los egresados se espera que sean capaces de ejecutar unas funciones cerradas y con poca capacidad de decisión personal.

El segundo tipo son aquellos centros en los que se deben enseñar tanto conocimientos teóricos como los prácticos de la profesión. Un buen ejemplo pueden ser las Facultades de Medicina (e incluso las Facultades de Bellas Artes). El conocimiento y el ejercicio se aprenden separadamente y se coordinan en el Plan de Estudios.

Los centros de tercer tipo son aquellos en los que se dan principalmente conocimientos teóricos (aún cuando se apoyen con prácticas). Pueden ser buenos representantes los Institutos de Bachillerato o la mayoría de las Facultades Universitarias y Escuelas de Ingeniería. En este tercer tipo de centro, la relación entre los conocimientos y la práctica varían mucho dependiendo de la titulación y el enfoque, pero es indudable que su carácter primordial es la enseñanza, y el ejercicio es posterior al conocimiento y tiene lugar en la vida real (generalmente fuera del ámbito universitario, una vez egresados).

El enfoque de las competencias, en sentido conductista, se puede adecuar solo a centros del primer tipo (e incluso no a todos los centros profesionales) particularmente las de perfil mas elemental, como es el caso de las autoescuelas.

Pues bien, de los tres tipos de centros está claro que la Universidad se identifica con los dos últimos. Las Escuelas que preparan para uno o varios perfiles profesionales podrían asociarse con los centros del segundo tipo y las Facultades, tanto de Ciencias (incluida Medicina, Veterinaria, Farmacia, etc.) como de Letras (Derecho, etc.) pertenecen al segundo tipo, en los que se enseñan conocimientos sin ocuparse de destrezas profesionales cuyo ejercicio dejan para la vida "real" posterior.

No debería inducir a error el estudio a través de las Prácticas de Laboratorio, que no son prácticas profesionales (solo podrían coincidir en aquellos casos en los que la profesión posterior sea la investigación). Ni siquiera las prácticas de Magisterio proveen de destrezas para ejercer la profesión de docente, las cuales se espera que se vayan adquiriendo a través de un Máster específico, que incluye la presencia en aulas. Y aun así en presencia de otro profesor-tutor, con lo que el carácter de "realidad" está ciertamente limitado.

El Real Decreto 1393/2007 probablemente confunde los centros universitarios asimilándolos a centros del primer tipo (formaciones profesionales de bajo nivel) y hace una afirmación final gratuita cuando dice*: "(...) La nueva organización de las enseñanzas (basada en la adquisición de competencias) incrementará la empleabilidad de los titulados (...)"*. Con los resultados hasta 2012, y probablemente en los sucesivos, acerca de la empleabilidad en España, es evidente que los legisladores han acertado plenamente en tan orientada opinión.

Esta disfunción se multiplica cuando se pretende, además, que se definan por competencias no solo los objetivos finales de la titulación, sino los de cada una de las materias.

La definición independiente de competencias de cada asignatura implica que cada una tiene finalidad en sí misma y supone que no hay una contribución al fin global de la titulación, a través del Plan de Estudios (no tiene carácter propedeútico) o bien que éste es la mera suma de asignaturas sin conceder ninguna sinergia.

Las diferentes autoridades del ámbito educativo (nacionales, autonómicas, rectorados de universidades públicas y privadas) han acometido una reforma muy ambiciosa al amparo del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), de forma que si el paradigma de la reforma universitaria de los años 70 en España era la "democratización de la Universidad" ahora la reforma importada de Europa estriba en poner la Universidad al servicio de la economía, desvistiéndola de los atributos que desde siempre la han enriquecido (el conocimiento, el saber pluridisciplinar, etc.). Por otro lado, resulta sorprendente que el EEES pretenda armonizar las enseñanzas entre diferentes países y está tan poco armonizada dentro del propio estado español.

No se ha entendido que la Universidad no es la Formación Profesional, probablemente la misión de la Universidad no es fabricar titulados "llave en mano" ya que ni el tejido industrial español lo demanda ni lo propicia (piénsese que hay menos del 5% de grandes industrias, excluidos los servicios). Tradicionalmente la Universidad española ha formado alumnos con conocimientos, destrezas y habilidades generalmente aplicables que en la vida profesional se pueden convertir en competencias funcionales.

A pesar de que se diga que se imparten conocimientos muy por encima de lo profesionalmente exigible o que los alumnos egresan sin formación práctica, el hecho cierto es que con esas "deficiencias" y con el aprendizaje en los puestos de trabajo se ha logrado un notable progreso, demostrable en los últimos 50 años. Por el momento, y aún es pronto para hacer un análisis con perspectiva, los exiguos logros que se han conseguido con las directrices de estos nuevos paladines de una reforma que dicen se adecua a unos requisitos reales (que ellos, seguramente, nunca han experimentado realmente), se cifran en muchas comunicaciones en reuniones, congresos y foros educativos, en los que se ratifica haber aumentado notablemente el número de alumnos aprobados y se recomienda que no se hagan exámenes o evaluaciones para evitar el desaliento.

REFERENCIAS

1. A. Valea, M.L. González, *Anuario Latinoamericano de Educación Química,* **2010-2011,** Vol. 25, 101-110.
2. T. Hyland, *The Challenge of Competence* (Eds. P. Hodkinson, M. Isett), Cassell, London, 1995, pp. 44-57.
3. S. Kerka, *Miths and Realities*, ACVE (1998).
4. T. Hyland, *Journal of Vocational Education and Training*, **2001**, Vol. 53, 3, 487-490.
5. G. Sala, J. Planas, *Sociología del Trabajo*, **2009**, Vol. 66, 31-46.
6. J. Planas, *IX Congreso Español de Sociología*, 2011.

7. OECD, *Informe PISA 2006. Competencias científicas para el mundo del mañana*. OCDE-Santillana, 2008.
8. OECD, *Knowledge and Skill for life. First results from the OECD programme for international student assessment* (PISA 2000), 2001.
9. I.N.E., *Clasificación Nacional de Ocupaciones*, Ed. M.E.H, 1968.
10. L.E. Alonso, C.J. Fernández, J.M. Nyssen, El debate sobre las competencias. http://www. aneca.es
11. ANECA. Libro Blanco. Grado de Magisterio. www.aneca.es
12. J. Carabaña, *Las diferencias entre regiones y países en las pruebas PISA*, Colegio Libre de Eméritos, 2008.
13. J. Carabaña, *Cuadernos de Información Económica*, **2006**, Vol. 190, 163-172.

EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS GENÉRICAS MEDIANTE RÚBRICAS: APLICACIÓN EN LA ASIGNATURA "BASES QUÍMICAS DEL MEDIO AMBIENTE"

Consuelo Escolástico León, Pilar Cabildo Miranda, Concepción López García
Departamento de Química Orgánica y Bio-Orgánica, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
cescolastico@ccia.uned.es

En la asignatura Bases Químicas del Medio Ambiente de formación básica de la titulación de Grado en Ciencias Ambientales, se han ensayado metodologías que facilitan el seguimiento del aprendizaje y la evaluación de las competencias adquiridas por los estudiantes. Para ello, se han diseñado y elaborado una serie de rúbricas con criterios definidos, que les permitirán adquirir habilidades y destrezas durante el desarrollo de las prácticas, y en la presentación del cuaderno de laboratorio. Asimismo el equipo docente podrá evaluar de forma más homogénea y transparente, y conocer las competencias genéricas más difíciles de alcanzar.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de evaluación constituyen un elemento imprescindible en la planificación y ejecución del proceso de enseñanza-aprendizaje. La evaluación de competencias, especialmente las genéricas, conlleva grandes dificultades, y uno de los grandes retos consiste en no sacarla fuera de este proceso, ni ponerla al final del mismo como una herramienta que solamente sirve para calificar. Se debe integrar, de modo que ayude también al estudiantado y al profesorado a aprender. La realización de protocolos o rúbricas y criterios de evaluación ayuda a alcanzar estos objetivos y, además permite que los estudiantes puedan llevar a cabo su propia autoevaluación (1).

Las rúbricas son instrumentos de medición en los cuales se establecen criterios y estándares por niveles, mediante la disposición de escalas, que permiten determinar la calidad de la ejecución de los estudiantes en unas tareas específicas (2). Su utilización supone determinar un conjunto de criterios concretos graduados que permiten realizar la evaluación del nivel de desempeño de competencias del estudiantado de forma objetiva (3). La elaboración de las rúbricas es un proceso en continuo movimiento y cambio, que se inicia con la descripción clara del modelo a evaluar, y la preparación de enunciados que se relacionen y se identifiquen como componentes cognitivos y de desempeño.

Las rúbricas se han clasificado en globales y analíticas (4). Las globales son las que permiten realizar una valoración general o de conjunto de un determinado aspecto y presentan solo descriptores correspondientes a niveles de logro globales. En cambio, las rúbricas analíticas son más complejas y definitivas para la evaluación, puesto que se deben definir cada uno de los criterios que se van a evaluar y determinar los descriptores para cada uno de los niveles.

En cualquier caso, el proceso de enseñanza aprendizaje mejora con la utilización de las rúbricas, al ser herramientas muy útiles para aumentar la capacidad autoevaluadora de los estudiantes, guiarlos en su aprendizaje y fomentar el trabajo colaborativo. Además establecen los criterios a seguir y posibilitan valorar las dificultades que se pueden encontrar (5).

Algunas de las principales ventajas del uso de las rúbricas son:

- Evaluación más objetiva, al estar los criterios de medición explicitados y conocidos con anterioridad por los estudiantes.
- Reducción al mínimo de la subjetividad de la evaluación.
- Permiten que el estudiantado conozca los objetivos de aprendizaje de un tema y cómo puede alcanzarlos.
- Proporcionan información sobre las fortalezas y debilidades en el proceso de aprendizaje.
- Aumentan la motivación y responsabilidad del estudiantado.

Sin embargo, para que las rúbricas sean efectivas deben explicitar previamente, de forma clara, los indicadores que se deben atender y sus niveles. Por tanto, la utilización de rúbricas donde se especifiquen claramente los criterios de evaluación puede contribuir no solo a la evaluación de dichas competencias genéricas sino también a mejorar el nivel de aprendizaje de los estudiantes.

Por otro lado, en asignaturas experimentales donde se llevan a cabo prácticas de laboratorio, los estudiantes deben elaborar y entregar una memoria de las mismas o cuaderno de laboratorio. Si se les proporcionan las rúbricas correspondientes, tanto para la realización de las prácticas como para la redacción de dicha memoria, desarrollarán una serie de habilidades y destrezas y alcanzarán una serie de competencias, que además les serán útiles en diferentes asignaturas.

2. OBJETIVOS

El objetivo general del trabajo es el diseño y elaboración de diferentes rúbricas que permitan la evaluación de la adquisición de competencias genéricas en las actividades prácticas de la asignatura Bases Químicas del Medio Ambiente. Además se pretenden alcanzar otros objetivos específicos como son:

1. Preparación de un conjunto de actividades docentes de evaluación, que con su validación pudieran dar lugar a un protocolo de adquisición de competencias y destrezas necesarias para la presentación correcta, y con un cierto nivel de excelencia, de la memoria de prácticas por parte de los estudiantes.

2. Sentar las bases para que las actividades propuestas tengan la continuidad necesaria en años posteriores, e implicación de las asignaturas de cursos superiores.

3. METODOLOGÍA DEL PLAN DE TRABAJO

En primer lugar se ha realizado un análisis de las competencias, tareas y sistema de evaluación de la asignatura. Posteriormente se ha elaborado un documento con las orientaciones para los profesores tutores encargados de llevar a cabo las prácticas de la

asignatura Bases Químicas del Medio Ambiente en los Centros Asociados de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) repartidos por toda la geografía española. En la tabla 1 se resume la información que se describe en dicho documento sobre la entrega del informe de prácticas, formato, plazos y criterios de evaluación.

Tabla 1. Información para la entrega de las actividades prácticas de la asignatura Bases Químicas del Medio Ambiente.

	1-4 Prácticas
Documento a entregar	Cuaderno de laboratorio. (1 cuadernillo por cada práctica)
Formato de presentación	En papel y según normas fijadas.
Plazo de entrega	Al finalizar cada sesión práctica.
Criterios de evaluación	Rúbrica aplicada por el profesor.
Información	El resultado de aplicar la rúbrica se devuelve al interesado.

Finalmente, en la elaboración de las rúbricas se ha empleado una escala descriptiva atendiendo a los criterios establecidos previamente, según un sistema de categorías en el que se recogen claramente los elementos susceptibles de ser evaluados y considerados de acuerdo a los objetivos formulados. Los diferentes niveles se han asociado con valores que van desde 4 (excelente) hasta 0 (deficiente).

Rúbrica 1. Criterios de calidad y puntuación de cada apartado para evaluar las entregas referentes a la presentación del cuaderno de laboratorio.

Rúbrica 2. Criterios de calidad y puntuación para evaluar el manejo de material, aparatos y reactivos en el laboratorio.

Rúbrica 3. Criterios de calidad y puntuación de cada apartado para evaluar las entregas referentes a cada práctica del cuaderno de laboratorio (un cuadernillo por práctica).

4. RESULTADOS

En el documento de orientaciones se han especificado todas las indicaciones que deben proporcionarse a los estudiantes y que se detallan a continuación en los diferentes apartados.

Recomendaciones generales

Antes del inicio de la realización de las prácticas el estudiante deberá leer con atención los guiones para comprender el objetivo de las prácticas a realizar, e informarse de las precauciones necesarias que ha de tomar en un laboratorio de química.

Realización de experimentos en el laboratorio. Tratamiento de datos y discusión de resultados

El estudiante deberá seguir todas las pautas que le indiquen en el laboratorio. En cada experimento deberá anotar los datos que va obteniendo y realizar los cálculos oportunos y hacer un análisis de los resultados.

Elaboración del cuaderno de laboratorio

Durante la realización de las prácticas el estudiante deberá anotar el procedimiento experimental y el desarrollo del proceso, y elaborar, al término del mismo, un cuaderno de laboratorio que consistirá en la elaboración de los siguientes apartados: Objetivo del experimento; Introducción teórica; Material y productos a utilizar; Desarrollo del experimento; Toma de datos; Cálculos y resultados; Resolución de los ejercicios.

La elaboración será individual y no debe ser una copia de los guiones, sino un trabajo personal. Una vez que se haya entregado el Cuaderno de Laboratorio se procederá a su corrección y será devuelto a los estudiantes.

Tabla 2. Rúbrica 1. Criterios de calidad y puntuación de cada apartado para evaluar las entregas referentes a la presentación del cuaderno de laboratorio.

Calidad	
4	La estructura es apropiada. Permite localizar muy bien las diferentes partes.
2	La estructura podría mejorarse. En algunos casos es complicado entender las ideas principales.
0	La estructura no es apropiada. Resulta difícil leer los términos y entender las ideas principales.
Claridad	
3	El cuaderno es claro y fácil de leer, no hay tachaduras.
1,5	Parte es difícil de leer, hay algunas tachaduras.
0	El cuaderno presenta un aspecto complejo, desordenado y difícil de leer.
Corrección sintáctica y ortográfica	
3	Se usa un lenguaje claro y adecuado. La construcción de las frases es correcta y no hay faltas de ortografía.
1,5	En algunos casos la construcción de las frases no es adecuada y se observa alguna falta de ortografía.
0	Las frases son confusas y se observan bastantes faltas de ortografía.

En el presente trabajo se han identificado y agrupado los elementos en diferentes rúbricas (tablas 2, 3 y 4) que permitirán evaluar de manera precisa la adquisición de competencias genéricas en la realización de las prácticas y en la elaboración de los cuadernos de laboratorio o informes de prácticas de la asignatura Bases Químicas del

Medio Ambiente del Grado en Ciencias Ambientales. Las competencias adquiridas por los estudiantes les permitirán desarrollar con mayor éxito la elaboración y presentación de otras memorias de distintas asignaturas a lo largo de la titulación.

Tabla 3. Rúbrica 2. Criterios de calidad y puntuación para evaluar el manejo de material, aparatos y reactivos en el laboratorio.

Actitud	
3	Siempre está atento a las indicaciones del Profesor Tutor. Lee con detenimiento los guiones de cada práctica antes de llevar a cabo el experimento. Revisa el material.
1,5	No pone mucha atención a las indicaciones del Profesor Tutor. Lee los guiones pero no lleva a cabo el experimento como allí se indica.
0	No atiende a las explicaciones del Profesor Tutor o si atiende no sigue las indicaciones. No lee los guiones antes de comenzar el experimento. No revisa el material. Todo lo hace sobre la marcha.
Manejo de material, aparatos y reactivos	
3	Utiliza el material, aparatos y reactivos con precaución. En todo momento guarda las medidas de seguridad. Utiliza el material y los aparatos correctamente.
1,5	No siempre utiliza el material, aparatos y reactivos con precaución. No guarda en todo momento las medidas de seguridad. No siempre utiliza el material, aparatos y reactivos correctamente.
0	Nunca utiliza el material, aparatos y reactivos con precaución ni correctamente.
Tiempo de realización de la práctica	
2	Se ajusta al tiempo establecido.
1	Utiliza casi el doble del tiempo establecido.
0	Sobrepasa más del doble del tiempo establecido.
Interdependencia positiva y exigibilidad individual	
2	Haciendo un trabajo en grupo ha participado activamente y rendido cuentas de su parte de trabajo. Ha sido colaborativo.
1	Haciendo un trabajo en grupo no ha participado muy activamente y no ha sido del todo colaborativo.
0	Haciendo un trabajo en grupo no ha participado activamente y no ha sido colaborativo.

5. CONCLUSIONES

Las rúbricas que evalúan las competencias posibilitan contrastar la autoevaluación de los propios estudiantes con la evaluación que realizan los profesores tutores y equipos docentes. Además, promueven el diálogo y la reflexión, plantean elementos en los avances relacionados con las competencias, posibilitan identificar las DAFO

(debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades), así como determinar los problemas que habría que superar o que requieren mayor atención.

Tabla 4. Rúbrica 3. Criterios de calidad y puntuación de cada apartado para evaluar las entregas referentes a cada práctica del cuaderno de laboratorio (un cuadernillo por práctica).

Contenido	
3	Ha contestado correctamente a todos los apartados del cuadernillo.
1,5	Ha contestado correctamente al 50% de los apartados del cuadernillo.
0	Ha contestado correctamente menos del 50% de los de los apartados del cuadernillo.
Adecuación del cuaderno	
3	El cuaderno es preciso, concreto y muy bien elaborado. Se ajusta a la información pedida por el Profesor Tutor.
1,5	La información del cuaderno es correcta solo para alguno de los ejemplos pedidos.
0	La información recogida en el cuaderno no se ajusta a lo solicitado por el Profesor Tutor.
Adecuación de cálculos y resultados	
3	Los cálculos y resultados han sido bien ejecutados.
1,5	Ha tenido algún fallo en la realización de los cálculos y resultados.
0	No ha presentado ningún cálculo ni resultado.
Adecuación en el tiempo	
1	El cuaderno se ha entregado en el plazo previsto.
0,5	El cuaderno se ha entregado con retraso, pero antes de la siguiente entrega.
0	El cuaderno se ha entregado junto con la entrega siguiente.

El modelo de evaluación propuesto servirá no solo para tener constancia de la adquisición de las competencias fijadas, sino también para facilitar y mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Con el procedimiento de enseñanza–aprendizaje y evaluación planteado, podrán desarrollar diversas competencias generales tales como la comunicación oral y escrita, organización y planificación, creatividad, liderazgo y trabajo en equipo, todas ellas incluidas en el título de la memoria del Grado en Ciencias Ambientales por la UNED. Además es trasladable a cualquier asignatura de los diferentes cursos del Grado en Ciencias Ambientales o de otras titulaciones.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha llevado a cabo en el marco del Proyecto de Innovación Docente titulado “Identificación y evaluación de competencias/destrezas genéricas para la correcta redacción de una memoria en el Grado en Ciencias Ambientales”, concedido en la V Convocatoria de Redes de investigación para la Innovación Docente:

desarrollo de proyectos piloto para la adaptación de la docencia al espacio europeo (curso 2010-11) y financiado por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

REFERENCIAS

1. C. Escolástico, P. Cabildo, R.M. Claramunt, J. Pérez, A. Almirall, M.C. Sanmartín, M.A. Vázquez, *Evaluación continua: autoevaluación formativa en los cursos virtuales.* UNED, Madrid (2009).
2. J.M Etxabe, K. Aranguren, D. Losada. *Revista de formación e innovación educativa Universitaria*, **2011**, Vol. 4, Nº 3, 156.
3. A. Blanco, *Las rúbricas: un instrumento útil para la evaluación de competencias,* Octaedro, Barcelona (2007).
4. A.C. Mertler, *Practical Assessment, Research & Evaluation*, **2001**, Vol. 7(25).
5. C. Iglesias, D. Palmero, J.M. Arroyo, J. Soler, F. González, L. Iglesias, M. Díaz, *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria,* **2010**, Vol. 3(3), 125.

TÉCNICAS DE APRENDIZAJE GRUPAL EN ÁMBITOS EDUCATIVOS

Ángel Valea Pérez, María Luz González Arce
Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente, Escuela de Ingeniería Técnica Industrial (Bilbao), Universidad del País Vasco - E.H.U.
iapvapea@lg.ehu.es

El exponencial crecimiento de la ciencia y la tecnología de los últimos cincuenta años ha hecho imposible abarcar no ya el conocimiento, sino una sola área del mismo, en consecuencia el trabajo en equipo se hace imprescindible. Sin embargo el ser humano no es un ser social, puede considerarse, en todo caso moderadamente sociable, lo que significa que para conseguir eficacia en el trabajo en equipo necesita preparación y entrenamiento. Las directrices del EEES reconocen esta competencia como objetivo que es necesario alcanzar y por tanto debe incluirse en el Plan Formativo universitario. En este trabajo se reflexiona sobre las diferentes Estrategias y Tácticas Educativas y se discuten los Factores de que puede depender una eficaz enseñanza participativa.

1. INTRODUCCION

En el ámbito del trabajo del profesorado la toma de decisiones de carácter curricular u organizativo, la búsqueda de soluciones a los problemas, la solución de conflictos y, en definitiva, el establecimiento de consensos nos lleva casi indefectiblemente al trabajo en equipo.

Para que se produzca una intensa participación en el trabajo cooperativo deben satisfacerse una serie de requisitos, entre los que cabe citar:

1.- Que el grupo esté formado por personas que tengan intereses comunes.
2.- Que dispongan de tiempo para dedicarlo a la búsqueda conjunta de soluciones.
3.- Que tengan voluntad de conseguir los fines que se plantean.
4.- Que los fines se integren en un proyecto común.
5.- Que sean dueños del proceso (es decir, conocedores del mismo) y que la actitud que adopten sea de respeto y tolerancia al pluralismo de ideas.
6.- Que se produzca un reparto de tareas para alcanzar los objetivos
7.- Que las decisiones se lleven a cabo con la colaboración de todos los miembros del grupo.

En el ámbito del profesorado, las capacidades para trabajar en equipo de una manera operativa y eficaz es una cuestión pendiente en la mayoría de los centros, unas veces motivado por la escasa formación en el modo de desarrollar tareas grupales, en otros casos por la falta de motivación por parte de quienes deberían pilotar el proceso, muchas veces carentes de toda capacidad de liderazgo y, en fin, la mayoría de las veces complicado con una falta de motivación material o intelectual.

El nuevo paradigma educativo establece que tanto los docentes como los alumnos son los que construyen el conocimiento, de forma que los alumnos desarrollan un

papel activo y el docente, al mismo tiempo que imparte conocimientos, es el encargado de desarrollar las competencias de tipo social o perieducativo. Esta forma de trabajo cooperativa origina unos vínculos entre profesores y alumnos y de éstos entre sí, en un ambiente de diversidad cultural tanto individual como social. De este modo la enseñanza es una aplicación compleja de modelos, teorías, prácticas y desarrollo de habilidades que requiere una considerable capacitación por parte del docente, que tiene que practicar una mejora continua de sus habilidades y procedimientos.

2. ESTRATEGIAS EDUCATIVAS

Dentro de la planificación educativa, independientemente de la materia a impartir, se establece una estrategia o mezcla de estrategias para llevar a cabo el desarrollo de las actividades con los alumnos. A continuación se describen sucintamente tres posibles estrategias: la individualista, la competitiva y la cooperativa, para que sirvan como indicadores de referencia.

2.1. Estrategia individualista

El progreso está basado en el propio rendimiento y en criterios personales. Se convive con otros compañeros, pero no se interactúa de forma regulada y frecuente con ellos.

Aunque deberíamos entrar en matizaciones, el progreso de cada alumno es independiente del número de alumnos, es un aprendizaje económicamente poco costoso ya que las infraestructuras necesarias son mínimas y los costes de mano de obra directa son exclusivamente los de los docentes.

Ciertamente deberíamos entrar en una escala de valoración, que no es el objetivo de este trabajo, ya que es posible mejorar esta estrategia empleando medios audiovisuales, T.I.C. etc. que no varían en lo sustancial la estrategia cambiando solamente la táctica educativa.

Los alumnos perciben que el cumplimiento de sus objetivos de aprendizaje no tiene elementos comunes con lo que hagan los demás compañeros.

2.2. Estrategia competitiva

El éxito del alumno está relacionado, en cierta medida, con el fracaso de otros compañeros, aceptándose implícitamente una dinámica olímpica, de ganadores y perdedores para evidenciar quién es el mejor. En este escenario competitivo los alumnos perciben que pueden alcanzar los objetivos, o al menos salir mejor parados, cuando el resto de sus compañeros no pueden alcanzar los propios, lo que ya de por sí tiene bastante de negativo. Esto puede justificar el elevado abandono que se produce en algunas asignaturas de los estudios universitarios, de forma que solo aquellos que se sienten capaces de superar a sus compañeros son los que trabajan duramente para alcanzar el éxito.

2.3. Estrategia participativa o cooperativa

En esta estrategia se planifican las tareas de forma que la cooperación es necesaria, es decir, no se puede materializar el trabajo si no es con la colaboración de todos. La idea es que los alumnos deben buscar resultados que resulten beneficiosos para el individuo, pero también para el resto de los miembros del grupo. Mediante esta estrategia, los alumnos sienten que pueden alcanzar los objetivos de aprendizaje siempre que los demás integrantes del grupo también lo hagan. Por otro lado, parece que el conocimiento es más próximo, al ser transmitido por un igual.

Un aspecto que deberá tenerse en cuenta son los criterios de calificación, ya que una calificación individual, mediante examen único tipo prueba no sería coherente con la filosofía del planteamiento, y una evaluación global del grupo puede que sea injusta con algunos de los componentes del grupo.

2.4. Estrategias mixtas

Dependiendo del tipo de materia o de la composición del grupo, puede ser necesario plantear una estrategia mixta compatibilizando las vías individual, competitiva y participativa. En este caso habrá que prestar especial atención a un adecuado balance en cuanto a los aspectos de la valoración para configurar la calificación final.

3. LAS TÁCTICAS EN LAS ESTRATEGIAS EDUCATIVAS

En esta estrategia es necesario formar grupos de trabajo que en función del tiempo de interacción y de las herramientas utilizadas en la misma, así como de la naturaleza de la misma, podemos denominarlos: grupos instantáneos, grupos formales y grupos cooperativos.

Los grupos instantáneos son grupos que se forman específicamente para una determinada función, de duración corta en el tiempo; una tarea de unos minutos de duración, ejemplificar un problema, centrar la atención de la clase como recurso pedagógico o para centrar el tema que será objeto de estudio, quizá también al inicio de la clase o de la actividad, para crear expectativas sobre el contenido o bien al final de la misma para resumir y destacar los aspectos más relevantes, a la vez que nos informan sobre el grado de atención y del procesado cognitivo de los alumnos.

En el caso de que los grupos instantáneos actúen como “motivadores” al inicio de una actividad, o bien como “resumen” de una clase directa, puede pensarse en una duración de no más de 5 minutos de tiempo total.

En el caso de que los grupos instantáneos actúen durante la exposición se puede plantear como discusión por parejas de estudiantes (técnicas de cuchicheo) de duración de unos 3-4 minutos en intervalos de unos 15-20 minutos con el fin de que los alumnos piensen activamente en la materia que se les está presentando. Claro está que es fácil que con unos alumnos poco motivados este tiempo se dedique a otros

fines; para evitarlo el profesor debe tener preparada una pregunta clave sobre la que se demanda respuesta.

Los grupos formales serían grupos más estables, cuyo trabajo se alarga durante períodos variables de tiempo que pueden durar hasta más de una semana. En estos grupos los alumnos trabajan conjuntamente para alcanzar los objetivos planificados, asegurando que todos los componentes, individual y colectivamente, alcanzan las tareas encomendadas.

La labor del profesor en este tipo de grupos es más crítica que en el caso de los grupos instantáneos, ya que el efecto multiplicador es mayor. Debe:

1.- Organizar la configuración de los grupos, de forma que el grupo sea realmente interdependiente.

2.- Definir los objetivos y el alcance de los mismos con claridad.

3.- Suministrar información y los materiales adecuados para garantizar el éxito, si las tareas se desarrollan como estaba previsto.

4.- Reservar el espacio físico, mesas, laboratorios, recursos informáticos, etc. apropiados para las tareas encomendadas.

5.- Supervisar la eficacia de los grupos de aprendizaje cooperativo, e interviniendo activamente en caso necesario, para ayudar en las tareas o mejorar las habilidades interpersonales de los alumnos.

6.- Organizar la presentación de las tareas del grupo a la totalidad de la clase, lo que significa la búsqueda de recursos, espacios, etc. necesarios.

7.- Evaluar los logros en el aprendizaje individual y colectivo. En este sentido será necesario hacer una revisión crítica de la eficacia y eficiencia con que ha funcionado el grupo y el método.

Los que hemos denominado grupos cooperativos, ya que se espera que todos tengan en común la cooperación entre los alumnos, se diferencian de los grupos anteriores en que la duración de estos grupos es más sostenida en el tiempo y, en consecuencia, se espera que tengan una mayor incidencia en lo personal.

Serían grupos que se mantienen a lo largo de todo el curso, con reuniones planificadas varias veces por semana. Se espera que los componentes del grupo se apoyen no solo en la materia, sino también en lo personal de forma que se pueda alcanzar un buen rendimiento escolar (asistencia a clase, resolver ejercicios propuestos a medio y largo plazo, etc.) y lo que es más difícil, en el plano de lo personal.

La configuración de los grupos cooperativos es una tarea difícil para el profesor que tiene un cuatrimestre para llevar a cabo los objetivos de una determinada materia. En este sentido sería necesario potenciar la labor del tutor.

Nuevamente cada uno de estos tipos de asociaciones grupales seguramente constituyen modelos límite de referencia y el docente debería combinar los tres tipos de grupo de forma que le permita presentar lecciones coherentes, en las que todas las actividades conduzcan a lograr los objetivos de aprendizaje comunes, además de posibilitar otro tipo de competencias de tipo psicosocial, cada vez más importantes en nuestros egresados.

4. FACTORES DE LOS QUE DEPENDE UNA EFICAZ ENSEÑANZA PARTICIPATIVA

Para lograr una acción participativa eficaz existe un cierto consenso entre los autores en los siguientes factores, que además deben encontrarse sistemáticamente incorporados a toda actividad:

1.- Interdependencia entre los miembros del grupo, en el sentido de que todos los estudiantes perciben que están vinculados entre sí, de forma que no es posible que un individuo logre el éxito si los demás no lo logran. En consecuencia es necesario el trabajo individual para que el grupo tenga éxito y a través de él es como obtendrá el individuo su éxito.

Evidentemente esta interdependencia necesita estructurarse y mantenerse. Para lograrlo es necesario:

a) Definir claramente los objetivos y el alcance de la tarea que debe realizar el grupo (el esfuerzo debe ser proporcionado).
b) Estructurar la interdependencia de los objetivos, de tal forma que sea evidente para todos los participantes que solo se pueden conseguir los objetivos de la tarea si cada uno de los miembros pone a disposición de los demás sus propios objetivos parciales.
c) Estructurar los elementos auxiliares como método para reforzar la interdependencia. Esto significa que se deben compartir los medios, materiales, informaciones (interdependencia en los medios). También la creación de una identidad conjunta tiene fuerza cohesiva (creación de un nombre o un logo del grupo refuerza la identidad del grupo). La complementariedad de las mini-tareas y trabajos conduce a reforzar la interdependencia.

La idea es que hay que crear un compromiso con el éxito de los otros compañeros y la convicción de que en él reside el propio éxito.

Un resultado innovador, con respecto a la enseñanza tradicional eminentemente individualista y competitiva, es que las personas se deben proporcionar ayuda, de forma que se produzca un intercambio de recursos (materiales, información, estímulo) para trabajar los objetivos comunes del grupo, que proporcione una mejor comprensión del problema y mejores conclusiones en la resolución del mismo a un costo más reducido a nivel somático.

2.- Responsabilidad personal para alcanzar los objetivos grupales, que se contrastará evaluando la labor de cada miembro del grupo en presencia del grupo. Se trata de que cada persona sea responsable de la parte de éxito que le corresponde. No es lícito que nadie pretenda atribuirse el éxito de otro miembro del grupo, ya que la comprensión tiene un límite, que cuando se supera acabará con el grupo.

Esta dinámica de evaluación individual en presencia del grupo pondrá de manifiesto si existe algún componente que requiere una atención o ayuda especial para llevar a cabo su parte de trabajo.

Bajo el punto de vista de la táctica, quizá es interesante comenzar con grupos pequeños con el fin de que la responsabilidad individual sea mayor en el grupo. Habrá que seguir (evaluar) la marcha del grupo atendiendo al trabajo individual, velando por

que el trabajo de comunicación cooperativa de cada uno de los miembros hacia los demás se realice con rigor científico y en el tiempo asignado. En estas tareas puede considerarse la posibilidad de que un alumno del grupo se encargue de estas funciones de control más mecánicas. En definitiva, se trata de que cada alumno sea capaz de autogestionarse (objetivo marcado por las competencias propias del EEES) a la vez que participar en una dinámica de trabajo en equipo.

3.- Habilidades interpersonales, aspecto importante y también objetivo a conseguir dentro de las directrices del EEES. Son las habilidades necesarias para participar en un equipo eficiente.

La adquisición de estas habilidades hace que el aprendizaje participativo o cooperativo tenga una dificultad adicional (y un valor añadido) con respecto al aprendizaje individual (o en el competitivo). Además de aprender los conocimientos propios de la materia y practicar los conocimientos del trabajo cooperativo, deben aprender también las complejas habilidades propias de las relaciones interpersonales. En concreto, deberán saber resolver conflictos, adquirirán capacidades directivas o de liderazgo, siempre dentro de un ambiente de confianza propio de la estrategia de aprendizaje, y además deberán hacerlo de una forma motivada y voluntaria.

Es evidente que estas habilidades exigen enseñanza y entrenamiento. El ser humano no es un ser social, en todo caso es moderadamente sociable, por lo que el docente tiene una labor formativa importante, casi la misma que le corresponde en cuanto al conocimiento de la materia que imparte.

4.- La evaluación del trabajo por parte del grupo. Como toda actividad desarrollada, al final de su consecución procede la valoración de las tareas realizadas y del grado de consecución de los objetivos previstos. Esta labor, independientemente de que la realice cada uno de los miembros del grupo, debe hacerla a quien se le ha encomendado, es decir al grupo.

El grupo reflexionará, en una sesión, sobre las tareas que resultaron útiles y las que exigen acciones de mejora, razonando cuáles son éstas y la forma mejor de implementarlas y los plazos de tiempo para hacerlo. En definitiva se trata de aplicar el ciclo PDCA de Shewart al desarrollo de la tarea encomendada. Dentro de este análisis debe prestarse especial importancia a los aspectos cooperativos y a las relaciones interpersonales, incluso aunque los resultados de la evaluación de los objetivos sean satisfactorios. Se trata de aplicar técnicas de mejora continua a las acciones del sistema de modo que se optimice en cada análisis.

En esta fase de análisis y valoración de las tareas realizadas deben evaluarse secuencialmente:

1.- La calidad de la interacción entre los componentes del grupo bajo el punto de vista del aprendizaje.

2.- Hay que evaluar cada etapa del proceso (o los procesos) mediante el cual el grupo ha hecho el trabajo. Esto exige definir y secuenciar claramente cada uno de los procesos, asignándoles los responsables.

3.- Hay que hacer el análisis formal de la calidad de las relaciones interpersonales, ver posibles satisfacciones e insatisfacciones en el plano afectivo-emocional.

4.- Hay que aplicar el ciclo PDCA o las técnicas de mejora continua, de forma que se fijen objetivos para aumentar la eficacia o la eficiencia. Debe destacarse que estos objetivos deben ser razonables y alcanzables, de lo contrario conducirán al desánimo por parte del grupo.

5.- Hay que evaluar la clase en su conjunto y bajo el punto de vista de la totalidad de las competencias.

En los sistemas de calidad, cuando se alcanza el éxito no debemos olvidar la necesidad de reconocimiento. En este sentido es recomendable encontrar el momento adecuado para el reconocimiento del grupo o de la totalidad de la clase, de forma que el alumno se sienta satisfecho de su trabajo cooperativo con los compañeros.

5. A MODO DE CONCLUSIÓN

Las ventajas de los métodos de aprendizaje cooperativo derivan de que:

a) Requieren escasas inversiones económicas de infraestructura, que en cualquier caso, son permanentes una vez implementadas.
b) Motivan los contenidos del programa docente al hacerlos más próximos a los alumnos que participan.
c) Son suficientemente flexibles como para poder aplicarlos a cualquier materia y casi cualquier nivel educativo.
d) Dotan al alumno de una serie de competencias interpersonales y sociales, difíciles de conseguir mediante otras estrategias educativas. Fomentan las actitudes directivas y de planificación que conducen a la toma de decisiones responsables.

Forzoso es reconocer las dificultades iniciales de implantación del sistema y también del mantenimiento del mismo, ya que se hace necesario actualizar de forma continuada todas las actividades individuales y grupales, si no se quiere que el sistema se auto-ahogue, como consecuencia de que el cumplimiento final de objetivos se reduzca a una mera copia del correspondiente al año precedente. Esto exige el trabajo con grupos reducidos y desde luego es difícilmente compatible con el nivel de exigencias en la gestión e investigación propio de la Universidad.

REFERENCIAS

1. D. Johnson, R. Johnson, E. Holubec, *El aprendizaje cooperativo en el aula*, Paidós, 1999.
2. D. Johnson, R. Johnson, E. Holubec, *Los nuevos círculos de aprendizaje*, Alexandría, VA. ASCD, 1995.
3. A. Ovejero, *El aprendizaje cooperativo. Una alternativa eficaz a la enseñanza tradicional*, PPU, Barcelona, 1990.
4. R. Slavin, *El aprendizaje cooperativo. Teoría, investigación y práctica*, Aiqué, Buenos Aires.
5. Universidad de British Columbia. Vancouver (Canadá).
http://www.ubc.ca/about/mission.html
6. Universidad de Minnesota, EE.UU. El Centro de Aprendizaje Cooperativo.

http://www.clcrc.com
7. K.A. Brufee, *Collaborative Learning: Higher Education, Interdependence and the Authority of knowledge,* John Hopkins University Press, Baltimore, 1995.
8. L. Villardón, *El aprendizaje cooperativo como estrategia didáctica para la innovación pedagógica,* III Symposium Iberoamericano de Docencia Universitaria. Universidad de Deusto (Bilbao), 2004.
9. M. Poblete, A. García Olalla, *Análisis y Evaluación del trabajo en equipo en alumnado universitario. Propuesta de un modelo de evaluación de desarrollo del equipo*, Universidad de Deusto (Bilbao), 2004.
10. M.J. Canós, (2004); *Trabajo en equipo como herramienta motivadora del estudiante. Una experiencia*, III Congreso Docencia Universitaria e Innovación. CD Girona; ICE`s de las Universidades Catalanas.
11. N. Hernández, *Aprendizaje colaborativo en la Universidad del siglo XXI: Una experiencia multidisciplinar en la Universidad de Oviedo*. III Congreso Docencia Universitaria e Innovación, ICE's de las Universidades Catalanas, 2004.
12. L. Daza, A. Coco, *Incorporación de estrategias didácticas centradas en el proceso de aprendizaje en grupos numerosos*, *Ibíd.*
13. M.M. Durán, *Aprendiendo a trabajar en equipo mediante la observación y el análisis del propio proceso grupal*, *Ibíd.*
14. A. Pérez-Poch, B. Ferrán, *Un modelo para aplicación sistemática de aprendizaje cooperativo*, Actas de VIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Univ. Extremadura, 2002, pp. 99-106.
15. J.A. Huertas, I. Montero, *La interacción en el aula. Aprender con los demás,* Paidós, 2001.
16. A. Pérez-Poch, Diseño y evaluación de nuevas asignaturas en la EUETIB con estrategias de aprendizaje cooperativo, III Congreso Docencia Universitaria e Innovación, ICE's de las Universidades Catalanas, 2004.
17. A. Valea, M.L. González, Un nuevo enfoque del aprendizaje en EEES, en *Aprendizaje Activo de la Física y la Química*, Ed. G. Pinto, E.T.S. de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2007), pp.167-175.

MÉTODOS DE APRENDIZAJE GRUPAL COOPERATIVO

Ángel Valea Pérez, María Luz González Arce
Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente, Escuela de Ingeniería Técnica Industrial (Bilbao), Universidad del País Vasco - E.H.U.
iapvapea@lg.ehu.es

Las directrices del Espacio Europeo de Educación Superior reconocen "la capacidad de trabajo en equipo" como una de las competencias generales que es necesario alcanzar y por tanto se la considera, bajo diferentes dimensiones, en los planes formativos, tanto en niveles pre-universitarios como en los universitarios. Llevar a cabo una pedagogía activa y una metodología de aprendizaje cooperativo en grupo exige un entrenamiento y una actuación en el aula. En el presente trabajo se discutirán algunos de los métodos que están siendo utilizados.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo discutiremos algunos de los métodos que están siendo utilizados en diferentes niveles educativos por ofrecer ventajas entre las que destacaríamos las siguientes: a) el bajo coste económico (especialmente importante en los actuales momentos de crisis económica), b) motivan y hacen interesantes los contenidos, al revestirlos de cierta informalidad (propia de la ciencia pero irreverentemente entendida por los estudiantes), c) permite fijar apriorísticamente los objetivos, d) son lo suficientemente flexibles como para poder encajar en casi cualquier proyecto curricular e ideológico del centro y, finalmente, e) permite aplicar un estilo personal tanto a profesores como a los alumnos, potenciando aspectos perieducativos nada desdeñables, tales como la responsabilidad, etc. Los principales métodos de aprendizaje grupal cooperativo son los siguientes:

1.- Rompecabezas (*Jigsaw*)
2.- Aprendiendo juntos (*learning together*)
3.- La investigación en grupo (*group investigation, GI*)
4.- Descubrimiento (*finding out*)
5.- Cooperación estructurada (*scripted cooperation*)
6.- Aprendizaje en equipo de estudiantes (*student team learning*, STL)

Para eliminar reticencias negativas a la participación, se debe comenzar por utilizar técnicas de trabajo en grupo, sencillas y de duración corta, para que los alumnos interaccionen y compartan ideas, antes de comenzar a aplicar las técnicas de aprendizaje grupal cooperativo.

2. DIALOGOS SIMULTÁNEOS

Esta técnica se denomina también "técnica del cuchicheo" ya que aprovecha una tendencia natural del ser humano "*a cuchichear*" cuando se escucha a una tercera persona (lo cual no suele percibirse como "de buena educación").

Para ponerla en práctica:

1.- Se descompone el grupo grande en subgrupos lo más pequeños posible, preferentemente en parejas, con su compañero más próximo.
2.- Se formula la pregunta sobre la que discutirán durante un tiempo prudencial (3-5 minutos). Se pueden hacer las preguntas secuenciadamente, dándoles tiempo para dialogar sobre cada una.
3.- Al final de cada período de cuchicheo se nombra a un secretario/a para que exponga las conclusiones a las que ha llegado la pareja.

Los objetivos de la técnica son:

a) Trasladar a los grupos que, aunque no estén entrenados en las técnicas grupales, éstas son útiles y divertidas en el aprendizaje.
b) Conocer los casi infinitos aspectos distintos del tema objeto de la pregunta propuesta en un período corto de tiempo por los diferentes grupos, dando la oportunidad de participación a todos los participantes.
c) Facilitar la implicación a los que normalmente permanecen callados en otras técnicas de reunión.
d) Propiciar la reflexión en un espacio corto de tiempo.

Las ventajas de la técnica son:

i) No requiere gran preparación. Únicamente que las preguntas formuladas deben planificarse adecuadamente para que sean de interés.
ii) Se pone en marcha rápidamente. Las instrucciones que se dan deben ser sencillas y durar el menor tiempo posible.
iii) Es un método de ambiente y procedimiento informal, lo cual suele percibirse como más asequible y fácil para participar.
iv) Los componentes no tienen necesidad de moverse de su sitio, basta con que hablen con el que tienen al lado.
v) Se puede aplicar a cualquier tipo y tamaño de grupo, aunque lógicamente si solo hay un profesor no debería superarse un tamaño de unos 30-40 alumnos.

3. PHILIPS 66

Se trata de una técnica de trabajo que consiste en dividir un grupo grande en unidades pequeñas con el propósito de facilitar la participación, el intercambio de opiniones y alcanzar unas conclusiones, todo ello en un ambiente no formal. El grupo grande se divide en subgrupos de 6 personas para discutir un tema durante 6 minutos y alcanzar una serie de conclusiones. Es evidente el nombre de la técnica. De los informes de todos los subgrupos se extraen luego las conclusiones. Los grupos pueden ser de menos de 6 personas, pero no de más de 6.

Para ponerla en práctica:

1.- El profesor/a explica la técnica, formula seguidamente la pregunta, dicta las normas de actuación.
2.- Los secretarios/as de cada grupo se reúnen, escriben sus informes en la pizarra o lugar visible, para que pueda hacerse un corolario final de conclusiones.
3.- Se analizan las conclusiones y se llevan a cabo las observaciones pertinentes.

Los objetivos son:

1.- Motivar la participación de todos los miembros del grupo.

2.- Ayudar a los alumnos a participar y hablar.

3.- Obtener diferentes puntos de vista sobre los problemas.

4.- Desarrollar las capacidades de síntesis y de concentración por parte de los alumnos y motivar la toma de decisiones sobre los problemas planteados.

4. EL MÉTODO NORTHEDGE

Para poner el método en práctica se deben seguir cuatro etapas en las cuales el número de sujetos participantes va aumentando.

1.- Se comienza por una fase de trabajo individual, de corta duración (puede ser 5 minutos), en la cual cada participante ha de responder a las siguientes cuestiones:

a) Recuerda de forma resumida lo que está en el tema o artículo.

b) Anota dos o tres de los puntos que te hayan resultado más difíciles de entender.

c) Anota dos o tres de los puntos que te hayan parecido los más interesantes.

d) Anota las reacciones generales que te ha provocado el estudio de este tema o artículo.

2.- Fase de trabajo por parejas durante 10 minutos, en la que deben realizarse las siguientes tareas:

a) Comparar las notas de cada uno.

b) Intentar (si se puede) aclarar mutuamente las dudas.

c) Redactar un listado de puntos que os gustaría discutir a los dos, estableciendo un orden de prioridades.

3.- Fase de trabajo en grupos pequeños de 5 miembros durante 45 minutos. Estos grupos se forman con individuos de diferentes parejas, de forma que las parejas no se encuentren en el mismo grupo. Las tareas a realizar ahora son:

a) Comparar las anotaciones de la fase anterior.

b) Decidir cuáles van a ser los puntos a discutir y en qué orden.

c) Discutir los puntos señalados.

d) Después de un tiempo prudente (puede ser 30-35 minutos), comenzar a preparar un informe que contenga los puntos más importantes que se han discutido, en el orden de prioridad establecido, y las conclusiones a las que se ha llegado.

4.- Reunión final de todos los componentes del grupo numeroso inicial y puesta en común de los puntos tratados y de las conclusiones alcanzadas, durante unos 10-15 minutos.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con esta técnica grupal son:

i) Lograr una participación de todos los componentes de un grupo numeroso a través de la participación en diferentes subgrupos.

ii) Obtener diferentes informaciones a partir de un gran número de participantes

iii) Propiciar el debate y la discusión en grupo.

iv) Posibilitar el desarrollo de estrategias cooperativas en el ámbito educativo

v) Afirmar la confianza en sí mismo de cada componente.

5. ROMPECABEZAS

En esta técnica de aprendizaje cooperativo, inicialmente diseñada por Elliot Aronson y col., los docentes deben preparar previamente los temas que han de aprender los alumnos de forma que se encuentren fragmentados como si fuesen piezas de un rompecabezas, pero cada pieza debe tener sentido en sí mismo (de forma aislada).

El profesor distribuye a los alumnos en grupos de seis, para trabajar el material académico que ha preparado en tantos trozos como personas tenga el grupo (y donde cada trozo debe poder comprenderse individualmente).

Dado que la única forma que tienen los estudiantes de aprender otros trozos que no sean los suyos es prestándoles atención a sus compañeros de equipo, estarán más motivados para atender a los otros y, a la vez, la responsabilidad individual de tener que enseñar al resto de sus compañeros debería motivar el trabajo individualizado.

Esta técnica tiene dos importantes características: primero, que ninguno de los alumnos queda fuera y, segundo, cada uno tiene una contribución individual que hacer, en la que es insustituible.

6. APRENDIENDO JUNTOS

Esta es una técnica nacida de la mano de los hermanos Johnson y colaboradores en el Centro de Aprendizaje Cooperativo de la Universidad de Minnesota, Minneápolis (EE.UU.). Consiste en:

1.- Seleccionar una lección o tema objeto del estudio y decidir qué material será más adecuado proporcionar a los alumnos para el estudio. El docente debe dejar claro cuál/es son los objetivos grupales a alcanzar.

2.- Disponer a los alumnos de forma que el profesor pueda acceder a todos los grupos.

3.- Trabajo en los grupos: discusiones, mapas conceptuales, etc. Los alumnos deben aprender métodos eficaces para trabajar juntos y discutir el funcionamiento para alcanzar los objetivos grupales establecidos.

4.- Supervisión por parte del docente del trabajo y del funcionamiento de los grupos, para poder intervenir cuando lo considere necesario.

5.- Cada grupo de alumnos entrega un solo trabajo y recibe una calificación por el mismo.

La calificación que obtiene el grupo es la media de las calificaciones individuales obtenidas por cada componente en el examen, más la nota grupal obtenida en el trabajo del grupo.

7. LA INVESTIGACIÓN GRUPAL

La investigación grupal es una técnica de aprendizaje cooperativo desarrollada inicialmente por Sharan y Sharan en la Universidad de Tel Aviv (Israel).

La investigación grupal resulta adecuada para proyectos de estudio integrados que se ocupen del aprendizaje, análisis y síntesis de información para resolver un problema multivariable. Por la propia estructura y discrecionalidad debería aplicarse solamente a cursos superiores. El docente selecciona un tema global y los alumnos lo desglosan en una serie de subtemas que surgen de sus propios conocimientos (y de sus intereses) y del intercambio de ideas con sus compañeros. Cada grupo subdivide el trabajo entre sus miembros de forma que el trabajo se convierta en tareas individuales que se investigan en el mayor número de fuentes posible (libros, artículos, personas, Internet, etc.), de modo que se aporten muchos puntos de vista sobre el problema en estudio. Luego los alumnos evalúan y sintetizan la información alcanzada para finalmente realizar un informe grupal, que debe someterse a evaluación por parte del grupo.

Este método de aprendizaje favorece el diálogo interpersonal y los aspectos afectivos, por lo que para implementar la técnica de investigación grupal es necesario realizar previamente un entrenamiento de estos caracteres afectivos y de diálogo que permitan establecer las normas de conducta cooperativa.

Los alumnos planifican las actividades a realizar y el docente puede realizar discusiones con grupos pequeños o con el propio grupo de clase, dependiendo del objetivo de la discusión.

La investigación grupal se resume por tanto en seis etapas sistemáticas:

1.- Selección o identificación del tema y organización de los alumnos en grupos de investigación.

2.- Planificación de las actividades de aprendizaje en grupos

3.- Realización de la investigación

4.- Preparación del Informe Final Grupal

5.- Presentación del Informe Final a la clase

6.- Evaluación del Proyecto de Investigación Grupal.

8. DESCUBRIMIENTO

Este método de aprendizaje cooperativo fue desarrollado por E. Cohen y col. en la Universidad de Stanford. Se trata de un programa de ciencias para la escuela primaria orientado hacia los descubrimientos y que implica a los alumnos organizados en grupos pequeños en actividades de ciencias destinadas a que descubran "por sí mismos" algunos importantes principios científicos. Los alumnos trabajan juntos sobre una serie de materiales de Descubrimiento que implican experimentos de luz, sonido, dinámica, hidráulica, electromagnetismo, etc. Además de aprender ciencias, los alumnos aplican habilidades matemáticas en situaciones reales (hacen gráficas, tablas de resultados, modelos elementales) y se implican en discusiones centradas en el tema, que ayudan a desarrollar habilidades lingüísticas y caracteres afectivos.

9. COOPERACION ESTRUCTURADA

Esta técnica fue desarrollada inicialmente por O´Donnell, Lambiotte y Dansereau y está basada en el laboratorio.

Sabido es que nuestros alumnos, por regla general, no procesan la información que se les suministra (por ejemplo en los trabajos de laboratorio) limitándose a ejecutar la "receta". Frecuentemente censuramos que sean incapaces de leer y entender los materiales, aunque realmente hacemos poco para corregir esta desviación.

La puesta en práctica de la técnica de cooperación estructurada comienza por la selección o diseño de un texto por parte del profesor, que lo divide en varias secciones (la complejidad del texto puede irse modulando a lo largo del curso). A partir de su entrega a cada pareja de alumnos, éstos siguen las siguientes etapas:

1.- Ambos compañeros leen la sección nº 1 del texto.
2.- El compañero nº 1 repite la información leída sin mirar el texto (con lo que está actuando como "aprendiz" de lo aprendido).
3.- El compañero nº 2, sin mirar el texto, actúa como "corrector".
4.- Ambos compañeros trabajan conjuntamente la información con el propósito de hacerla más comprensible y fácil de memorizar.
5.- Ambos compañeros leen la sección nº 2 del texto (repiten el paso equivalente al nº 1)
6.- Los dos compañeros se cambian los papeles de "aprendiz" y "corrector" para trabajar esta sección nº 2 del texto.
7.- Los compañeros 1 y 2 continúan con esta dinámica hasta que hayan completado todas las secciones del texto.
8.- Una vez completado el texto será necesario realizar algún tipo de control de lo aprendido.

10. APRENDIZAJE EN EQUIPO DE ESTUDIANTES

Este grupo de métodos de aprendizaje en equipo de estudiantes son técnicas de aprendizaje cooperativo desarrolladas e investigadas por Slavin et al., DeVries y Edward en la Universidad John Hopkins.

El método supone una serie de técnicas alternativas que ponen su objetivo en la consecución de metas grupales pero en las que el éxito grupal solo puede conseguirse si todos los miembros del grupo aprenden adecuadamente los materiales escolares y no solo por hacer las tareas. Slavin considera que hay dos condiciones esenciales para el logro de los objetivos, a saber:

1.- Responsabilidad individual. Debe entenderse que el éxito del equipo depende del aprendizaje individual de cada miembro.

2.- El equipo puede obtener el éxito (por ejemplo una determinada calificación) solo si supera ciertos criterios, y no compitiendo con otros equipos.

Dentro de este método hay diferentes técnicas, de las cuales elegiremos una (Equipos de Aprendizaje agrupados por el rendimiento) como más significativa e ilustrativa.

La Técnica de Aprendizaje en Equipo de Estudiantes Agrupados por el Rendimiento. Los estudiantes se distribuyen en grupos de cuatro o cinco miembros, heterogéneos a todos los niveles posibles. El profesor presenta el material académico dividido en temas y después los estudiantes trabajan en sus equipos para asegurarse de

que todos los miembros dominan el tema. Finalmente todos los alumnos se examinan individualmente de la lección, sin que puedan ser ayudados por sus compañeros.

Una vez concluido el examen el profesor compara la calificación obtenida en este examen por cada estudiante con las puntuaciones anteriores, y si iguala o supera la anterior se le asignan unos puntos. Estos puntos son los que se suman a los del equipo para formar la puntuación global, mediante la cual podrán o no aprobar.

Los componentes principales de la técnica son:

1.- Presentación de la actividad a la clase por parte del docente.
2.- Formación de los equipos para que estudien la actividad.
3.- Prueba individual de evaluación.
4.- Puntuación, según la superación individual y grupal.
5.- Valoración por equipos.

11. COMPARACION DE LOS METODOS DE APRENDIZAJE COOPERATIVO A MODO DE CONCLUSIÓN

Se pueden comparar basándose en los objetivos grupales, en la responsabilidad individual, competencia o no entre los equipos, libertad a la hora de seleccionar la materia objeto de estudio, etc.

La mayoría de los métodos utilizan los objetivos grupales para hacer calificaciones grupales, o bien consideran la responsabilidad individual de los miembros del equipo mediante una calificación individual que incide sobre la tarea grupal o mediante una puntuación si se ha superado un criterio preestablecido. La competencia de equipos y la adaptación a las necesidades individuales de los alumnos son características menos frecuentes en estos métodos.

A modo de conclusión, surge una nueva metodología de enseñanza para tratar de evitar la competitividad entre los alumnos, el carácter individualista de la enseñanza y los clásicos papeles de profesor-alumno, que se caracteriza por tratar de construir conjuntamente el conocimiento y fomentar las relaciones interpersonales. Para ello el docente y el alumno deben adoptar una posición diferente de la tradicional.

Los grupos en el aprendizaje cooperativo pueden ser de diferentes tipos y las actividades a desarrollar deben incorporar ciertos elementos característicos si se quiere que la enseñanza cooperativa sea eficaz. Es necesario, por tanto, trabajar de forma cooperativa, formando pequeños grupos y asegurándose de que todos los componentes dominan las materias asignadas.

REFERENCIAS

1. A. Aguado de Cea, L. Agulló, III Congreso Docencia Universitaria e Innovación, ICE's de las Universidades Catalanas, 2004.
2. R. Casanella, I. Fernández, F.J. Sánchez, *Ibíd.*
3. J. Jordana, *Ibíd.*
4. E. Sanabria, J.A. Conejero, S. Camp, III Congreso Docencia Universitaria e Innovación, ICE's de las Universidades Catalanas, 2004.

5. GIAC: http://giac.upc.es
6. D. Johnson, R. Johnson, E. Holubec, *El aprendizaje cooperativo en el aula*, Paidós, Barcelona, 1999.
7. D. Johnson, R. Johnson, E. Holubec, *Los nuevos círculos de aprendizaje*, VA. ASCD, 1995.
8. A. Ovejero, *El aprendizaje cooperativo. Una alternativa eficaz a la enseñanza tradicional*, PPU, Barcelona, 1990.
9. R. Slavin, *El aprendizaje cooperativo. Teoría, investigación y práctica*, Aiqué, Buenos Aires.
10. Universidad de British Columbia. Vancouver (Canadá).
http://www.ubc.ca/about/mission.html
11. Universidad de Minnesota, EE.UU. El Centro de Aprendizaje Cooperativo. http://www.clcrc.com
12. K.A. Brufee, *Collaborative Learning: Higher Education, Interdependence and the Authority of knowledge*", John Hopkins University Press, Baltimore, 1995.
13. L. Villardón, III Symposium Iberoamericano de Docencia Universitaria, Universidad de Deusto (Bilbao), 2004.
14. M. Poblete, A. García Olalla, *Análisis y Evaluación del trabajo en equipo en alumnado universitario. Propuesta de un modelo de evaluación de desarrollo del equipo*, Universidad de Deusto (Bilbao), 2004.
15. M.J. Canós, III Congreso Docencia Universitaria e Innovación, ICE's de las Universidades Catalanas, 2004.
16. A. Valea, M.L. González, en *Aprendizaje Activo de la Fisica y la Química*, Ed. G. Pinto, E.T.S. de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2007)
17. J.D. Novak, D.B. Gowin, *Aprendiendo a aprender*, Martínez-Roca, 1998.

¿CÓMO ENSEÑAR EXPLÍCITAMENTE TODOS LOS LENGUAJES DE LA QUÍMICA EN BACHILLERATO PARA PROMOVER UNA COMUNICACIÓN ACTIVA EN EL AULA?

Ricardo Manuel Antonio Estrada Ramírez, Luis Miguel Trejo Candelas
Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
rmaestrada@gmail.com, lmtrejoc@gmail.com

El manejo del lenguaje es un propósito a lograr para construir el aprendizaje de la ciencia. El lenguaje propio de la Química influye en el avance académico de los estudiantes de Educación Media Superior (EMS) en Ciencias Naturales. El trabajo aborda esta problemática educativa, centrándose en la particularidad de la Química que se enseña en este nivel educativo.

1. INTRODUCCIÓN

Quienes estén profesional y ocupacionalmente involucrados con tareas educativas y de investigación tienen la responsabilidad de cimentar y desarrollar la formación crítica de ellos mismos, de los educandos y de la sociedad en general. En relación con los y las jóvenes el objetivo final no puede ser la subordinación, sino conocer y entender sus demandas, prácticas y vida cotidiana con el fin de incorporar y fortalecer su capacidad de negociación con sistemas e instituciones.

Muchas veces se le pide al alumno que describa, plantee, justifique, argumente o elabore un informe. Sin embargo, como dice Lemke (1), para hablar sobre ciencia es necesario conocer tanto sus conceptos y teorías como las estructuras mediante las cuales se expresan las ideas científicas (las ideas químicas, en este caso). Hablar y escribir en lenguaje químico implica apropiarse de la formalización de la cultura científica propia de la Química. Uno de los objetivos de la clase de Química es enseñar a hablar y a escribir en el lenguaje químico, porque para poder aprender, los y las jóvenes necesitan expresarse "adecuadamente" para poder contrastar sus ideas con sus pares y profesores.

2. DESARROLLO

El conocimiento científico se expresa a través de la palabra que permite la comunicación de sus verdades provisionales. Ya sea entre especialistas o en situaciones de aprendizaje en el aula, la ciencia es un saber que se comunica de persona a persona (incluyendo los mecanismos, medios e instrumentos para ello). Los medios de comunicación de que disponen los seres humanos (por ejemplo, docentes y alumnos), sus conocimientos o saberes previos y el contexto o situación, determinan la forma y el contenido de los mensajes.

¿Se puede aprender ciencia sin el manejo del lenguaje técnico? Lenguaje y pensamiento se condicionan. El pensamiento influye en el lenguaje porque, para fijar un concepto, por ejemplo, es necesario su recorte a través de la delimitación de

estrictas definiciones y clasificaciones. El lenguaje influye porque condiciona al pensamiento, puesto que un término definido en forma inexacta o vaga puede dar idea de otro significado, lo que daña el rigor que debe existir en el aprendizaje de las ciencias, en relación (y a diferencia) con el sentido común.

El manejo del lenguaje y la comprensión de los conceptos es un objetivo importante para el aprendizaje de la ciencia porque es imposible aprenderla sin aprender e interpretar correctamente, a la vez, su discurso. Sin perder de vista que el lenguaje es tan poderoso que sirve para transmitir las ideas, ocultar las ideas y ocultar la ausencia de ideas.

Sanmartí, Izquierdo y García (2) defienden que el reto actual de la clase de ciencias no es tanto transmitir información sino cómo enseñar a utilizarla, a establecer relaciones entre informaciones aparentemente dispares, y especialmente a comunicar nuestras ideas e interpretar las expresadas por los demás. Las formas de explicar en el aula han sido analizadas desde el punto de vista de la teoría del discurso y de la comunicación con diferentes perspectivas en varias investigaciones (1).

Aunado a lo anterior, el papel de la evaluación en el proceso de aprendizaje ha sido revalorado en los últimos años desde su dimensión formativa, como un potentísimo instrumento para conocer las ideas de los estudiantes, planificar la acción en la resolución de una actividad, reflexionar sobre lo aprendido y autoevaluarse. La denominada autorregulación de los procesos de aprendizaje ha proporcionado una guía adecuada para enfocar los procesos de enseñanza y aprendizaje desde una perspectiva de atención a la diversidad, que busca implicar a los alumnos y permitirles avanzar a partir de su situación inicial.

En el contexto mexicano, la Subsecretaria de Educación Media Superior, de la Secretaría de Educación Pública, en el marco de las actividades del "Consejo Nacional de Autoridades Educativas" (CONAEDU) en la Educación Media Superior (EMS), abordó la nueva versión del perfil y las competencias genéricas de los egresados de la EMS. Dichas características se recopilan en la tabla 1.

En el México (y el mundo) de hoy, es indispensable que los jóvenes que cursan el bachillerato egresen con una serie de competencias que contribuyan a desarrollar su capacidad de desplegar su potencial, tanto para su desarrollo personal como parte de la sociedad. Tradicionalmente, el bachillerato en México ha tenido un enfoque predominantemente disciplinar. Las circunstancias del mundo actual demandan un enfoque más complejo en el que se evidencien los vínculos entre las asignaturas escolares y la vida real, centrado en el aprendizaje.

Empleando la información mostrada en la tabla 1, conviene hacer notar que la categoría 2 (*Se expresa y comunica*) está sombreada con la explícita intención de resaltar que hablar, leer y escribir, es decir, manejar un lenguaje, forma parte de las características que se pretenden en el perfil del egresado de EMS. Las llamadas competencias genéricas son transversales; no se restringen a un campo específico del saber ni del quehacer profesional y su desarrollo no se limita a un campo disciplinar, asignatura o módulo de estudios. La transversalidad se entiende como la pertinencia y exigencia de su desarrollo en todos los campos en los que se organice el plan de estudios. En este sentido, la enseñanza de la Química no puede ignorar la parte de

responsabilidad que le corresponde. Al investigar sobre las implicaciones en la enseñanza y aprendizaje del lenguaje de la Química, se incide de manera directa y particular en dicha pretensión social e institucional.

Tabla 1. El perfil y las competencias genéricas de los egresados de la Educación Media Superior (3).

Categorías	Competencias
1. Se autodetermina y cuida de sí	1. Se conoce y valora a sí mismo y aborda problemas y retos teniendo en cuenta los objetivos que persigue. 2. Es sensible al arte y participa en la apreciación e interpretación de sus expresiones en distintos géneros. 3. Elige y practica estilos de vida saludables.
2. Se expresa y comunica	4. Escucha, interpreta y emite mensajes pertinentes en distintos contextos mediante la utilización de medios, códigos y herramientas apropiados.
3. Piensa crítica y reflexivamente	5. Desarrolla innovaciones y propone soluciones a problemas a partir de métodos establecidos. 6. Sustenta una postura personal sobre temas de interés y relevancia general, considerando otros puntos de vista de manera crítica y reflexiva.
4. Aprende en forma autónoma	7. Aprende por iniciativa e interés propio a lo largo de la vida.
5. Trabaja en forma colaborativa	8. Participa y colabora de manera efectiva en equipos diversos.
6. Participa con responsabilidad en la sociedad	9. Participa con una conciencia cívica y ética en la vida de su comunidad, región, México y el mundo. 10. Mantiene una actitud respetuosa hacia la interculturalidad y la diversidad de creencias, valores, ideas y prácticas sociales. 11. Contribuye al desarrollo sustentable de manera crítica, con acciones responsables.

En este punto surgen las siguientes cuestiones: ¿Cuál es el lenguaje de la química? ¿Cuál creen los alumnos que es? Al enseñar química, ¿se enseña su lenguaje? ¿Puede el lenguaje de la química ser un instrumento de aprendizaje y autoevaluación? El presente trabajo tiene la intención de dar respuesta a dichos interrogantes.

Partimos de la siguiente hipótesis de trabajo: uno de los propósitos de la educación científica, y en particular de la educación química, es capacitar a los alumnos para el uso de un lenguaje particular de forma significativa y apropiada. Hacer explícita la enseñanza y el aprendizaje de dicho lenguaje específico contribuye a una mejor comprensión (y por ende, mejor evaluación) por parte de los estudiantes de Educación Media Superior.

3. CONCLUSIONES

1. El lenguaje de la Química va más allá de la nomenclatura de entidades químicas (las fórmulas). Hablar y escribir sobre química son procesos que incluyen el manejo de palabras, símbolos, imágenes; y es necesario conocer tanto sus conceptos y teorías, el "patrón temático," como las estructuras mediante las cuales se expresan las ideas químicas, el "patrón estructural". Las ideas de la Química se aprenden y se construyen expresándolas. El lenguaje químico tiene características específicas y su enseñanza y aprendizaje se puede comparar al de una lengua diferente de la propia.
2. El conocimiento y la investigación deben socializarse, abrirse a los pares, a la ciudadanía, ya que éstos son, o deben ser, los principales y verdaderos beneficiarios. Por este motivo, es imprescindible llevar a cabo esfuerzos de divulgación que, entre otras cosas, exploren vías de comunicación, cada vez más eficaces. La educación, en México, vive una circunstancia que demanda responsabilidad, compromiso y trabajo en equipo. Los involucrados en enseñanza e investigación dentro del nivel medio superior no deben eludir tal reto.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Nacional Autónoma de México por generar los espacios propicios para reflexionar, compartir y ejecutar ideas que decantan en una profesionalización de la práctica docente. De igual forma, agradecemos a todos aquellos colegas que nos honran con sus críticas, aportaciones, sugerencias y sobre todo amistad.

REFERENCIAS

1. J.L. Lemke, *Aprender a hablar ciencia*, Paidós, Madrid (1997).
2. N. Sanmartí, M. Izquierdo, P. García, *Cuadernos de Pedagogía*, **1999**, 281, 54.
3. *Competencias genéricas y el perfil del egresado de la Educación Media Superior* (2008). Documento elaborado por la Secretaría de Educación Pública de México. http://www.profordems.cfie.ipn.mx/profordems3ra/modulos/mod3/doc/lecturas/Competencias_genericas_y_el_perfil_del_egresado_de_la_EMS_.pdf

QUÍMICA EN EL GRADO EN BIOLOGÍA: NUEVAS ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE Y MEJORA DE LA IMAGEN DE LA RADIOQUÍMICA Y LA RADIOACTIVIDAD

Santiago Gómez Ruiz,[a] Carolina Vargas Fernández,[b] Isabel Sierra Alonso[a]
[a] Departamento de Química Inorgánica y Analítica, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad Rey Juan Carlos
[b] Departamento de Tecnología Química y Ambiental, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad Rey Juan Carlos
santiago.gomez@urjc.es

Se ha diseñado un conjunto de actividades en las que se muestra a los estudiantes de primer curso del Grado en Biología de la Universidad Rey Juan Carlos la gran cantidad de procesos que tienen que ver con la emisión de radiación o el uso de isótopos radioactivos en la detección y en la erradicación de algunas enfermedades letales, mostrando a los estudiantes que la radioquímica es una parte de la química que se encuentra al servicio del ser humano, ya que debido a las distintas catástrofes nucleares, la radioquímica y radioactividad tienen una imagen muy negativa, especialmente en estudiantes de ciencias biológicas o del medio ambiente.

1. INTRODUCCIÓN

Después de la firma del acuerdo de creación de un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) dentro de la enseñanza universitaria, el papel del trabajo individual y en grupo del alumno ha de enfatizarse y la nueva metodología educativa debe centrarse en el estudiante, adaptándose a las necesidades del mismo (1). En este sentido el desarrollo de nuevos métodos como el aprendizaje basado en problemas para la enseñanza-aprendizaje de materias principalmente experimentales como la química se hace esencial, especialmente en aquellos grados en los que esta materia es un complemento formativo de vital importancia (2).

Dentro de ese grupo de Grados en los que la química juega un papel complementario de alta importancia estaría incluido el Grado en Biología, que en la Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología de la Universidad Rey Juan Carlos se empezó a impartir en el curso 2009/10 y se encuentra ahora en tercer curso. Desde su creación, la asignatura de Química, que consta de 7,5 créditos ECTS y se imparte en el primer cuatrimestre de primer curso, ha sido impartida por profesores del Departamento de Química Inorgánica y Analítica y del Departamento de Tecnología Química y Ambiental.

La experiencia de nuestro grupo de investigación docente en el desarrollo de nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje nos ha llevado, desde hace más de cuatro años, al diseño de actividades más aplicadas a sucesos cotidianos relacionados con la Química. Por este motivo, se ha diseñado un conjunto de actividades en las que se muestra a los estudiantes de primer curso del Grado en Biología la gran cantidad de procesos que tienen que ver con la emisión de radiación o el uso de algunos isótopos

radioactivos en la detección y en la erradicación de algunas enfermedades letales, mostrando a los estudiantes que la radioquímica es una parte de la química que se encuentra al servicio del ser humano, ya que debido a las distintas catástrofes nucleares, la radioquímica y radioactividad tienen una imagen muy negativa, especialmente en estudiantes de ciencias biológicas o del medio ambiente.

En la experiencia que se presenta en esta comunicación, se ha utilizado también un sistema para el desarrollo-evaluación de algunas competencias genéricas y específicas en los estudiantes de esta asignatura. Así pues, la actividad llevada a cabo para el tema de Radioquímica y Radioactividad se diseñó uniendo las técnicas de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y Estudio Dirigido (ED).

Con esta actividad se han elaborado materiales para la puesta en marcha de nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje en esta asignatura con el fin de desarrollar principalmente la capacidad de resolución de problemas y la capacidad de trabajo en equipo, así como, en menor medida, la capacidad de gestión de información y la comunicación oral y escrita en castellano. Paralelamente, otras competencias específicas relacionadas con el conocimiento de la naturaleza de las reacciones nucleares y la estabilidad nuclear, el conocimiento de los procesos de radioactividad natural, fisión y fusión nuclear, la identificación de los distintos isótopos y partículas radioactivas, el conocimiento de los efectos biológicos de la radiación así como de las aplicaciones de los distintos isótopos radioactivos, y la identificación y dominio de los procesos de desintegración y su cinética han sido desarrolladas durante esta actividad, con lo que se ha requerido del repaso de conocimientos químicos previos relacionados con la estructura atómica y enlace químico, radioactividad e isótopos radioactivos, análisis y balanceo de ecuaciones, configuraciones electrónicas, estequiometría y reactividad química, cinética química y unidades de concentración y cálculos en las disoluciones, que han sido reforzados durante las distintas sesiones de la actividad propuesta.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esencialmente, el aprendizaje basado en problemas (ABP) se basa en la idea de que el estudiante aprende de un modo más eficaz cuando tiene la oportunidad de experimentar, probar o simplemente investigar la naturaleza de determinados hechos y actividades. Todos los problemas que se propongan han de basarse en situaciones reales, para posteriormente poder identificar qué es lo que hay que aprender y cuáles son los medios y recursos disponibles para la resolución del problema.

Normalmente, el grupo de trabajo se encarga de elaborar un plan de trabajo teniendo en cuenta sus necesidades de aprendizaje, experiencia y conocimientos previos. En el caso del ABP el aprendizaje se desarrolla en un periodo de tiempo relativamente largo, con sesiones fuera del horario docente, desarrollando de esta manera la capacidad de aprender a lo largo de toda su vida profesional.

Por otro lado, otra de las metodologías utilizadas para la mayor implicación y participación del alumno en el aprendizaje y en el desarrollo de competencias es el aprendizaje autónomo (3), que en nuestro caso se ha intentado combinar con el ABP

para la realización de un problema que a su vez ha servido como Guía de Estudio del tema en cuestión, para permitir al alumno conocer con detalle los objetivos de conocimiento y las competencias que se espera que adquiera cursando el tema.

La actividad abordó el Tema 2 "Radioquímica y radioactividad" del temario de Química General. En una fase inicial se establecieron 18 grupos de trabajo de cinco miembros a petición de los estudiantes y se mantuvieron durante todo el desarrollo de la actividad, que se dividió en diferentes sesiones tanto teóricas como prácticas, que fueron enfocadas hacia el manejo y asimilación de la información del tema con diferente nivel de dificultad y profundidad, intentando en cada caso que se desarrollaran principalmente las competencias "trabajo en equipo" y "resolución de problemas". La actividad en cuestión se detalla a continuación:

ACTIVIDAD SOBRE RADIOQUÍMICA Y RADIOACTIVIDAD. GRADO EN BIOLOGÍA, UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS

Objetivos

- Desarrollar la capacidad de análisis de situaciones reales.
- Buscar posibles soluciones a un problema mediante la aplicación razonada de los conocimientos.
- Aprender a trabajar en equipo, participando de manera activa, colaborando en la consecución de acuerdos y utilizando de manera constructiva los puntos de vista de los compañeros.

Introducción

La radioquímica es una de las partes de la química que, solo por su nombre y la mala fama que ha adquirido durante su desarrollo, asusta a todos los estudiantes de química. Sin embargo, es uno de los campos más útiles y que más avanza día a día dentro de la sociedad, debido a las múltiples aplicaciones que presenta en la vida cotidiana.

Las cuestiones que se plantean en este curso requieren del entendimiento y dominio de algunos conceptos previos como son:

a. Estructura atómica y enlace químico
b. Radioactividad e isótopos radioactivos
c. Análisis y balanceo de ecuaciones nucleares
d. Configuraciones electrónicas
e. Estequiometría y reactividad química
f. Cinética química
g. Unidades de concentración y cálculos en las disoluciones

Competencias generales y específicas a evaluar

Las competencias generales y específicas que se tratarán de desarrollar en los estudiantes durante el desarrollo de esta actividad grupal son:

- Capacidad de resolución de problemas
- Capacidad de trabajo en equipo

- Capacidad de gestión de información
- Comunicación oral y escrita en castellano
- Conocer la naturaleza de las reacciones nucleares y la estabilidad nuclear
- Conocer los procesos de radioactividad natural, fisión y fusión nuclear
- Saber identificar los distintos isótopos y partículas radioactivas
- Conocer los efectos biológicos de la radiación, así como las aplicaciones de los distintos isótopos radioactivos
- Saber identificar los procesos de desintegración y su cinética

Desarrollo de la Actividad

Radioactividad y radioquímica, no es tan fiero el león como lo pintan…

La radioactividad es el proceso por el cual los átomos emiten espontáneamente partículas de alta energía o rayos de sus núcleos. Debido a la alta energía de alguna de las partículas que se pueden desprender en esos procesos, la radioquímica siempre ha sido objeto de críticas por diversos estratos de la sociedad, incluso de algunos científicos.

Sin embargo, la gente no es consciente de la gran cantidad de procesos que tienen que ver con la emisión de radiación o uso de algunos isótopos radioactivos, que son muy útiles en la detección y en la erradicación de algunas enfermedades letales. Si no tenemos en cuenta la controversia en la producción de energía en las centrales nucleares mediante procesos de fusión nuclear, la radioquímica es una parte de la química que se encuentra al servicio del ser humano.

Por ello es necesario conocer, en primer lugar, algunos conceptos acerca de la radioquímica:

1. ¿Qué son las partículas alfa, beta y gamma?
2. ¿Qué se conoce como estabilidad nuclear? ¿Cómo son los diagramas que representan la relación entre los neutrones y protones de los isótopos estables, y de los no estables? ¿Qué es el cinturón de estabilidad?
3. ¿En qué consiste la energía de unión nuclear? ¿Podrías calcular la energía de unión nuclear por nucleón de $^{209}_{83}Bi$ sabiendo que su masa atómica es de 208,9804 uma?

La radioactividad natural de algunos elementos lleva a la emisión espontánea de partículas de radiación electromagnética de longitud de onda muy corta y muy energética. Prácticamente todos los procesos de desintegración radioactiva siguen cinéticas de primer orden.

4. ¿Qué son las cinéticas de primer orden? Determine la ecuación que siguen los procesos de desintegración radioactiva, y determine cómo se calcula y qué es la vida media de un isótopo.

Así pues, esta radiación puede tener algunos efectos biológicos negativos que ya se hicieron visibles en catástrofes como la de Chernobyl o tras el lanzamiento de la bomba atómica en Hiroshima durante la Segunda Guerra Mundial.

5. ¿Cuál es la unidad fundamental de radioactividad?, ¿a qué corresponde y de qué depende? ¿Cuál es la unidad fundamental de radiación absorbida? ¿De qué depende?

6. ¿Qué es un rad? ¿Qué es el RBE?
7. En la explosión de la bomba atómica de Hiroshima se verificaron las siguientes reacciones:
   a) $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{140}_{56}Ba + 3\ ^{1}_{0}n + X$
   b) $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{144}_{55}Cs + ^{90}_{37}Rb + 2\ X$
   c) $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{87}_{35}Br + 3\ ^{1}_{0}n + X$
   d) $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{160}_{62}Sm + ^{72}_{30}Zn + 4\ X$

   Determine X en cada reacción
8. En Chernobyl se vertieron 65 petabecquerelios de ^{137}Cs y aproximadamente 1920 petabecquerelios de ^{131}I. ¿Qué es un becquerelio? ¿Cuántos curios de ^{137}Cs y ^{131}I se vertieron en Chernobyl?
9. Determine y ajuste la reacción de desintegración de cada uno de los isótopos radioactivos vertidos por la central nuclear de Chernobyl en 1986 (^{137}Cs y ^{131}I).
10. ¿Por qué se utilizaron compuestos ricos en boro para intentar sofocar los efectos negativos de la radiación nuclear desprendida en Chernobyl? Explíquelo detalladamente, determinando incluso las posibles reacciones que se llevarían a cabo.

En parte por catástrofes como éstas, que por otro lado no han sido para nada numerosas, la radioquímica tiene una imagen muy negativa en la sociedad. Aunque el OIEA y el EURATOM tienen un control total sobre cada uno de los pasos que se dan en este aspecto en todo el mundo, los procesos asociados a la radioquímica tienen mucha repercusión mundial únicamente en lo negativo.

La parte positiva y menos conocida de la radioquímica se encuentra en la medicina, ya que la existencia de isótopos radioactivos es muy útil para la detección y tratamiento de diversas enfermedades. Probablemente el tratamiento más conocido en el que están implicados isótopos radioactivos es la radioterapia, aunque existen muchísimos más tratamientos o pruebas que implican isótopos como el ^{18}F (diagnóstico cerebral y óseo por imagen), ^{24}Na (monitorización de la circulación sanguínea), ^{32}P (localización de diversos tumores de difícil detección como los oculares), ^{43}K (tomografía miocárdica), ^{51}Cr (diagnóstico por imagen de componentes del sistema circulatorio), ^{60}Co (tratamiento contra el cáncer) y ^{125}I ó ^{131}I (diagnóstico por imagen de cerebro, tiroides, actividad tiroidea y función pancreática).

11. Determine y ajuste la reacción de desintegración de cada uno de los isótopos radioactivos usados en medicina y citados anteriormente. Cite los tiempos de vida media de todos ellos.
12. Sabiendo que el ^{24}Na es un emisor β que tiene una vida media de 14,8 horas, calcule cuántos núcleos de ^{24}Na restarán 29,6 horas después la inyección de $4{,}2 \cdot 10^{10}$ núcleos de ^{24}Na en un paciente de 80 kilogramos de peso. Si la dosis letal de ^{24}Na en un paciente es de $30 \cdot 10^{10}$ núcleos por kilogramo, calcule qué dosis máxima (en núcleos) se podría administrar a un paciente que pesara 60 kilogramos. Si los núcleos de ^{24}Na se administraran a partir de una disolución de $^{24}NaCl$ al 0,5% en peso, determine qué cantidad (en μL) de esta disolución se debería administrar al paciente en cuestión. Haga una gráfica en la que se

represente la cantidad de núcleos de ^{24}Na con respecto al tiempo. ¿Qué tipo de gráfica se obtiene?

En los Servicios de Medicina Nuclear se realizan multitud de pruebas diagnósticas siendo una de ellas la *gammagrafía ósea*, que adquiere un papel muy importante tanto por la gran demanda de esta prueba como por su sencillez en la realización y su alta sensibilidad. La gammagrafia ósea, a diferencia de las técnicas radiológicas convencionales, no solo ofrece una visión anatómica, sino que además añade una imagen funcional que nos da información sobre el metabolismo óseo. Además, esta técnica no se limita exclusivamente a una patología ósea maligna (tumores primarios o metástasis), sino que es muy útil para la mayoría de procesos osteoarticulares benignos. En el desarrollo de esta técnica se utiliza uno de los elementos radioactivos más conocidos como es el ^{99m}Tc. El paciente toma o se le inyecta una disolución que contiene algún compuesto con ^{99m}Tc antes de llevar a cabo la prueba.

13. Explique la reacción de obtención del isótopo ^{99m}Tc a partir del generador molibdeno-tecnecio y cómo es este. ¿Qué significa la m en el isótopo ^{99m}Tc?
14. ¿Qué tipo de compuestos de ^{99m}Tc se utilizan en las gammagrafías? Dibuje la estructura de algún compuesto utilizado en la gammagrafía.
15. Explique brevemente en qué consiste el mecanismo de captación de los compuestos de ^{99m}Tc en las gammagrafías óseas.
16. Detalle la dosis de ^{99m}Tc que se debe utilizar en un paciente, así como la dosis máxima posible para administrar a un paciente con peso normal (en Bq). ¿Cuál es la dosis recomendada en Ci/kg para realizar una gammagrafía en un paciente adulto?
17. ¿Cuál es la vida media del ^{99m}Tc? En un proceso de gammagrafía a un paciente de 70 kg de peso se le inyectan 20,0 mCi de ^{99m}Tc, el cuál se desintegra emitiendo fotones de rayos-γ con una vida media normal para ese isótopo. Dado que el RBE de estos fotones es de 0,98, y que solo dos tercios de los fotones son absorbidos por el cuerpo, calcule la dosis en rem recibida por el paciente, suponiendo que todos los núcleos de ^{99m}Tc se desintegran en el cuerpo. Tenga en cuenta que la energía de un fotón-γ es $2{,}29 \cdot 10^{-14}$ J.
18. Según los datos de la tabla 1 que tienen que ver con el decaimiento del isótopo ^{9m}Tc, determine la constante de velocidad de desintegración de primer orden, así como la vida media de la reacción. Haga una gráfica acorde con la cinética que presenta esta reacción.

Tabla 1. Cantidad de isótopo ^{99m}Tc con respecto al tiempo en la reacción de desintegración del mismo.

Tiempo (días)	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
Masa (g)	*500*	*389*	*303*	*236*	*184*	*143*	*112*

Según estos datos, determine la constante de velocidad de desintegración de primer orden, así como la vida media de la reacción. Haga una gráfica acorde con la cinética.

Por otro lado, uno de los tratamientos experimentales de tumores malignos que se encuentran en mayor desarrollo es la llamada terapia por captura neutrónica de boro (BNCT), que se aplica desde hace ya algunos años en el tratamiento de tumores cerebrales.

19. Explique, a grandes rasgos, en qué consiste la BNCT.
20. Si se parte de 0,123 moles de *orto*-carborano (una sustancia con fórmula molecular $C_2B_{10}H_{12}$) determine, ¿cuántos isótopos de metal alcalino se obtienen? ¿Qué es el *orto*-carborano y cómo es su estructura? Sabiendo que en ensayos de BNCT la dosis necesaria para reducir el tamaño de un tumor cerebral en 1 cm es de $1{,}2 \cdot 10^{15}$ núcleos de ^{10}B, determine cuántos centímetros se reduciría un tumor óseo partiendo de la cantidad anteriormente mencionada de *orto*-carborano.

Más allá de las aplicaciones médicas de la radioquímica, existen también algunas aplicaciones más cotidianas como la irradiación de alimentos, los cuales se someten a niveles altos de radiación para intentar matar tanto los insectos como las bacterias nocivas para la salud, para posteriormente empaquetarlos en recipientes herméticos que se pueden almacenar durante meses sin que se descompongan.

21. Si llegáramos a un restaurante y pidiéramos una ensalada fresca y una hamburguesa con queso, y el camarero nos preguntara si deseamos la ensalada preparada con hortalizas desinfectadas mediante sustancias químicas y la carne no tratada, o si preferimos la ensalada en la que las hortalizas hayan sido sometidas a irradiación-γ, al igual que la carne de la hamburguesa, ¿qué deberíamos hacer? ¿Qué ensalada y qué hamburguesa son más seguras de comer? Discuta por qué.
22. Con todos los datos que se han expuesto en el transcurso de esta actividad, y teniendo en cuenta todos los hechos acaecidos en la historia de la radioquímica en la humanidad, dé una respuesta consensuada por su grupo a la siguiente cuestión. ¿Cree que los procesos asociados a la radioquímica son peligrosos o sin embargo beneficiosos para la sociedad? ¿Prohibiría o limitaría el uso de isótopos radioactivos con fines distintos a la generación de energía? Indique ejemplos o argumentos que justifiquen su respuesta.

<u>*Sesiones de trabajo.*</u>

Sesión 1. Presentación del problema. Identificación de las necesidades de aprendizaje (1 hora en horario de clase)

Los profesores de la asignatura presentarán y entregarán el material necesario para resolver el problema a cada grupo de trabajo, a los cuáles se les asignará un nombre de un elemento radioactivo que tendrán que utilizar durante el desarrollo de esta actividad. Durante esta primera hora, el profesor explicará las distintas sesiones que se llevarán a cabo para el desarrollo de esta actividad y los baremos de evaluación de la misma.

Sesión 2. Identificación y estudio de las necesidades de aprendizaje (2 horas fuera del horario de clase)

De manera individualizada, el estudiante debe analizar el problema, reconocer las principales causas que lo originan y las consecuencias que derivan del mismo.

A continuación, el estudiante identificará tanto el conocimiento previo que posee acerca del problema planteado como las "lagunas" de aprendizaje que posee para poder abordar su resolución.

Por último, realizará la búsqueda de la información que necesita para cubrir esas lagunas de aprendizaje y la estudiará.

El plazo para abordar esta primera etapa es de una semana.

Sesión 3. Agrupación y puesta en común de todos los datos recopilados. Propuesta del plan de trabajo (1 hora en horario de clase)

Los grupos de trabajo de 5 estudiantes se sentarán juntos y, durante ese tiempo, se pondrán en común las consideraciones que cada uno en su fase de estudio individual ha realizado.

Se llegará a un acuerdo sobre cómo abordar la resolución del problema y se identificarán qué datos adicionales serían necesarios para poder resolver los problemas.

Finalmente, cada grupo elaborará un plan de trabajo para abordar la búsqueda de información y la resolución de los problemas. Una copia del plan de trabajo con el reparto de tareas será entregada al profesor.

Se fijará fecha y hora para una sesión de tutoría con el profesor en el plazo de una semana.

Sesión 4. Trabajo en equipo y sesión de tutoría (2 sesiones de 2 horas fuera del horario de clase y una sesión de tutorías acordada con el profesor, de media hora)

Cada grupo abordará el plan de trabajo elaborado y buscará una posible solución al problema planteado.

Cada grupo acudirá a la tutoría en la fecha y hora acordada con el profesor para plantearle todas las dudas surgidas así como la posible solución del problema. Tras la tutoría, cada grupo siguiendo las instrucciones y recomendaciones dadas por el profesor retomará la resolución del problema. Para esta fase cada grupo contará con el plazo de una semana.

Sesión 5. Entrega del informe y autoevaluación (sesión de 1 hora en horario de clase)

Cada grupo entregará al profesor un informe con las soluciones propuestas para los problemas o cuestiones 1–20.

Cada estudiante recibirá un cuestionario de autoevaluación respecto a su actividad en relación a la resolución del problema planteado, otorgándose una nota global. Esto se hará de forma individual.

A continuación, cada grupo se reunirá y cada miembro discutirá la calificación que se ha otorgado con el resto del grupo. La calificación final será modificada, tras llegar a un consenso con el resto de los compañeros.

Sesión 6. Exposición y debate (sesión de 3 horas en horario de clase)

Un portavoz de cada grupo, elegido por el profesor, expondrá al gran grupo la solución planteada por su grupo de trabajo referente a las cuestiones 21 y 22 del problema principal (2 o 3 transparencias, máximo 5 minutos).

Tras la exposición de todos los grupos, se abrirá un turno de preguntas u opiniones en el que todos los estudiantes podrán intervenir libremente. El profesor corregirá las aportaciones al debate si fuera necesario.

Evaluación

Esta actividad se evaluará mediante técnicas de observación, mediante la corrección de la resolución de las cuestiones propuestas, los informes presentados y los cuestionarios de autoevaluación y evaluación por compañeros. Para la calificación se tendrá en cuenta el grado de consecución de las competencias genéricas y específicas indicadas en la guía docente de la asignatura, valorándose tanto el trabajo en grupo como el trabajo individual.

En relación al trabajo en grupo se valorará especialmente:

- El plan de trabajo para la recogida de información y el cumplimiento del mismo
- La calidad de la información recogida
- El informe escrito con la solución a las cuestiones 1–20
- La defensa y exposición en público de los argumentos para las cuestiones 21 y 22

En relación al trabajo individual se valorará especialmente:

- El comportamiento de cada estudiante en relación al trabajo en equipo realizado que será evaluado tanto por el profesor, como por el propio estudiante (autoevaluación) y como por el resto de sus compañeros de grupo.

En términos numéricos, esta actividad tiene un valor de un 20% de la asignatura de Química. De este 20%, un 10% corresponderá a la evaluación del profesor, autoevaluación y evaluación de los compañeros, y el otro 10% a la evaluación del informe y de la exposición y debate.

Del 10% de la evaluación del profesor, autoevaluación y evaluación de compañeros:

- 7% Evaluación del profesor (evaluación de competencias, mediante técnicas de observación).
- 3% Autoevaluación y evaluación de compañeros.

Del 10% Informe grupal y exposición:

- 8% Informe grupal de las cuestiones 1–20.
- 2% Exposición y debate de las cuestiones 21 y 22.

3. CONCLUSIONES

Esta actividad, además de intentar desarrollar las competencias genéricas de trabajo en equipo y resolución de problemas utilizando métodos parecidos a los propuestos por nuestro grupo en trabajos anteriores, utilizando distintos niveles de consecución de las competencias en cuestión con indicadores y descriptores para los mismos (4), ha conseguido mejorar el interés y la motivación de los estudiantes de Biología para la Química. Este aumento de la motivación por la química se ha reflejado en las encuestas realizadas después de la actividad, ya que a la afirmación:

"La actividad llevada a cabo ha despertado mi interés sobre la química" el 76% de los estudiantes contestó que estaban completamente de acuerdo, mientras que el 15% se mostró de acuerdo, existiendo solo un 9% que se mostraba indeciso ante esta afirmación.

Por otro lado, a la pregunta "¿Piensas que la radioquímica es beneficiosa para tu vida?", el 87% piensa que es beneficiosa o muy beneficiosa, mientras que solo el 13% o no sabe o piensa que es perjudicial para su vida, lo cual supone una mejora sustancial de los resultados que se recogieron haciendo a los estudiantes la misma pregunta antes de llevar a cabo esta actividad, cuando se observó que solo el 21% de los estudiantes pensaban que era beneficiosa o muy beneficiosa, mientras que el porcentaje de aquellos que no sabían o pensaban que era perjudicial o muy perjudicial era el 51%.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a Ministerio Educación por la financiación del trabajo, a través de los proyectos *Desarrollo compartido de competencias en los títulos de Grado y herramientas para la mejora de la calidad en el proceso de evaluación* y *Análisis de las iniciativas y apoyo institucional a la coordinación docente en las universidades españolas. Propuestas para la mejora de la calidad docente en el marco del EEES* del programa de estudios y análisis 2010 y 2011.

REFERENCIAS

1. J. B. Biggs, *Calidad del aprendizaje universitario,* Narcea, Madrid (2006).
2. A. Escribano, A. del Valle, *El aprendizaje basado en problemas: una propuesta metodológica en educación superior,* Narcea, Madrid (2008).
3. M. Poblete, A. Villa, *Aprendizaje Basado en Competencias. Una propuesta para la evaluación de competencias genéricas,* Mensajero, Bilbao (2007).
4. I. Sierra, S. Gómez-Ruiz, D. Pérez-Quintanilla, S. Morante, *Análisis instrumental. Algunas herramientas de enseñanza-aprendizaje adaptadas al Espacio Europeo de Educación Superior,* Netbiblo, A Coruña (2010).

UNA EXPERIENCIA DE CINE (COLABORACIÓN, INTEGRACIÓN, NIVELACIÓN, ÉXITO)

Rosario Torralba Marco, Rosa Domínguez Gómez,
María de los Ángeles Quijano Nieto, María del Carmen Heredia Molinero
Grupo de Innovación Educativa: ATANI
Departamento de Ingeniería Civil, Tecnología Hidráulica y Energética
Universidad Politécnica de Madrid
rosario.torralba@upm.es; rosa.dominguez@upm.es

Se ha utilizado la herramienta del trabajo en grupo como una actividad para la nivelación de conocimientos básicos, necesarios para abordar la asignatura Química de Materiales en la titulación de Grado en Ingeniería Civil, impartida en la EUIT de Obras Públicas de la Universidad Politécnica de Madrid. Con esta experiencia se ha conseguido que los alumnos con más conocimientos de química se impliquen en el aprendizaje de sus compañeros. Así mismo, se ha logrado integrar, desde el comienzo de la asignatura, a los alumnos con dificultades de relación y, como consecuencia, no del todo incluidos en el conjunto de la clase.

1. INTRODUCCIÓN

La implantación de los Títulos de Grado en las universidades españolas ha ocasionado una modificación importante en los Planes de Estudios. Concretamente en nuestro caso, ha supuesto pasar de una asignatura de curso completo a una asignatura de segundo semestre.

Ante esta situación, el equipo de profesores ha desarrollado una nueva estructura de esta materia básica, de acuerdo con esta reducción tan importante de tiempo, de tal manera que, pese a ello, nuestros alumnos adquieran los conocimientos mínimos necesarios para el aprendizaje y entendimiento de la Química y de otras materias incluidas en la titulación.

Por otra parte, desde hace años venimos observando que un gran número de alumnos que acceden a las titulaciones técnicas no consideran la Química como materia necesaria para sus estudios, por lo que no la eligen en segundo de Bachillerato. Esto trae como consecuencia una gran brecha entre el punto de partida de nuestro temario y el nivel real con el que acceden los alumnos a la asignatura de Química de Materiales de primer curso.

El sistema del EEES no puede limitarse a una simple trasmisión y aprendizaje de conocimientos sino que los alumnos también deben adquirir competencias de tipo transversal. En esta línea, se han planteado dos experiencias de trabajos en grupo y colaborativos durante los cursos 2010/2011 y 2011/2012.

También se ha planteado como objetivo la integración de alumnos con mayores dificultades de relación dentro del grupo de la clase (1, 2).

2. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

El equipo docente de la asignatura de Química de Materiales de la E.U.I.T. de Obras Públicas de la UPM ha incluido en la planificación docente de la asignatura la realización de dos trabajos en grupo (TG1 y TG2), en los cursos 2010/11 y 2011/12.

Durante el curso académico 2010/11, para el primer trabajo (TG1) se preparó un cuadernillo con un índice de contenidos que los alumnos debían estudiar y con ejercicios que debían resolver. La primera semana de clase se informó a los alumnos de este primer trabajo colaborativo, con una duración de cuatro semanas y dividido en dos partes. Se organizaron los grupos de trabajo con un mínimo de tres y un máximo de cinco alumnos, en los que al menos un alumno hubiera cursado la asignatura de Química en segundo de Bachillerato.

Cada parte del trabajo debía entregarse en la fecha establecida para su corrección por el profesor. El resultado de las dos correcciones supuso el 50% de la nota del trabajo, común a todos los miembros del grupo.

Posteriormente se hizo a todos los alumnos una prueba escrita, cuya nota individual representaba el otro 50% de la nota final de dicho trabajo.

El segundo trabajo (TG2) consistió en el desarrollo y exposición de un tema elegido por los alumnos entre una lista propuesta por la Unidad Docente, no incluido en el temario de la asignatura pero relacionado con los temas impartidos y con las aplicaciones de la Química en el campo de la Ingeniería Civil. El trabajo debía ser desarrollado por el grupo de alumnos tutelado por el profesor, desde finales de marzo hasta primeros de mayo, cuando debían entregar un resumen elaborado en formato electrónico. El profesor subió estos resúmenes a la plataforma Moodle, a fin de que el resto de alumnos pudieran disponer de la información de los temas que se iban a exponer y preparar preguntas relacionadas con los mismos, que se formularon después de cada exposición en clase. Se reservaron los últimos días lectivos para la exposición de los trabajos. La selección del alumno que realizaba la exposición se llevó a cabo mediante sorteo, realizado el mismo día de la presentación. De este modo, se pretendió que todos los alumnos prepararan la exposición del tema. Tras la presentación, las preguntas seleccionadas podían ser contestadas por cualquier componente del grupo. Esto permitió evaluar el nivel de conocimientos adquiridos por todos los integrantes del grupo. Los alumnos valoraron y puntuaron los trabajos presentados por sus compañeros, lo que representó el 30% de la nota del trabajo, mientras que la evaluación del profesor constituyó el 70% restante. En ambos casos, para la calificación de los trabajos se consideraron tres factores: el contenido del trabajo, la exposición en clase y las respuestas a las preguntas planteadas.

Durante el curso académico 2011/12 se ha repetido la experiencia del trabajo colaborativo, dado el buen resultado de la misma, si bien introduciendo algunas modificaciones.

En este caso, se han propuesto dos trabajos colaborativos (TG1 y TG2) para realizarlos de forma consecutiva en las primeras semanas en las que se imparte la asignatura. El modelo utilizado ha sido trabajar en grupos conceptos de Química

general dirigidos por el profesor y con apoyo del material elaborado y proporcionado por el equipo docente. Cada trabajo se ha desarrollado durante tres semanas, realizando seminarios, moderados por el profesor, en los que se resolvían las dudas y se corregían los ejercicios propuestos, cuyo número ha sido muy superior al del curso anterior. Al finalizar cada periodo de tres semanas se ha realizado una prueba individual escrita.

En la valoración de los dos trabajos se han considerado dos partes, cada una con un peso del 50%. Una parte ha sido común para todos los miembros del grupo, en la que se ha considerado: la participación espontánea, las respuestas a preguntas formuladas por el profesor a algún miembro del grupo, la corrección del trabajo entregado al profesor… La otra parte ha consistido en una prueba escrita individual.

En este caso, la corrección del trabajo entregado al profesor ha supuesto comprobar que los alumnos habían realizado y corregido los ejercicios resueltos en los seminarios antes mencionados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 muestra los resultados obtenidos, en términos de porcentaje de alumnos, en la evaluación de los trabajos en grupo (TG1 y TG2) en los dos cursos académicos 2010/11 y 2011/12. Estos porcentajes se han calculado sobre un total de alumnos de 340 y 303, para los cursos antes mencionados, respectivamente.

Los resultados del TG1 muestran un porcentaje de aprobados en torno al 80%, a pesar de que solo un 30% de los alumnos manifestaron haber cursado Química en segundo de Bachillerato. Esto ha supuesto una considerable mejora frente a los resultados obtenidos en la evaluación de estos conocimientos fundamentales en los cursos previos a la implantación de las enseñanzas de grado, que correspondían al primer parcial de la asignatura y donde los aprobados no superaban generalmente el 40%.

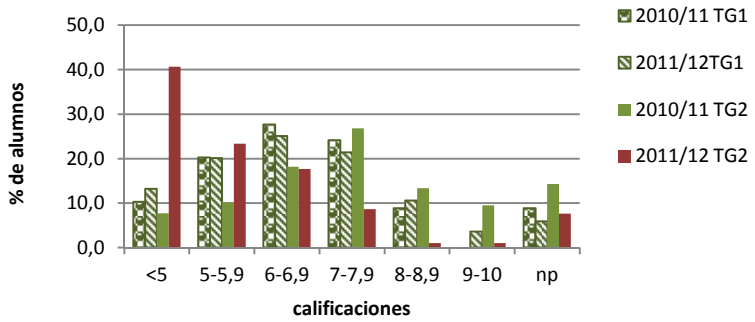


Figura 1. Calificaciones obtenidas en los trabajos en grupo TG1 y TG2, en porcentaje de alumnos, en la asignatura de Química de Materiales de la EUITOP durante los cursos académicos 2010/11 y 2011/12.

Las mejoras conseguidas pueden ser atribuidas a distintos factores. Por un lado la realización de trabajos en grupo obliga a los alumnos a no demorar el estudio a los últimos días previos al examen, al tener que discutir y resolver los conceptos y problemas en clase, así como a cumplir con las fechas establecidas para la presentación de los trabajos. Los alumnos se ven más comprometidos en la tarea dado que su esfuerzo contribuye a la nota común de grupo. Consideramos que los alumnos se atreven más fácilmente a preguntar a sus compañeros que a un profesor nuevo y todavía desconocido para ellos. Además, con esta experiencia se han obtenido resultados muy positivos en la integración de alumnos con dificultades en el aprendizaje y/o en su relación con el resto de sus compañeros. Por otro lado, el implicar a los alumnos con mayores conocimientos y capacidades en el aprendizaje de sus compañeros ha supuesto que la mayoría adquieran los conocimientos mínimos necesarios para la consecución de los objetivos, planteados al inicio del curso en la guía de aprendizaje de la asignatura.

En relación a los resultados obtenidos en la evaluación del segundo trabajo (TG2), las diferencias observadas en ambos cursos académicos son notables, si bien hay que considerar que no corresponden al mismo modelo de trabajo.

En el curso 2010/11 obtuvieron muy buenas calificaciones, con más del 90% de aprobados, así como con alrededor de un 50% de alumnos con calificación de notable o superior. En nuestra opinión, las buenas calificaciones obtenidas pueden ser atribuidas a dos factores fundamentales. Por un lado, los trabajos correspondían a temas de interés para los alumnos; por otro, dichos trabajos eran presentados y evaluados a final de curso, a pesar de coincidir con entregas en las otras asignaturas del semestre.

En el curso 2011/12 los resultados del TG2 han sido sensiblemente peores que los obtenidos en el curso anterior, si bien no son comparables dado que, como ya se ha mencionado, son trabajos completamente distintos. Por otra parte, si comparamos los resultados de los dos trabajos realizados en este curso, también han sido peores los obtenidos en el segundo trabajo. Tratando de analizar las causas pensamos que algunos alumnos “se cansan” del esfuerzo continuado que exige esta forma de trabajar y por lo tanto se descuelgan del grupo.

Puede ocurrir que se les acumulen entregas de otras asignaturas, por lo que se les hace muy difícil reunirse para trabajar conjuntamente. También puede ser atribuido al propio contenido del trabajo que, en su mayor parte, no corresponde a conocimientos adquiridos en el Bachillerato. La materia implicada presenta mayor dificultad y consecuentemente los beneficios del trabajo en grupo tienen menor incidencia.

Del mismo modo, se observa un reducido porcentaje de alumnos con altas calificaciones, puesto que tan solo el 10% consiguió una nota superior a 7. Aun así, los resultados pueden considerarse satisfactorios, en comparación con los obtenidos en la evaluación de estos conocimientos en el anterior Plan de Estudios, en el que no se superaba generalmente el 30% de aprobados.

4. CONCLUSIONES

La realización de trabajos en grupo en la impartición de asignaturas fundamentales, desarrolladas durante el primer curso de las enseñanzas de grado, se ha mostrado como una herramienta útil y efectiva para el aprendizaje de los alumnos. Los buenos resultados obtenidos, así como el incremento en el interés de los alumnos por la asignatura de Química de Materiales, son factores muy importantes a considerar, por lo que el equipo docente considera adecuado incluir este tipo de actividades en la planificación del curso.

Se ha conseguido una reducción del absentismo y abandono de la asignatura y tal vez, de los estudios iniciados.

A través de las experiencias realizadas, se ha iniciado a los alumnos en actividades basadas en el aprendizaje cooperativo y en aprendizaje basado en problemas. En consecuencia, se les ha iniciado en el empleo de distintas herramientas enfocadas al desarrollo de las competencias transversales que deben adquirir en la titulación de Ingeniero Civil.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Vicerrectorado de Ordenación Académica y Planificación Estratégica (VOAPE) de la UPM el apoyo prestado a los GIEs para el desarrollo y puesta en marcha de experiencias educativas en nuestra Universidad, a través de las convocatorias anuales de ayudas a la innovación educativa y a la mejora de la calidad de la enseñanza.

REFERENCIAS

1. Servicio de Innovación educativa de la Universidad Politécnica de Madrid, *Guías rápidas sobre nuevas metodologías: Aprendizaje cooperativo* (2008).
2. Blanco (coord.), *Desarrollo y Evaluación de Competencias en educación superior*, Narcea SA, Madrid (2009).

Parte V

Metodologías basadas en las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación)

PROBLEMAS CONTEXTUALIZADOS EN EL LABORATORIO VIRTUAL

Jordi Cuadros Margarit, Carme Artigas Oliveras
Departamento de Estadística Aplicada, IQS Universitat Ramon Llull
Barcelona
jordi.cuadros@iqs.edu

En este trabajo se presentan seis actividades basadas en la utilización del laboratorio virtual de The ChemCollective destinadas a la enseñanza de la química en E.S.O. y Bachillerato. Dichas actividades tienen enunciados personalizados y contextualizados, y además disponen de materiales de trabajo para los alumnos elaboradas para facilitar la utilización de las mismas. Dichas actividades, que abordan distintos temas del currículum de secundaria, son: ¿Reaccionan?, Identificación de sustancias ilegales, Dureza del agua, Demanda química de oxígeno, Diseñando sistemas para termoterapia *y* Escalando una reacción de equilibrio.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años y en el marco de la utilización, desarrollo y evaluación de actividades basadas en el laboratorio virtual de ChemCollective (1), en IQS se han ido desarrollando distintos materiales y actividades de prácticas virtuales para su utilización en las asignaturas de química de E.S.O. o Bachillerato.

Dichas actividades tienen como principales características comunes, además de la utilización del laboratorio virtual ya mencionado, la utilización de contextos (2, 3), la elaboración de los materiales de trabajo necesarios para su uso por parte de los alumnos, la investigación dirigida como orientación metodológica (4) y la personalización de los enunciados (5).

2. DESARROLLO

Se presentan a continuación seis de las actividades desarrolladas de acuerdo con los principios citados. Para cada una de ellas, se muestran primero los enunciados simplificados de las actividades, para explicar a continuación la ubicación curricular de la actividad y el trabajo que deberán realizar los alumnos al abordarlas.

2.1. ¿Reaccionan?

"Estás colaborando con una empresa que se dedica al diseño y fabricación de test para la realización de análisis in situ. Tu trabajo consiste en estudiar la reactividad de los productos sintetizados para evitar errores. Los distintos reactivos suelen llegar a tu laboratorio codificados de forma que no sabes qué son. Además siempre añaden algún reactivo ya conocido para comprobar vuestro trabajo.

En este caso, el encargo es el estudio de la reactividad de las muestras ANN (A10, A23, A35, A38) con las sustancias BNN (B12, B19, B22). Tu informe deberá incluir una tabla que especifique cómo reaccionan cada una de las disoluciones 1.00 M de las especies ANN con cada una de las disoluciones 1.00 M de las especies BNN."

En esta primera actividad se aborda en cuestión el concepto básico del cambio químico que el alumno deberá ser capaz de identificar a partir de la observación de cambios en características observables de las mezclas de productos, en especial, formación de color, liberación o absorción de energía, formación de precipitados y cambios en el pH. Como actividad, se pide al alumno que estudie la reactividad de los distintos pares de productos (en disolución acuosa) y sintetice los resultados en una tabla resumen. Para ello, el alumno deberá mezclar los reactivos de la serie ANN con los de la serie BNN y tomar nota de los cambios observados. Como ampliación, se pide al alumno que seleccione un par de productos tales que reaccionen y determine la estequiometria de reacción usando el método de las variaciones continuas.

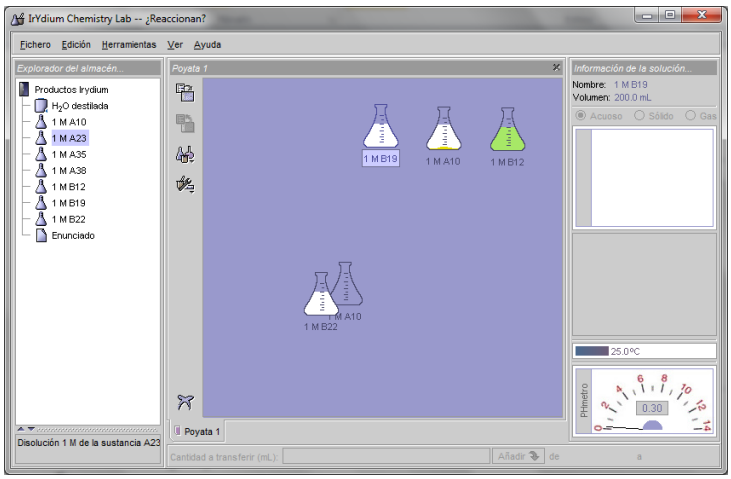


Figura 1. Realización de la actividad "¿Reaccionan?" en el laboratorio virtual.

2.2. Identificación de sustancias ilegales

La policía ha confiscado siete productos no identificados en un almacén ilegal. En el laboratorio virtual encontrarás un armario con patrones de distintos tipos de drogas, un armario con los reactivos y también los siete productos encontrados. ¿Podrías identificar si contienen alguna de estas substancias?

La actividad "Identificación de sustancias ilegales" se fundamenta en los conceptos de la reacción química y el análisis cualitativo. El alumno debería finalizar la actividad entendiendo que las sustancias son identificables por su reactividad.

En concreto, se pide al alumno que a partir del estudio de un conjunto de reacciones químicas, determine la naturaleza de unas sustancias confiscadas en un almacén ilegal. La actividad se estructura en dos partes. En la primera, el alumno

encontrará en el laboratorio virtual cuatro patrones de distintas drogas (cocaína, LSD, anfetamina y heroína) y cinco reactivos. Utilizando estos reactivos y los patrones del laboratorio virtual, el alumno tiene que documentar qué sustancias reaccionan con cada uno de los reactivos, y el color que se obtiene. A partir de los resultados obtenidos, el alumno debe construir un esquema que le permita identificar muestras desconocidas con el mínimo número posible de pruebas, pero con dos pruebas positivas para cada identificación. La segunda parte de la actividad consiste en la identificación de distintos productos confiscados por la policía en un almacén ilegal. Para ello el alumno debe utilizar el esquema de decisión previamente elaborado. Una vez hayan identificado las sustancias, el alumno debe justificar sus resultados de tal forma que se puedan dar por válidas sus conclusiones.

El material de esta práctica esta desarrollado en catalán.

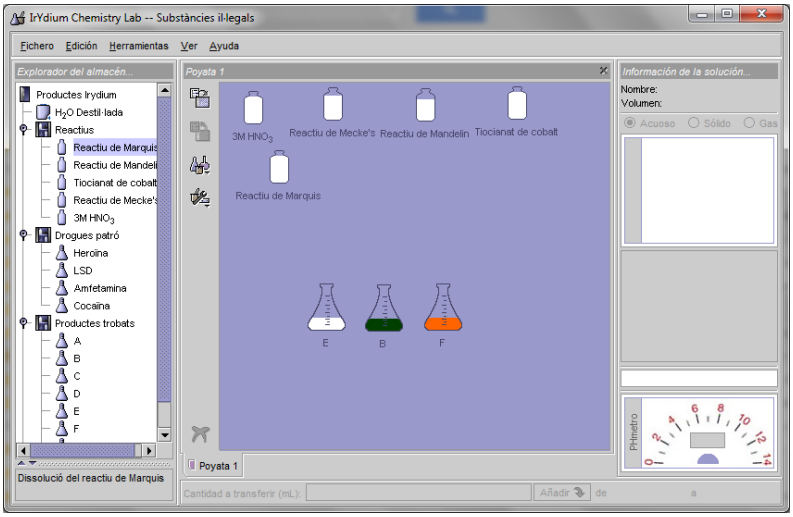


Figura 2. Realización de la actividad "Identificación de sustancias ilegales" en el laboratorio virtual.

2.3. Dureza del agua

Trabajas en una empresa embotelladora de agua. El responsable de la fábrica ha venido a verte y te ha comentado que el agua está saliendo con mal sabor. Crees que el problema puede estar relacionado con la dureza del agua.

La actividad "Determinación y eliminación de la dureza del agua" modela el proceso experimental de determinación de la dureza del agua, aunque fundamentándolo solo en los conocimientos de estequiometría de la reacción química, evitando usar los términos correspondientes a las valoraciones que normalmente se abordan más tarde en la enseñanza de la química en secundaria.

En un segundo paso, la actividad presenta la posibilidad de reducir la dureza mediante la precipitación parcial del calcio con carbonato de sodio.

Con ello, esta actividad permite profundizar en la parte cuantitativa de la reacción química en una situación de la vida diaria.

La actividad se divide en tres partes. La primera parte está diseñada con el objetivo de que los alumnos se familiaricen con el laboratorio virtual, el instrumental de vidrio necesario y el cambio del color del indicador (negro de eriocromo T) en presencia de iones alcalinotérreos. A continuación, los alumnos deben determinar cuál es la dureza de una muestra de agua mediante una valoración complexométrica con EDTA. La segunda parte de la actividad consiste en la reducción de la dureza del agua mediante la precipitación del calcio con carbonato. Para ello, los alumnos primero deben calcular cuánto carbonato sódico pueden añadir a la muestra para que la concentración de sodio no supere la permitida, para seguidamente añadir dicha cantidad a la muestra de agua y observar la cantidad de carbonato cálcico precipitada. La tercera y última parte consiste en repetir la determinación de la dureza del agua, pero ahora con la muestra de agua ya tratada. Con ello, se puede comprobar la reducción efectiva de la dureza del agua. Además, se pide a los estudiantes cuál es la relación entre el calcio que había en la muestra inicialmente, el que ha precipitado y el calcio que queda en la muestra después de tratarla con carbonato. De esta manera, se puede poner de manifiesto el concepto de conservación de los átomos en el cambio químico.

Esta actividad está elaborada en catalán.

2.4. Demanda química de oxígeno

Estás haciendo prácticas en un laboratorio de análisis de aguas y toca hacer determinaciones de la demanda química de oxígeno (DQO), una medida de las especies reductoras presentes en el medio para aguas residuales. Para que puedas ir aprendiendo te han dejado parte del trabajo para tres de las 30 muestras que deben analizarse hoy. Tu trabajo consiste en determinar la demanda química de oxígeno para cada una de las tres muestras.

Esta actividad se centra en la determinación de la demanda química de oxígeno de aguas residuales. Ello corresponde a los contenidos curriculares relacionados con la estequiometría de reacción y especialmente con las reacciones y valoraciones redox. El uso de un contexto real y común también da valor a esta actividad, en las orientaciones CTS (Ciencia, tecnología y sociedad) que aparecen en los currícula de Bachillerato.

En esta actividad, el alumno deberá determinar la demanda química de oxígeno (DQO) de tres muestras de aguas residuales de forma que pueda luego clasificarlas en función de esta variable. Para ello, se presenta al alumno la descripción general de la metodología experimental a seguir y se ponen a su disposición los reactivos necesarios para llevarla a cabo.

El alumno deberá, a modo de un diario de laboratorio, documentar su trabajo y argumentar sus conclusiones.

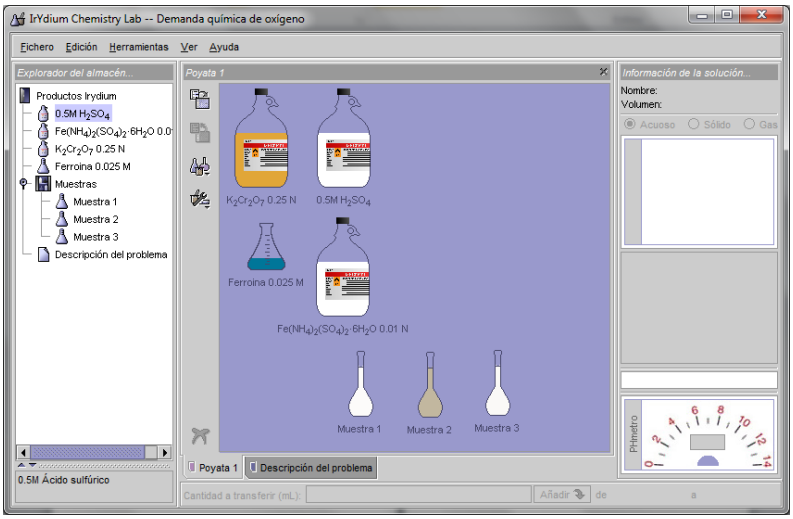


Figura 3. Realización de la actividad "Demanda química de oxígeno" en el laboratorio virtual.

2.5. Diseñando sistemas para termoterapia

Te dispones a diseñar un sistema térmico para la realización de apósitos calientes para termoterapia. ¿Qué combinación de soluciones de los reactivos A y B serán necesarias para poder calentar a 50ºC un equivalente a 100 mL de agua?

En la actividad "Diseñando sistemas para termoterapia" se ponen en juego los contenidos relacionados con los intercambios de calor (capacidad calorífica) y especialmente con las transformaciones energéticas en las reacciones químicas, debiendo determinarse la entalpía de reacción. La actividad se estructura en tres bloques conceptuales. En la primera parte, el alumno debe comprender la reacción química en estudio y determinar su entalpía molar de reacción. En la segunda parte, se le orienta a determinar la relación de la temperatura final de la mezcla en función de los volúmenes usados de los reactivos y de las concentraciones de los mismos. En la tercera y última parte, los alumnos deben diseñar un conjunto de soluciones adecuado para calentar un volumen adicional de agua hasta la temperatura de interés. El diseño puede llevarse a cabo por cálculo o bien por experimentación, pero en cualquier caso el alumno deberá terminar con la comprobación experimental del diseño realizado.

2.6. Escalando una reacción de equilibrio

En tu equipo de trabajo habéis determinado que las sustancias A y B reaccionan para dar lugar a un compuesto C. La reacción no es completa y reactivos y productos quedan en equilibrio.

Vuestro siguiente paso es proceder al escalado industrial de la reacción pero para ello es necesario tenerla bien caracterizada. Te ha tocado determinar los coeficientes estequiométricos, la constante de equilibrio y la entalpía y entropía de reacción.

NOTA: Por experimentaciones previas sabes que las masas molares de los tres compuestos (A, B, C) son respectivamente 256, 128 y 640 g·mol^{-1}.

En esta actividad, la última de las que se presentan en este trabajo, se abordan los conceptos de equilibrio químico y su relación con las transformaciones energéticas en las reacciones químicas. La actividad, de hecho, implica un análisis completo de una reacción de equilibrio: desde el estudio de su estequiometría hasta la determinación de la entropía de reacción pasando por la constante de equilibrio y su dependencia con la temperatura.

El trabajo del alumno en esta actividad se inicia con la determinación de la estequiometría de reacción por el método de las variaciones continuas. A continuación, deberá calcularse la constante de equilibrio.

La segunda parte de la actividad implica la caracterización termodinámica de la reacción, es decir la determinación de la entalpía y la entropía de reacción. Se finaliza resumiendo toda la información obtenida sobre la reacción en estudio.

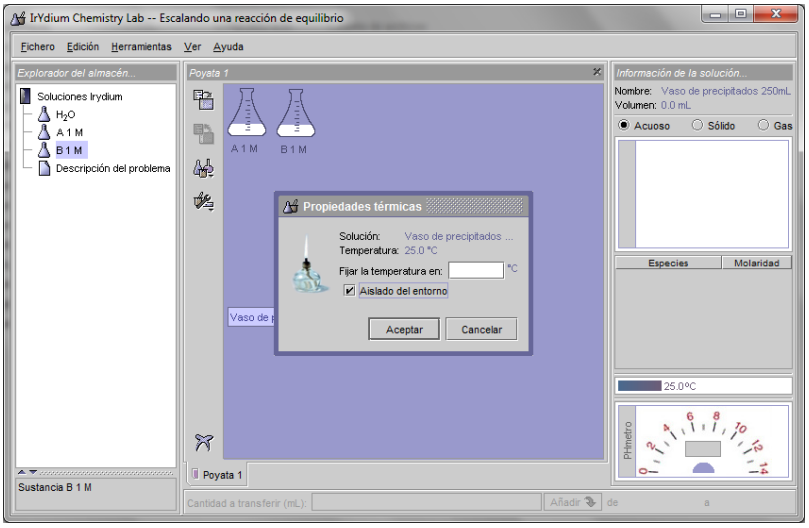


Figura 4. Realización de la actividad "Escalando una reacción de equilibrio" en el laboratorio virtual.

El laboratorio virtual, las prácticas virtuales y las actividades están a disposición de los profesores interesados, contactando con los autores de este trabajo o en http://www.chemcollective.org/iqs.

REFERENCIAS

1. The ChemCollective. http://www.chemcollective.org

2. P. Nentwig, D. Waddington (Eds.). *Making it relevant. Context based learning of science*. Waxmann Publishing Co., Münster (2005)
3. D. Yaron, J. Cuadros, G. Leinhardt, K.L. Evans, M. Karabinos en AAAS; *About Invention and Impact: Building Excellence in Undergraduate STEM Education*, AAAS, New York (2004).
4. J. Cuadros, J. Pérez-Tudela en *Aprendizaje activo de la física y la química*. G. Pinto (Ed.), Equipo Sirius, Madrid (2007)
5. R.C. Clark, R.E. Mayer, *e-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*. Pfeiffer, San Francisco (2002)

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS EN PLATAFORMAS DE TELE-ENSEÑANZA: LABORATORIO VIRTUAL DE FÍSICA

Javier Ablanque Ramírez[a], Juan Carlos Losada González[a], Luis Seidel Gómez de Quero[b], Rosa María Benito Zafrilla[a]

[a] Grupo de Innovación Educativa "Física Interactiva", Departamento de Física y Mecánica, ETSI Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid

[b] Departamento de Física Aplicada a la Ingeniería Industrial E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid

jablanque.agronomos@upm.es

El Laboratorio Virtual de Física es un conjunto de materiales didácticos interactivos que forma parte de una asignatura de libre elección que se imparte con el mismo nombre en la Universidad Politécnica de Madrid. Durante el curso 2010-2011 se realizó una experiencia de evaluación de competencias. Consideramos que el entorno virtual de aprendizaje ha colaborado en la comprensión de los conceptos y en el fomento del trabajo en equipo.

1. DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL DIDÁCTICO

El Laboratorio Virtual de Física consta de un conjunto de materiales didácticos interactivos que cubren las prácticas más habituales en un laboratorio de Física General y forma parte de la asignatura del mismo nombre impartida a través de la Plataforma Institucional de Tele-enseñanza de la Universidad Politécnica de Madrid. Cada práctica presenta los apartados:

5. *Objetivos*: listado de objetivos que se pretenden alcanzar al término de la experiencia.
6. *Material*: listado de los equipos y herramientas necesarios.
7. *Introducción teórica*: con los conceptos imprescindibles para abordar la experiencia.
8. *Montaje*: descripción de los equipos y la forma de conexión entre ellos.
4. *Registro y tratamiento de datos*: en el que paso a paso se describe la práctica.
5. *Aplica*: se plantea al alumno la resolución de un ejercicio.
6. *Amplía*: incluye varias direcciones de Internet y bibliografía.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

En el pasado curso 2010/11 se realizó la experiencia. El material didáctico fue instalado en la Plataforma Institucional de Tele-enseñanza Moodle de la Universidad Politécnica de Madrid y tuvieron acceso al mismo, mediante una contraseña, los 40 alumnos matriculados en la asignatura.

La duración del curso fue de 4 créditos, impartidos en el segundo semestre del curso 2010/11. De las 15 prácticas de que consta el material, se seleccionaron 6 por limitaciones de tiempo. Para cada una de las prácticas, que se ponía a disposición de

los estudiantes en una fecha determinada, el estudiante encuentra el material descrito anteriormente (sección Práctica), un test de autoevaluación y las actividades que se le proponen en la sección Aplica.

El test y las actividades se deben entregar, a través de la plataforma, en una fecha determinada. La evaluación de la asignatura se realizó contando un 45% la nota de las prácticas entregadas, un 10% la nota de los test de autoevaluación y un 45% la nota del examen presencial.

Al inicio del curso se solicitó a los alumnos que contestaran un test de conocimientos previos con el fin de conocer el nivel con el que partía el grupo. Este test contenía cuestiones sobre conceptos fundamentales para afrontar con éxito las siguientes experiencias de laboratorio. Las mismas preguntas les fueron apareciendo a lo largo del curso, insertadas en los cuestionarios de cada experiencia.

En el examen final, dentro del cuestionario final, se volvieron a repetir algunas de las preguntas aparecidas en los test de autoevaluación anteriores con el fin de comprobar la correcta asimilación de los conceptos por parte del alumnado.

En este artículo nos hemos centrado en el estudio sobre los conceptos de error e incertidumbre. Hemos comparado las contestaciones a las mismas cuestiones planteadas en los tres test, las realizadas en el cuestionario inicial, las del test correspondiente a la primera experiencia, la medida, y las del último test.

3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA

El alumnado en su mayoría procede de las siguientes Escuelas de la Universidad Politécnica de Madrid: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica, Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

De los 40 en principio matriculados, 32 alumnos siguieron con asiduidad la asignatura.

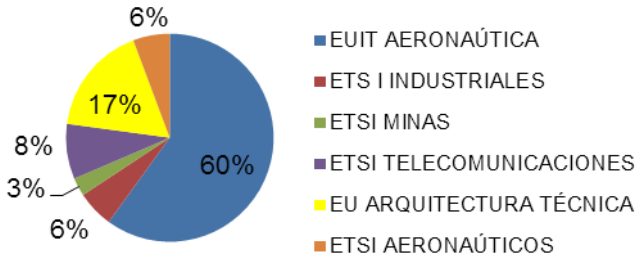
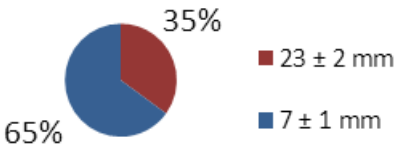
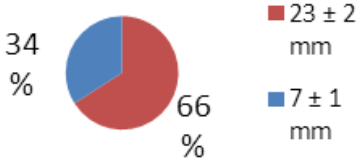
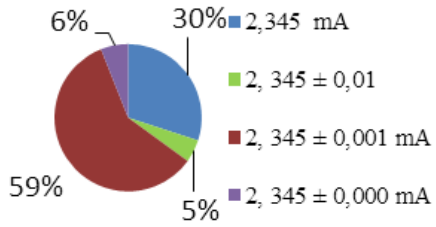
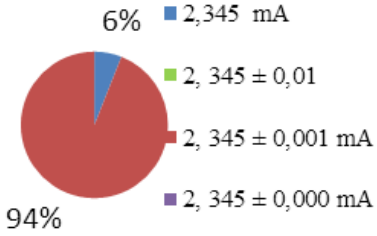


Figura 1. Procedencia de los alumnos.

El test de conocimientos al inicio del curso mostró que solo el 35% de los alumnos tenía claro el concepto de precisión. Tras realizar la primera experiencia, se alcanzó el

66%. Además, solamente el 59% sabía expresar correctamente una medida. Tras realizar la primera experiencia, el porcentaje llegó hasta el 94%.

Tabla 1. Cuestiones sobre precisión y forma de expresar correctamente una medida.

TEST INICIAL	TEST 1
¿Cuál de las siguientes medidas es más precisa? 	**¿Cuál de las siguientes medidas es más precisa?** 
Si con un amperímetro digital se realiza una sola medida, 2,345 mA , la forma correcta de expresar el resultado es: 	**Si con un amperímetro digital se realiza una sola medida, 2,345 mA , la forma correcta de expresar el resultado es:** 

El cuestionario inicial reflejó que el 68% del alumnado tenía claro el concepto de cifra significativa; tras la primera experiencia, casi la totalidad de los alumnos aprendieron y aplicaron correctamente este concepto.

El 25% de los alumnos equiparaban al principio del curso el concepto de error al de incertidumbre de una medida. Tras la primera experiencia, el 80% de los alumnos supieron diferenciar ambos conceptos.

En un principio, el 86% de los alumnos conocían el ajuste por mínimos cuadrados con Excel. Este porcentaje aumento al 100% tras la primera experiencia. Al inicio, un 74% acertaron sobre el buen uso de un calibre, porcentaje que subió hasta el 100% tras la primera experiencia.

Sirva esta pregunta a modo de ejemplo de cómo el entorno virtual de aprendizaje es válido para que el alumnado se familiarice con los equipos que se encontrará en un laboratorio de Física convencional.

En el examen presencial se volvieron a presentar algunas cuestiones del cuestionario inicial a modo de comprobación de asimilación de conceptos.

Tabla 2. Cuestiones sobre cifras significativas.

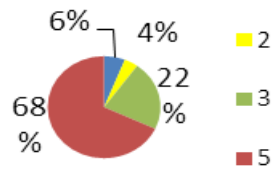
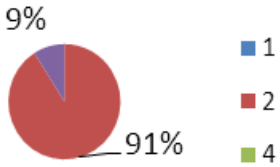
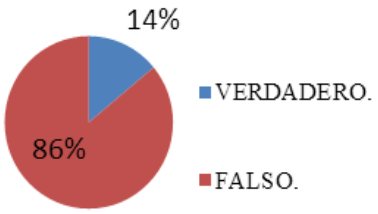
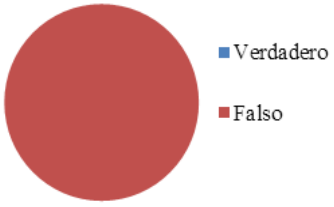
TEST INICIAL	TEST 1
¿Cuántas cifras significativas tiene la siguiente medida: 423,30? 	¿Cuántas cifras significativas tiene la siguiente medida: 0,00023? 

Tabla 3. Cuestiones sobre Excel.

TEST INICIAL	TEST 1
No se puede realizar el ajuste con mínimos cuadrados con la hoja Excel 	No se puede realizar el ajuste por mínimos cuadrados con la hoja Excel 

4. CONCLUSIONES

Hemos encontrado que la plataforma Moodle es intuitiva y de fácil manejo para los alumnos y profesores que han participado en la experiencia, por lo que es un entorno muy apropiado para este tipo de experiencias. Uno de los recursos más útiles de Moodle, los foros, han sido muy utilizados para resolver las dudas que planteaban las prácticas.

Los contenidos presentados en el material LVF han sido útiles para asimilar los conceptos. Consideramos que la experiencia ayuda a que el alumno pueda acercarse a la forma de trabajo en un laboratorio de Física General y se familiarice con los equipos de trabajo que se encontrará en un laboratorio de Física convencional.

La mayoría de los alumnos se han mostrado favorables con la metodología *e-learning* al poder organizar su proceso de aprendizaje.

El entorno virtual de aprendizaje ha contribuido positivamente a adquirir competencias complementarias a las de un laboratorio tradicional y ha colaborado en la comprensión y dominio de los conceptos y leyes de la Física, en el desarrollo de la capacidad de análisis y de síntesis, y en el fomento del trabajo en equipo.

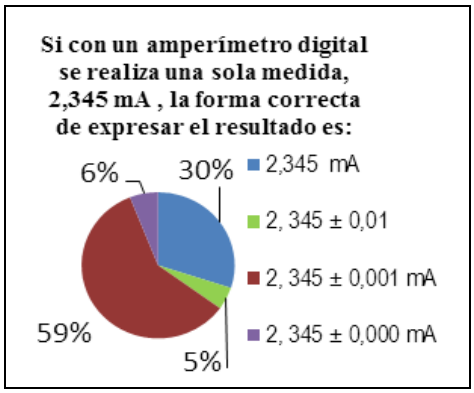


Figura 2. En el examen presencial se volvieron a repetir algunas de las cuestiones.

REFERENCIAS

1. J. Ablanque, R.M. Benito, J.C. Losada, L. Seidel, *Laboratorio de Física con soporte interactivo en Moodle,* Pearson, Madrid (2010).
2. J. Ablanque, R.M. Benito, J.C. Losada, F.J. Arranz, L. Seidel, M.E. Cámara, F. Borondo, *Relada*, **2008,** Vol. 2(3), 131.
3. R.M. Benito, J.C. Losada, J. Ablanque, A. Sanz, *Prácticas de Laboratorio de Física*, Ariel, Barcelona (2002).
4. R.M. Benito, J. Ablanque, *Actas de la XXXI Reunión Bienal de Real Sociedad Española de Física*, **2007**, p. 149.
5. J. Ablanque, R.M. Benito, J.C. Losada, L. Seidel, *Relada,* **2009**, Vol 3(2), 107.

ENSEÑANZA VIRTUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE QUÍMICA APLICADA

Carmen Orozco Barrenetxea, María Nieves González Delgado, Antonio Pérez Serrano
Departamento de Química, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos
qporozco@ubu.es, ngonzalez@ubu.es

Se describe una actividad educativa consistente en la presentación, en forma de página web, de los pasos a seguir para la realización de prácticas de laboratorio de Química Aplicada. Esta actividad permite complementar la realización de las prácticas llevadas a cabo de forma presencial en el propio laboratorio, y poder revisarlas y actualizarlas cuando resulte preciso.

1. INTRODUCCIÓN

En el proceso de enseñanza-aprendizaje es cada vez más relevante el papel que están adquiriendo las TIC; por ello, el diseño y empleo de entornos virtuales en el mismo es una necesidad indiscutible para conseguir mejores logros en la práctica docente. Comienza a ser frecuente encontrar orientaciones, pautas de adaptación, evolución, etc. de estas nuevas tecnologías y experiencias en el ámbito universitario (1-4). Este proceso de innovación en el que nos hallamos inmersos obliga a considerar indispensable investigar sobre la elaboración de materiales que permitan la utilización de recursos virtuales que resulten de utilidad tanto en la docencia presencial como en enseñanza virtual (5, 6). De ello se deriva la necesidad de modificar, evolucionar y acompasar al avance tecnológico las actividades pedagógicas tradicionales.

Estas consideraciones, junto a la naturaleza experimental de la Química, nos han llevado a estimar la conveniencia de diseñar un material mediante el cual el alumnado pueda complementar, o suplir en su caso, la actividad desarrollada en el laboratorio. Las prácticas de laboratorio son una labor imprescindible en el desarrollo de cualquier asignatura experimental; sin embargo, a diferencia de otro tipo de actividades, conllevan la dificultad de que solo se puede trabajar en ellas durante un tiempo limitado, el tiempo en que la persona se encuentra en el laboratorio. Fuera de estas sesiones pueden consultarse las notas personales, los guiones o los libros, pero no pueden visualizarse, más que con un recuerdo, las experiencias tal como se llevaron a cabo. Esta deficiencia puede suplirse si se pone a disposición del alumnado una web en la que pueda visualizar la actividad del laboratorio tal como la realizó. La web tiene la gran ventaja de que se puede acceder a ella en todo momento y desde cualquier lugar, con lo que permite rememorar, completar, reflexionar y asimilar la experiencia ejecutada en un grado mucho mayor que si solo hay que recurrir a notas y recuerdos.

2. OBJETIVOS

Valorando las consideraciones anteriores, se estableció como objetivo de trabajo la elaboración de varias páginas web para presentar prácticas relacionadas con la asignatura de Química Aplicada a los Materiales. Las páginas elaboradas ofrecen una serie de ventajas para su empleo en el proceso formativo, entre las que podríamos destacar su accesibilidad desde cualquier lugar que tenga conexión a Internet, la facilidad de actualización, la posibilidad de utilización en el momento que se considere más adecuado, la inexistencia de costes de reproducción, la oportunidad de incluir y combinar multimedia variados, la interactividad, la potenciación de la formación autónoma, etc.

La consecución del objetivo planteado implica necesariamente el logro de objetivos parciales, entre los que podrían citarse:

- Fomentar el interés y participación activa del alumnado en el proceso de aprendizaje.
- Desarrollar habilidades, capacidades y actitudes técnicas y cognitivas que contribuyan a su formación integral (búsqueda de información, utilización de recursos, etc.)
- Acceder a aplicaciones interactivas que afiancen los conceptos teóricos explicados.
- Utilizar modelos interactivos de autoevaluación.
- Mejorar la calidad de la enseñanza a través de la utilización de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.
- Adaptar los nuevos recursos didácticos y multimedia a los criterios y exigencias del Espacio Europeo de Educación Superior.
- Aproximar las experiencias llevadas a cabo en el laboratorio a la realidad profesional del estudiante (7).

3. METODOLOGÍA

En el diseño de las prácticas de laboratorio se ha tratado de incorporar criterios de sostenibilización en cuanto a naturaleza y cantidad de materiales a emplear, reutilización y reciclado, gestión de residuos, etc. Así, las prácticas preparadas, de las cuales aquí se presenta una como ejemplo, se han propuesto teniendo en cuenta las siguientes pautas de actuación:

- Que la práctica no exija grandes recursos materiales.
- Que ni los materiales a utilizar ni los procesos a seguir presenten peligrosidad importante.
- Que generen una cantidad mínima de residuos y emisiones.
- Que pueda llevarse a cabo en sesiones de laboratorio no muy largas, en torno a 90 minutos.

El trabajo se inició elaborando guiones de prácticas con contenidos que cumplieran los requisitos de sencillez en su realización y conexión con el mundo real. Cada uno de los guiones comprende los siguientes apartados:

a. ***Objetivos*****:** se explicita con claridad lo que se pretende conseguir con la realización del experimento, las habilidades, capacidades y conocimientos que se espera que el estudiante alcance ejecutándolo. Su redacción sigue criterios de brevedad y precisión.

b. ***Fundamento teórico****:* se hace una breve recapitulación de los conocimientos teóricos básicos en los que se fundamenta la práctica. El programa empleado permite incluir vínculos a otro tipo de materiales, por lo que se considera conveniente en este apartado establecer uniones a archivos en los que se desarrollan con más amplitud los contenidos teóricos. Estos adjuntos pueden ser materiales que se han utilizado en las clases teóricas para explicar los principios o fundamentos que se están comprobando, o bien materiales de libre acceso que se consideren de alto valor formativo.

c. ***Procedimiento experimental:*** se incluyen con detalle los materiales y productos a emplear, así como la forma de proceder para llevar a cabo la experiencia. Se considera interesante aportar imágenes estáticas y/o dinámicas obtenidas en el laboratorio durante el desarrollo de la práctica. Las imágenes, que pueden ser ampliadas -el programa dispone de herramientas como la lupa, que permiten observar con gran detalle el contenido- son un material de elevado interés, dado que en todo momento el alumnado puede tener presente la acción que llevó a cabo en el laboratorio, lo que contribuye a la comprensión, realización, razonamiento y análisis de los resultados obtenidos.

d. ***Precauciones, medidas de seguridad y gestión de residuos:*** este apartado es de gran importancia y elevado interés. La trascendencia de que el estudiante incorpore como norma de trabajo la necesidad de actuar siempre con los principios de prevención de riesgos y del buen hacer respecto al entorno ambiental -lo que implica gestionar correctamente los residuos generados en la realización de la práctica- es esencial si se intenta formar profesionales responsables, imbuidos de conciencia ambiental y preocupados por el desarrollo sostenible.

   Por ello, en este apartado se hace referencia a la necesidad de la escrupulosa observación de las medidas generales y específicas de seguridad en laboratorios. Así mismo, se explicita la forma correcta de gestionar todos los residuos generados durante la realización de la práctica. Para el caso de residuos peligrosos, y con el fin de que el estudiante se familiarice con los códigos a asignar a dicho tipo de residuos, se incluye la imagen de la etiqueta, con los datos referentes a pictogramas, códigos de clasificación, productor, etc. que deben figurar en los bidones destinados a su recogida.

e. ***Ejemplo de pautas a seguir en el diseño del informe a realizar y entregar por parte del alumnado:*** la experiencia muestra que los estudiantes en ocasiones carecen de práctica en la elaboración de informes. Por esto, se pone a su disposición un modelo a seguir para realizar un informe completo y correcto de la experiencia llevada a cabo.

f. ***Bibliografía:*** se aporta información acerca de fuentes documentales a utilizar para incrementar la formación en los aspectos teóricos y prácticos del tema estudiado.

Dado que el número de fuentes puede ser extremadamente amplio se restringe la elección a fuentes de fácil accesibilidad.

g. ***Sistemas de autoevaluación:*** resultan muy útiles para que el alumnado compruebe el grado de comprensión y asimilación adquirido.
Se propusieron sistemas de autoevaluación al final del desarrollo de cada práctica. Se establecen en forma de cuestionarios de diversa naturaleza: cierto/falso, preguntas de respuesta múltiple, preguntas de elección múltiple y cuestionarios con huecos en blanco. También se consideró conveniente incluir una reflexión final en la que se recogen los conceptos esenciales verificados y un comentario al respecto según sea la respuesta del alumnado.

4. RESULTADOS

En este trabajo se presenta, a título de ejemplo, una de las páginas web preparadas, en concreto la correspondiente a la práctica diseñada para estudiar el tema de corrosión de materiales metálicos. Su elaboración se realizó pretendiendo visualizar los siguientes aspectos referentes al problema de la oxidación electroquímica de metales:

- Observar que, cuando dos materiales metálicos de distinta naturaleza están en contacto, el que tiene un potencial estándar de reducción menor actúa como ánodo y por tanto sufre corrosión, mientras que el otro metal actúa como soporte catódico.
- Observar, para un mismo par metálico o un metal solo, la influencia en la velocidad de corrosión de diversos factores:
    - ✓ Presencia o no de un material catódico.
    - ✓ pH.
    - ✓ Área relativa cátodo-ánodo.
    - ✓ Conductividad del medio.
    - ✓ Existencia de imperfecciones o irregularidades en el metal.
    - ✓ Concentración de oxígeno.

A modo de ejemplo, se presentan a continuación las Figuras 1 a 4, en las que se visualizan diferentes partes de la web, tal y como las vería el alumnado al consultarla.

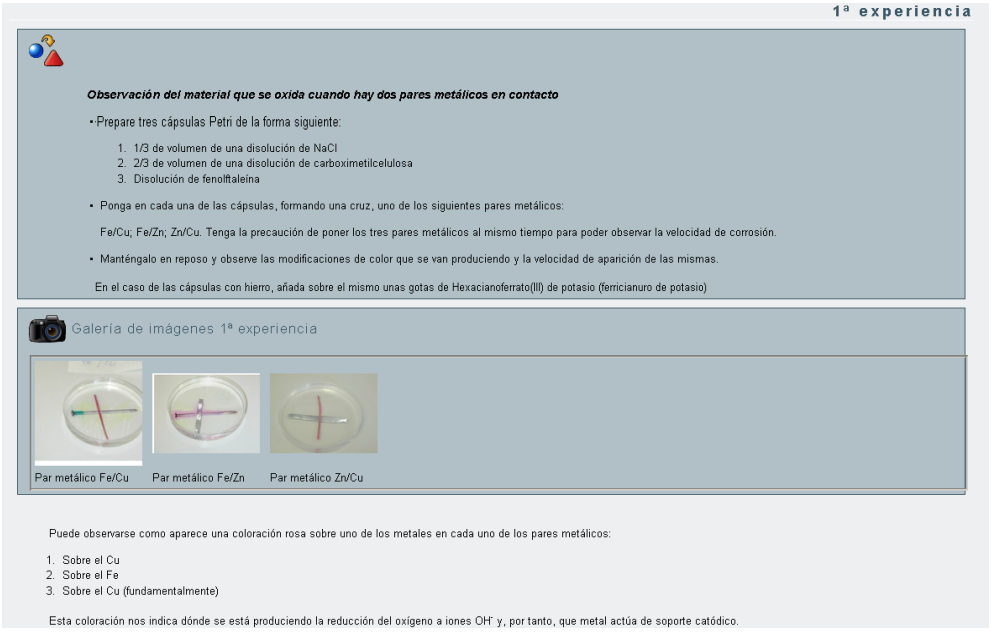


Figura 1. Imagen de la Parte I del procedimiento experimental.

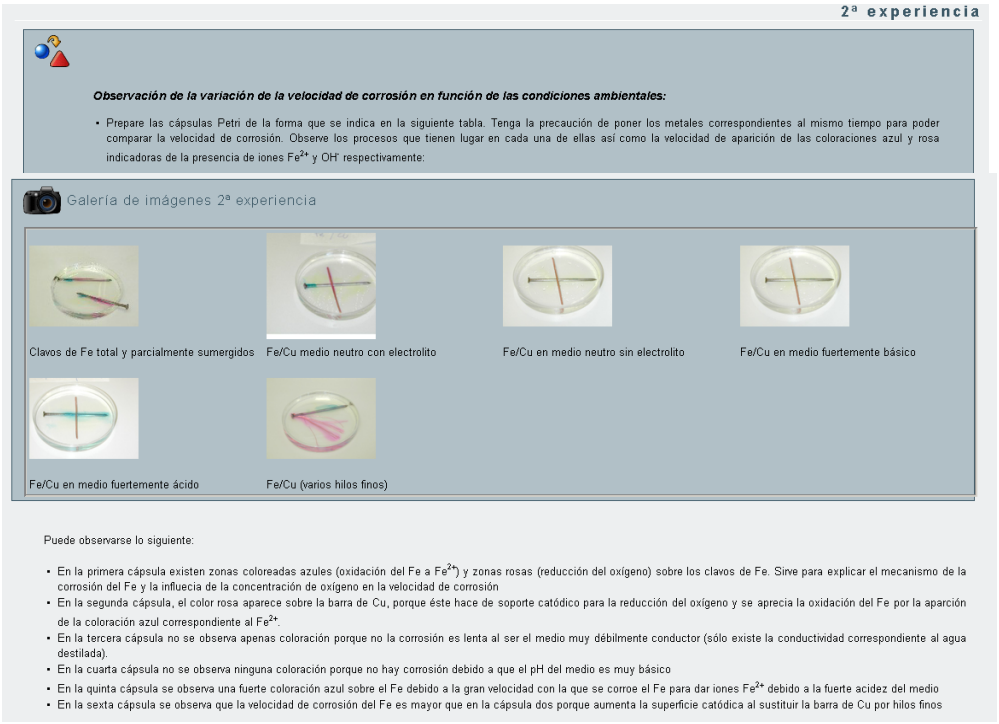


Figura 2. Imagen de la Parte II del procedimiento experimental .

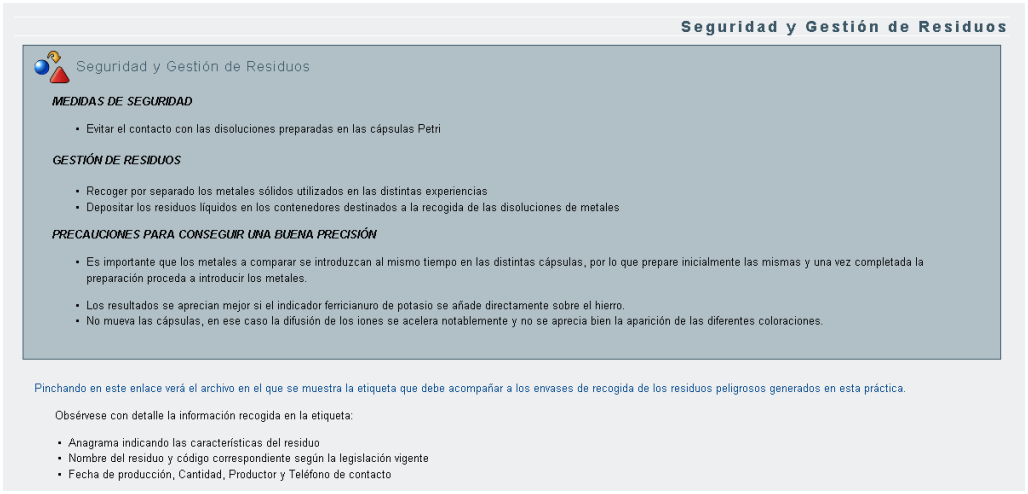


Figura 3. Seguridad y Gestión de Residuos.

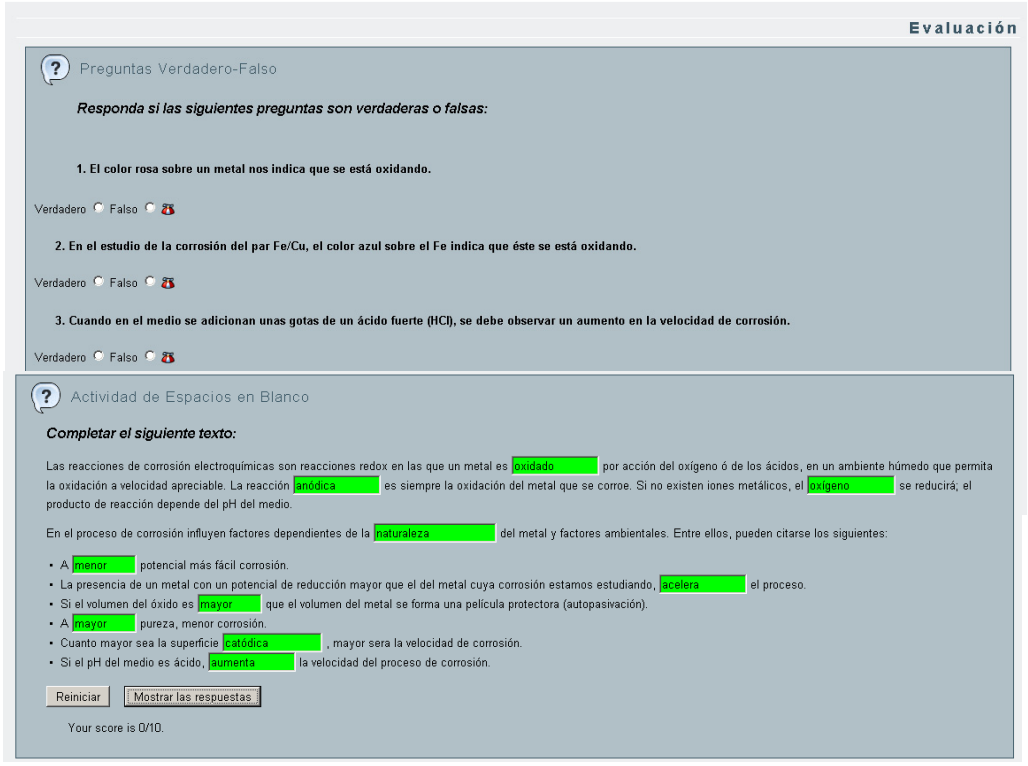


Figura 4. Ejemplos de distintos sistemas de evaluación.

5. CONCLUSIONES

En cuanto a conclusiones, puede afirmarse:

- Que la utilización de este material facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje, ayudando al profesorado a hacer llegar al estudiante los contenidos que desea que formen parte de su bagaje de conocimientos, y al estudiante a adquirirlos con menor esfuerzo y más disponibilidad temporal, al facilitarle el acceso a las experiencias llevadas a cabo en un margen infinitamente más amplio que el reducido espacio temporal a que se circunscribe su permanencia en el laboratorio.
- Capacita a los docentes en el desarrollo de contenidos educativos para la formación del estudiante en cualesquiera de las modalidades de enseñanza, presencial con apoyo virtual, o no presencial, lo que lo que resulta indispensable en el nuevo contexto del EEES.
- Fomenta la implicación y participación de los estudiantes, apoyando su proceso de aprendizaje, dado que pone a su disposición material que permite el debate y discusión acerca de las experiencias realizadas.
- Supone una serie de ventajas de cara al alumnado, posibilitándole a:
  - acceder a los materiales con anterioridad y posterioridad a la clase presencial, en cualquier momento y cuantas veces lo necesite o considere oportuno;
  - ampliar conocimientos y disponer de imágenes ilustrativas, lo que de otra forma está exclusivamente restringido al tiempo de realización de la experiencia;
  - comprobar el afianzamiento de los conocimientos adquiridos, pudiendo recapacitar sobre los aciertos o errores;
  - sustituir, en algunos casos especiales, la realización práctica de la experiencia. Esto no es aconsejable, pero en ocasiones excepcionales el material propuesto puede constituir una herramienta de interés para sustituir el trabajo presencial.
- Permite mejorar la labor tutorial del profesorado implicado, dado que si se dispone de plataformas adecuadas es posible hacer un seguimiento del grado de utilización de los recursos por parte de los estudiantes y establecer mecanismos de comunicación con los mismos.
- Contribuye a fomentar el aprendizaje colaborativo, puede plantearse la posibilidad de crear chats, foros, etc., en los que pueda participarse, de forma individual o en grupos de trabajo.
- Ayuda al establecimiento de una relación profesorado-alumnado mucho más estrecha. Evidentemente, para lograrlo es preciso que las condiciones en que se lleva a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje tenga una ratio profesor/alumno adecuada.

REFERENCIAS

1. A. Parcerisa Aran (coord.), J. Alsina Masmitjá, M. Comalat Navarra, B. Félez Rodríguez, N. Giné Freixes, y col., *Materiales para la docencia universitaria.*

Orientaciones para elaborarlos y mejorarlos. Octaedro S.L., Universitat de Barcelona (2005).
2. A. Goñi Grandmontagne (Coord.) T. Palomares, P. Bilbao, J. González, A. Torres, M. J. Chomón, K. Fernández, y col. *Innovación educativa en la Universidad*, Universidad del País Vasco (2005).
3. E. Auzmendi, *I Jornadas de Investigación en Docencia Universitaria,* Universitat d'Alacant, Institut de Ciències de l'Educació-ICE, (2004).
4. J. Cabero (dir), *Las TIC's en la Universidad,* MAD, Sevilla (2002).
5. M. Durán, C. Mestres, A. Capitán, C. Blanch, E. Vidal, *IV Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación*, *CIDUI*, Universitat de Barcelona, Institut de Ciències de l'Educació, Barcelona (2007).
6. C. Orozco, M.N. González, A. Pérez, B.M. Caballero, J.M. Martín, V. Ramos, *El espacio europeo de educación superior,* Universidad de Salamanca (2007).
7. C. Orozco Barrenetxea, *ICUC Quarterly*, **2006**, Vol. 2(1), 6.

IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS VIRTUALES APLICADAS EN EL ÁMBITO DE LAS ESCUELAS TÉCNICAS

Juan José Galán Díaz[a], Simón Fernández Garrido[a], José Antonio Orosa García[b]
[a]Departamento de Enerxía e Propulsión Mariña, E.T.S. de Enxeñería de Camiños, Canais e Portos, Universidade da Coruña, A Coruña
[b]Departamento de Enerxía e Propulsión Mariña, E.T.S. de Naútica e Máquinas Universidade da Coruña, A Coruña
jgalan@udc.es, simon.fgarrido@udc.es

El presente documento pretende mostrar cómo se está innovando actualmente en la E.T.S. de Enxeñería de Camiños, Canais e Portos de la Universidade da Coruña (UDC) en los primeros años de los Grados en Tecnología de la Edificación Civil y en Ingeniería de Obras Públicas, mediante la incorporación de las TICs en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las materias del ámbito de la Física Aplicada. Se analizará como está siendo la repercusión, tanto sobre las materias en sí como sobre el propio alumno.

1. INTRODUCCIÓN

Durante estos últimos cursos académicos los profesores encargados de la materia de "Física Aplicada" de la Escuela de Ingeniería, hemos tratado de crear un vínculo entre las prácticas de laboratorio clásicas, que llamaremos a partir de ahora "reales" (PR), y otras realizadas a través de simulaciones informáticas (en host local o Internet); denominaremos a estas últimas virtuales (PV). En estos momentos los alumnos desarrollan prácticas de cada uno de estos tipos.

A lo largo de los últimos 5 años las Prácticas de Laboratorio (PL) realizadas en las materias de Física de los Grados en Tecnología de la Ingeniería Civil (TECIC) y en Ingeniería de Obras Públicas (IOP) -antes Ingeniería Superior de Caminos e Ingeniería Técnica en Obras Públicas, respectivamente- han pasado de ser exclusivamente actividades realizadas en banco de laboratorio a realizaciones informáticas en las que el alumno, con la ayuda que brindan las nuevas tecnologías, es capaz de simular distintas posibilidades que le otorgarán perspectivas diversas sobre la aplicación práctica de un concepto físico. Este procedimiento presenta la ventaja de permitir el estudio de distintos fenómenos físicos de diversa índole en un formato sencillo e intuitivo (1), que anteriormente requerían material excesivamente caro para los presupuestos anuales del Laboratorio de Física de la Escuela.

Las PR montadas los últimos años son, algunas de ellas, suministradas por distintos distribuidores, pero en gran parte fueron elaboradas en su totalidad por los profesores de la materia mediante distintos dispositivos (calibre, balanza, etc.) y materiales (piezas 3D, alambres, etc.) adquiridos a través de distintos medios (tiendas especializadas, Internet, etc.). La elección de las PV ha sufrido cambios a través de estos años. Inicialmente se adquirió software comercial (2) al que posteriormente se fueron incorporando simulaciones interactivas diseñadas y programadas por el

profesorado que muestran fenómenos físicos que el alumno necesita asentar. Están diseñadas pasar ser compatibles con cualquier sistema operativo con el único requisito de poseer instalada la JRE de *Sun Microsystems*. Para evaluar el impacto de esta nueva metodología docente se ha ido realizado una evaluación sobre el buen funcionamiento de las PL a través de las pruebas de autoevaluación de la propia UDC. Los resultados son alentadores y muestran que los alumnos han valorado positivamente, con mejoras graduales año tras año, la nueva metodología.

2. PROCEDIMIENTO

2.1. Prácticas Reales (PR)

Durante los últimos años las prácticas han sido suministradas por PHYWE y PASCO fundamentalmente. Una gran variedad de experiencias de distinta índole han sido adquiridas; desde fenómenos simples de nivel básico hasta otros realmente complicados para niveles superiores. Las limitaciones que existen en todo presupuesto, hacen inaccesibles prácticas sofisticadas, sin embargo necesarias, que cubran aspectos tratados en el aula de forma conceptual. Además, el número de alumnos que acuden a cada sesión práctica requería al menos tres unidades experimentales para cada práctica. Esta circunstancia resultó decisiva para el uso de las nuevas tecnologías. Además de las prácticas comerciales el profesorado ha diseñado, a través de la amplía bibliografía existente (3), una serie de PR sencillas que abarcan aspectos científicos y técnicos, así como el análisis de incertidumbres, que las experiencias ofrecidas por los distribuidores no convencían al profesorado. Cada año las PR que fueron realizando los alumnos han ido cambiando, intentando aprovechar al máximo el material disponible y procurando no repetir, año tras año, las mismas experiencias. A continuación se nombrarán algunas de estas PR.

2.1.1 Ley de Hooke estática

La finalidad de esta práctica es comprobar uno de los fundamentos básicos de la Elasticidad, la llamada ley de Hooke en su régimen elástico. La validez de la ley se determinará con dos resortes helicoidales de constante elástica distinta desconocida.

Cuestión 1: comprobar la ley de Hooke para dos resortes de distinto diámetro a través de la gráfica fuerza aplicada frente a elongación producida. Con estas curvas características se calculará la constante de Hooke de cada muelle.

Cuestión 2: comprobar la llamada histéresis elástica en una “goma elástica” al representar la curva característica de la misma (fuerza aplicada frente a elongación) para los mismos valores de esfuerzo de la cuestión 1.

2.1.2. Medidas directas e indirectas (original)

Con esta práctica, diseñada por el profesorado, se pretende familiarizar al alumno con el análisis de errores de medidas directas (las que se obtienen comparando la

magnitud patrón directamente o mediante un instrumento calibrado, y que suelen ser la longitud, la masa y el tiempo) e indirectas (como velocidad, superficie y volumen, calculadas a partir de medidas directas). Para esto, se usan distintos aparatos y técnicas como un calibre, un micrómetro y una balanza. Además se pretende que el alumno aprenda a trabajar con los distintos sistemas de unidades disponibles.

Cuestión 1: estimación del valor y la incertidumbre en la medida del diámetro de un cierto alambre/barra, todo ello en sistema BGS (British Gravitational System). Se realizará un análisis de errores de una medida directa (diámetro).

Cuestión 2: estimación del valor y la incertidumbre en la medida del volumen de una cierta pieza codificada de dimensiones desconocidas, todo ello en sistema STT (Sistema Técnico Terrestre). En este caso se realizará un análisis de incertidumbre de una medida indirecta (volumen) a partir de medidas directas (alturas y diámetros).

Cuestión 3: estimación del valor y la incertidumbre en la medida de la densidad de la pieza codificada en la cuestión 2, todo ello en sistema CGS (CeGeSimal). Finalmente se llevará a cabo un estudio de errores de una medida indirecta (densidad) a partir de una medida directa (masa) y otra indirecta (volumen).

2.1.3. Medidas eléctricas básicas (original)

Los objetivos fundamentales de la siguiente práctica, también diseñada por los docentes, es la de familiarizar al alumno con las magnitudes eléctricas fundamentales como son la intensidad de corriente (I), la tensión (V), la resistencia (R) y la potencia eléctrica; conocer los elementos electrónicos básicos, familiarizarse con el uso del polímetro, y comprobar de forma experimental la dependencia entre las magnitudes básicas descritas a través de la ley de Ohm, en Corriente Continua (CC).

Cuestión 1: uso del polímetro. Se toman una serie medidas de V, I y R, y se procede a contestar una serie de preguntas, anotando los resultados obtenidos.

Cuestión 2: ley de Ohm en CC. Se responderán las cuestiones y se anotarán los resultados obtenidos para un circuito propuesto. Comprobación experimental de la ley y aplicación directa de la misma en el cálculo de la resistencia sin el uso del polímetro.

2.2. Prácticas virtuales (PV)

Una *simulación* de un experimento utilizando un ordenador es, en esencia, un programa que pretende reproducir, con fines docentes o de investigación, un fenómeno mediante visualización de los diferentes estados que este puede presentar. Cada posible estado del experimento está descrito por un conjunto de variables que cambian debido a un algoritmo. Es por esto que una simulación virtual describe, de manera intuitiva, el comportamiento del sistema real (4,5).

El número de PL a realizar ha ido variando a lo largo de los años, comenzando con 4 prácticas de una hora y media cada una, y pasando a ser 2 prácticas de dos horas y media (una por cuatrimestre). Las PV se fueron incorporando a lo largo de los cursos, de tal manera que, de las 2 prácticas que actualmente se realizan, una de ellas es virtual. Para comprobar la respuesta del alumnado a las PV, en alguno de los casos se

propuso la realización de la misma PL tanto en un banco de laboratorio clásico (PR) como luego desarrollar la misma mediante simulaciones (PV).

2.2.1. Prácticas virtuales comerciales

Después de dedicar cierto tiempo a analizar qué simulaciones podían ser interesantes para los alumnos de las asignaturas de las que somos responsables, se decidió optar inicialmente por una colección de prácticas virtuales desarrolladas en el Departamento de Física de la Universitat de les Illes Balears.

Esta Universidad ha editado un libro (2) que explica con bastante éxito tanto el fundamento teórico como el procedimiento experimental, totalmente pautado, que se ha de llevar a cabo en cada caso. Un CD-Rom, que acompaña al libro, trae consigo un programa (lanzador.exe) que incluye las 8 simulaciones para PC con los que simular los fenómenos explicados en el libro.

Estas PV están dirigidas a los estudiantes de los Grados en Ciencias o Ingeniería que tienen una asignatura de Física General con prácticas de laboratorio. Los programas de simulación pretenden ayudarles a comprender los fenómenos ilustrados en las prácticas presentadas, que quizá deberán realizar en el laboratorio, y en general, las técnicas más elementales del tratamiento de los datos que ahí se obtienen. A continuación se enumeran las opciones disponibles:

9. Determinación de la constante elástica de un muelle a partir de la masa suspendida y el período de oscilación.
10. Determinación del índice de refracción de un medio transparente para la luz de un láser.
11. Medida de la distancia focal de una lente convergente usando el método de las posiciones conjugadas.
12. Estudio de la ley de Stokes.
13. Estudio de la ley de Ohm y conexión de circuitos sencillos.
14. Uso básico del osciloscopio.
15. Determinación de la velocidad del sonido en el aire.
16. Estudio del campo magnético de espiras y solenoide.

Las prácticas están diseñadas para ejecutarse en un entorno Microsoft Windows, pero se pueden también llevar a cabo en otros sistemas operativos como Linux (de hecho ha sido probado en distintas versiones de Ubuntu en el Laboratorio) o Mac OS X, instalando un emulador de Windows como puede ser CrossOver, Wine o Parallels.

Las prácticas propuestas tienen diferente grado de dificultad y requieren tiempo de desarrollo relativamente variable, entre 1.5 y 3 horas. De esta manera algunas de ellas se pueden llevar cabo en 1 o 2 sesiones de Laboratorio, dependiendo del tiempo dedicado a cada sesión.

2.2.2. Prácticas virtuales diseñadas

Existe una gran diversidad de herramientas informáticas que se pueden usar para mejorar la calidad docente de la enseñanza de la Física, tanto a niveles de Educación

Secundaria como superiores. Quizás se pueden destacar por su importancia las *simulaciones* y las *herramientas de modelado* (5).

Las *simulaciones* son programas de computador que contienen un modelo de un sistema o proceso físico y que se centran en la visualización gráfica de éste. El programa invita a los estudiantes a explorar, y sobre todo interactuar, con el sistema modificando su estado, cambiando parámetros y observando el resultado de esta manipulación. Las simulaciones parecen proporcionar mejores resultados cuando el objetivo de la instrucción es el dominio de las habilidades de descubrimiento (4).

Las *herramientas de modelado* representan un término más avanzado que las simulaciones. Consisten en entornos de software avanzados que permiten a los propios estudiantes construir sus propias simulaciones por computador.

Partiendo del convencimiento de que la programación informática a través de los ordenadores constituye una de las más poderosas herramientas pedagógicas consideramos el uso de una cierta herramienta de modelado, denominada *Easy Java Simulations* (EJS), que es de libre acceso y multiplataforma (5).

En este software se confía la responsabilidad de la construcción del modelo enteramente al usuario. Este usuario puede ser bien el profesor, que así controla con precisión lo que esta haciendo el ordenador, bien el estudiante, obteniéndose los beneficios ya descritos.

Esta herramienta se basa en la programación de algoritmos en un lenguaje de alto nivel (Java) que proporciona una flexibilidad enorme a la hora de enfocar los fenómenos físicos más habituales en simulaciones interactivas.

Se crea un modelo de un fenómeno cuando se decide cuáles son las magnitudes relevantes, se fijan sus valores iniciales y se establecen las reglas o leyes que gobiernan cómo cambian estas magnitudes. Para la simulación, estas magnitudes se denominarán variables. Para caracterizar el modelo de una simulación se necesita establecer cuáles son sus variables, el estado inicial, las ecuaciones de evolución y las ecuaciones de ligadura. Una vez que se hayan completado estos pasos, el modelo quedará definido.

Se optó por generar cuatro simulaciones de distinta índole que abarcasen material docente referido en las clases teóricas/prácticas y que, por motivos varios, no se disponía de prácticas sobre ciertos fenómenos físicos relevantes en las asignaturas.

7. Fuerza de Lorentz sobre partícula en movimiento 3D: se estudiará el efecto producido en cargas puntuales cuando se mueven a una cierta velocidad en el seno de un campo magnético uniforme.
8. Rotación de fluido contenido en recipiente cilíndrico: en el que se analizará la forma de la superficie libre de un fluido contenido en un recipiente cilíndrico cuando es sometido a un rotación, cuyo eje de giro coincide con el de simetría del propio recipiente cilíndrico.
9. Análisis del movimiento de un carro en un plano inclinado: estática, dinámica y rozamiento. Se estudiará la cinemática del movimiento de descenso en caída (espacio, tiempo, velocidad, aceleración), así como la influencia de los materiales (rueda-suelo) en el posible rozamiento existente.

10. Ciclo de Carnot en un motor básico de 4 tiempos para un gas ideal: a partir de la introducción de una serie de parámetros termodinámicos (volumen máximo y mínimo, temperaturas de trabajo, coeficiente adiabático del gas ideal) y del propio motor (velocidad de giro) se comprobarán los distintos procesos y estados a los que se somete el gas dentro del cilindro de un motor ideal básico cíclico (isoterma, adiabática, isoterma, adiabática).

3. RESULTADOS

La valoración obtenida por parte de los alumnos respecto a la incipiente metodología docente en el Laboratorio fue muy satisfactoria, en parte por la destreza propia de las últimas generaciones a nivel informático, y en otro sentido por la claridad en la que se exponía a los alumnos la realidad de cada práctica: con una breve introducción teórica del fenómeno para dejar paso al manejo de la simulación en la que el alumno "juega" con las opciones que le permite cada simulación, variando las magnitudes y parámetros para observar las dependencias de unas sobre otras.

Para poder evaluar la influencia de la nueva propuesta se les propuso a los alumnos una serie de mecanismos que permitieran cuantificar el resultado positivo/negativo de la introducción de estas nuevas PL.

Una de las maneras de valorar si se alcanzaron las expectativas de mejora en el aprendizaje de la materia fue recurrir a las pruebas de Evaluación Docente que hace anualmente la Universidad, en las que existen ciertas cuestiones sobre cómo valoran los alumnos la parte experimental de las asignaturas en las que se matriculan.

Del formulario realizado anualmente por parte de la Universidade da Coruña (UDC), como método de autoevaluación, se pueden extrapolar una serie de cuestiones (de un total de 24) relativas a la docencia experimental, en cuanto a recursos disponibles y además de una valoración general por parte de la materia en cuestión.

La Figura 1 refleja la valoración global de los alumnos sobre las materias de "Física" y "Ampliación de Física" (primer curso) teniendo en cuenta las mejoras que se han ido efectuando año a año (cuestión 24 del formulario). La Figura 2 denota la puntuación que los estudiantes han otorgado a los recursos técnicos (informáticos, etc.) que el profesor ha proporcionado para la correcta ejecución tanto de las clases prácticas (problemas) como experimentales (laboratorio) de la asignatura (cuestión 13 del formulario).

Es evidente el aumento positivo en la puntuación con que los propios alumnos han valorado la metodología docente llevada a cabo en las asignaturas pertenecientes al área de Física Aplicada, en concreto las materias de primer curso "Física" y "Ampliación de Física", antes denominadas conjuntamente "Física Aplicada", cuyos resultados son los que se están analizando en el presente documento. Estamos convencidos que este hecho se debe no solo a los continuos ajustes que se van realizando en las materias de Física Aplicada de los Grados referidos, sino que en su mayoría es consecuencia de la introducción progresiva de la nueva metodología docente en las prácticas de Laboratorio de dichas asignaturas.

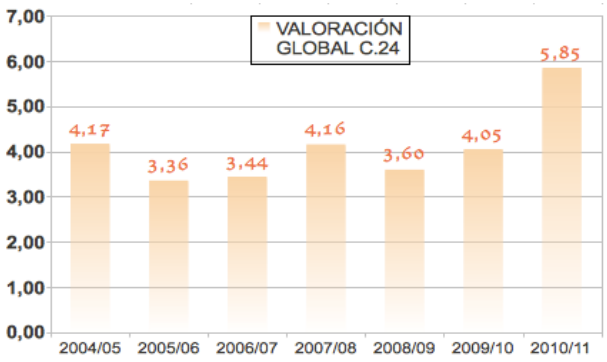


Figura 1. Valoración Global de la materias referidas del Grao en IOP, evaluación Universidade da Coruña (cuestión 24).

En la Figura 2, se puede observar perfectamente cómo la valoración de los alumnos siempre es mayor que la media (3.5 sobre 7) y que ha ido aumentando progresivamente conforme se ha ido implementando el uso de las TICs en el desarrollo de las nuevas PL.

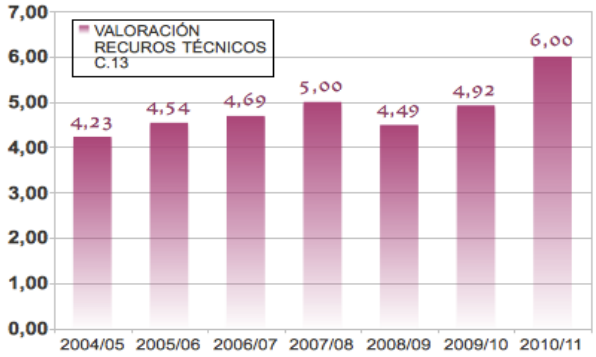


Figura 2: Valoración Recursos de la materias referidas del Grao en IOP, evaluación Universidade da Coruña (cuestión 13).

La valoración de los alumnos durante el curso académico 2008/09, a pesar de encontrarse en valores aceptables por encima del valor medio, sufre un descenso en la progresión generada (curso/valoración). Creemos que es debido a que durante ese curso académico surgieron una serie de problemas técnicos con los ordenadores del Laboratorio de Física que motivó que las PL fueran exclusivamente clásicas (PR). Este hecho pudo haber motivado la "baja" puntuación obtenida. Otro hecho destacable es que durante los primeros años (cursos 2005/06, 2004/05) no se realizaban PV y las puntuaciones son similares al curso 2008/09.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos podemos concluir haber conseguido crear un cierto vínculo entre las prácticas de laboratorio reales (PR) y el material de simulación del que disponemos (PV), tanto comerciales como diseñadas.

El efecto positivo que se ha producido en el alumnado, y sobre todo en los resultados obtenidos en la evaluación de las propias asignaturas, puede extraerse directamente de las Figuras 1 y 2.

Para poder evaluar si los alumnos han mejorado sus conocimientos mediante estos avances en la metodología docente se están llevando a cabo una serie de *tests* que nos permitan cuantificar el resultado obtenido de un modo más preciso y cuantitativo.

Por una parte se han ido realizando pruebas previas a la realización de las PL (*pre-test*) para determinar de cierta manera el nivel inicial de conocimientos que los estudiantes poseen. La temática es relativa a cada práctica propuesta: electromagnetismo, fluidos, mecánica... Una vez realizadas las PL (PR y PV), se somete al alumnado a otra serie de *tests* posteriores a la realización de dichas prácticas (*post-test*).

Los *tests* se han realizado, por escrito, en el Laboratorio. De momento solo se disponen resultados del curso académico 2010/11: no se muestran porque deben ser valorados comparativamente junto con los del curso 2011/12 (actualmente en proceso).

Como trabajo complementario se está estudiando la posibilidad de realizar alguno de los *tests* a través de Moodle, que es el sistema de gestión de recursos que se utiliza en la UDC como Ambiente Educativo Virtual (6), y de esta forma permitir al estudiante realizar estas pruebas bien desde casa, desde la sala de ordenadores del Centro, o bien desde los ordenadores disponibles en el Laboratorio de Física.

REFERENCIAS

1. C.A. Alejandro, J.M. Perdomo. *Revista Iberoamericana de Educación*, **2009**, Vol. 48 (6)

2. A. Amengual Colom, *Prácticas virtuales de física básica*, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca (2003).

3. M.A. Hidalgo, J. Medina, *Laboratorio de Física*, Pearson, Madrid (2008).

4. T. de Jong, W.R. Van Joolingen. *Review of Educational Research*, **1998,** Vol. 68(2), 179-201.

5. F. Esquembre. *Creación de Simulaciones Interactivas en Java. Aplicación a la Enseñanza de la Física,* Prentice-Hall, Madrid (2005).

6. J.A. Ramírez, R.M. Benito Zafrilla, J. C. Losada González, L.S. Gómez de Quero, *Laboratorio de Física con soporte interactivo en Moodle*, Pearson, Madrid (2010).

ADAPTACIÓN A ENTORNOS *B-LEARNING* DE CURSOS DE FÍSICA DE PLANES DE ESTUDIO EN EXTINCIÓN

Francisco Javier Borondo Benito, Rosa María Benito Zafrilla, Juan Carlos Losada González
Grupo de Innovación Educativa de Física Interactiva
Departamento de Física y Mecánica, E.T.S. de Ingenieros Agrónomos
Universidad Politécnica de Madrid.
juancarlos.losada@upm.es

En este trabajo presentamos las principales características de la metodología seguida en la adaptación de materiales de aprendizaje y evaluación de la asignatura "Fundamentos Físicos de los Procesos de Transferencia" a un entorno b-learning utilizando la plataforma de teleformación Moodle. Dicha asignatura dejará de impartirse de forma presencial a partir del curso 2012/13, debido a la extinción del Plan de Estudios 1964 correspondiente a la titulación de Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de implantación de los nuevos Títulos de Grado conlleva la desaparición de los planes de estudio correspondientes a las actuales Licenciaturas e Ingenierías a las que sustituyen. En esta situación, las asignaturas de los planes de estudio en extinción van dejando de impartirse a medida que se implanta un nuevo curso de los nuevos grados, aunque siguen existiendo durante un cierto número de años los exámenes finales de dichas asignaturas. Para ayudar en el proceso de aprendizaje a los alumnos que tienen que superar este tipo de materias, las tecnologías de la información y comunicación pueden desempeñar un papel muy importante. El uso de plataformas de teleformación, como por ejemplo Moodle, puede contribuir a que el alumno no esté solo en el proceso de aprendizaje y sienta la presencia de otros compañeros y de un profesor que le guía y al que puede consultar sus dudas.

Para ello es necesario adaptar los materiales de aprendizaje que se han venido utilizando en la enseñanza tradicional a entornos *b-learning*. Estos materiales se deben desarrollar con sumo cuidado para que tengan un gran valor pedagógico y sobre todo teniendo presente que deben incluir todos los elementos multimedia necesarios para conseguir un alto grado de interactividad encaminada a potenciar una actitud activa del estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Creemos que esta adaptación es beneficiosa tanto para el alumno, ya que dispone de un material de aprendizaje adaptado a los objetivos de la asignatura y diversos cuestionarios de autoevaluación para poder comprobar sus conocimientos, como para el profesor ya que le permite realizar un seguimiento del trabajo del alumno y por tanto poder evaluar su aprendizaje no solo mediante un único examen presencial.

En este trabajo presentamos la experiencia que se está realizando en la adaptación de la asignatura de tercer curso de la titulación de Ingeniero Agrónomo por la UPM

"Fundamentos Físicos de los Procesos de Transferencia" a un entorno *b-learnig* utilizando la plataforma de teleformación Moodle mediante una metodología basada en la interactividad de los materiales docentes y en la integración de las explicaciones teóricas con la práctica.

Los contenidos de esta asignatura se han organizado en 4 unidades:

- Aspectos fundamentals.
- Transferencia de cantidad de movimiento.
- Transferencia de calor.
- Transferencia de material.

Cada una de ellas contiene un número variable de temas que a su vez se organizan en lecciones.

Estos contenidos se han implementado en la plataforma de teleformación (o CMS: Course Management System) institucional de la UPM, Moodle (1-3). Esta plataforma es un software de código libre (Open Source) que permite desarrollar e instalar los materiales de enseñanza-aprendizaje para su posterior seguimiento por parte de los alumnos. Es de fácil instalación, administración y manejo para usuarios. Además dispone de varias herramientas para la creación de contenidos, como por ejemplo notación matemática en formato LaTeX y facilidad de creación de distintos tipos de ejercicios y problemas con posibilidad de respuestas numéricas, de corrección y evaluación automáticas.

2. METODOLOGÍA

A la hora de preparar una asignatura de este tipo, que dejará de impartirse de forma presencial, hemos tenido en cuenta dos aspectos fundamentales:

- Desarrollar los materiales docentes (tanto de aprendizaje, como de seguimiento y autoevaluación) mediante una metodología basada en la interactividad e integración de teoría y práctica.
- Diseñar la asignatura en la plataforma de teleformación Moodle, implementando los materiales de aprendizaje, de forma que permita su seguimiento con una mínima presencia del profesor.

Con ello pretendemos conseguir unos materiales de aprendizaje autoconsistentes con un alto grado de interactividad, donde queden perfectamente integrados teoría y práctica y que faciliten a los alumnos la comprensión de los conceptos de la asignatura y su aplicación. Además para guiarles en el aprendizaje las unidades están diseñadas para estar visibles cada dos semanas, y permanecer abiertas durante el resto del curso.

2.1. Desarrollo de los materiales docentes

En el desarrollo de los materiales docentes de esta asignatura, hemos utilizado la metodología que vienen siguiendo los profesores del grupo consolidado de innovación educativa de la Universidad Politécnica de Madrid "Física Interactiva" (4), basada en la idea de abordar el proceso de enseñanza-aprendizaje desde la *interactividad* y la *integración* (5).

El objetivo es que estos materiales didácticos no sean un mero libro electrónico o un compendio de apuntes que se ponen a disposición del alumno, sino una herramienta de autoaprendizaje interactiva y flexible que lo motive en el proceso de aprendizaje.

Para fomentar la *interactividad* aprovechamos la potencia de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) utilizando hipertextos, ventanas emergentes y diversas herramientas informáticas como:

- Animaciones realizadas en Flash, que permiten visualizar paso a paso el fenómeno físico que se quiere mostrar. Están creadas para que resulten atractivas, sencillas y clarificadoras de forma que el alumno pueda interaccionar con ellas mediante diferentes comandos.
- Applets de Java con simulaciones de diversos procesos o sistemas, con las que el alumno puede experimentar (incluso "jugar") variando los valores de los parámetros físicos y condiciones iniciales para estudiar un determinado proceso.
- Ejercicios con ayudas que incluyen las opciones de obtener la solución de un apartado y la resolución en la que se explica en detalle la obtención de los resultados del ejercicio, etc. La realización de los ejercicios por el alumno le ayuda a comprender y asimilar mejor los conceptos y fenómenos introducidos, ya que están enfocados para hacerles reflexionar y pensar sobre ellos.

Con el fin de integrar teoría y práctica, todos estos materiales didácticos interactivos (así como vídeos, ejercicios, problemas, experimentos, etc.) están intercalados en las lecciones justo en el sitio donde queremos que el alumno los haga, ya que resultan ser un complemento importante de la teoría que se acaba de introducir.

Se incluyen también prácticas virtuales, y materiales que permiten la autoevaluación del proceso de aprendizaje por parte del alumno mediante cuestionarios, ejercicios con ayuda, etc., siempre intercalados en el lugar correspondiente dentro de las diferentes lecciones.

2.2. Uso de Moodle

A través de la plataforma Moodle se puede fomentar una metodología de aprendizaje activa, utilizando su potencia de gestión de las asignaturas. Se puede orientar al alumno en el uso de los materiales, detallar el calendario de apertura de las unidades, fechas de apertura y cierre de los cuestionarios y tareas propuestas, y demás pautas generales para el seguimiento de la asignatura. Permite, además, diseñar diferentes foros, que pueden ayudar a que el alumno no se sienta solo a la hora de cursar la asignatura. Dentro de estos foros podemos distinguir dos tipos:

- Foros organizados por los propios alumnos, como puede ser uno llamado "cafetería", que como su nombre indica se presta a hablar entre ellos de manera relajada sobre cualquier asunto, u otros más específicos de discusión sobre los temas que ellos elijan. Estos foros permiten un contacto personalizado entre alumnos que en principio no se conocen personalmente.

– Foros organizados por el profesor, donde se pueden presentar dudas sobre conceptos, cuestiones generales, posibles erratas en los materiales, discusiones organizadas, etc.

Así mismo, a través de Moodle podemos promover la formación de grupos de trabajo y estudio, para motivar la interacción alumno-alumno y las tutorías personalizadas para consolidar la relación alumno-profesor.

3. MATERIALES DE APRENDIZAJE

Como ya se ha comentado, los materiales de aprendizaje están intercalados en Moodle en las diferentes lecciones. En la Figura 1 se muestra la pantalla de inicio de la asignatura.



Figura 1. Pantalla de inicio de la asignatura Fundamento Físicos de los Procesos de Transferencia en Moodle del curso 2011/2012.

Los materiales de aprendizaje desarrollados para complementar los fundamentos teóricos de la asignatura, y que aparecen intercalados en cada unidad son:

– Problemas con ayuda.
– Cuestionarios de autoevaluación.
– Prácticas de Laboratorio Virtual.

3.1. Problemas con ayuda

Hemos desarrollado un programa informático que permite diseñar ejercicios o problemas que contienen diferentes cuestiones, de forma que, según lo va resolviendo

el alumno le permite obtener ayudas para su realización y finalmente su resolución completa. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de un problema de fluidos implementado en este software.

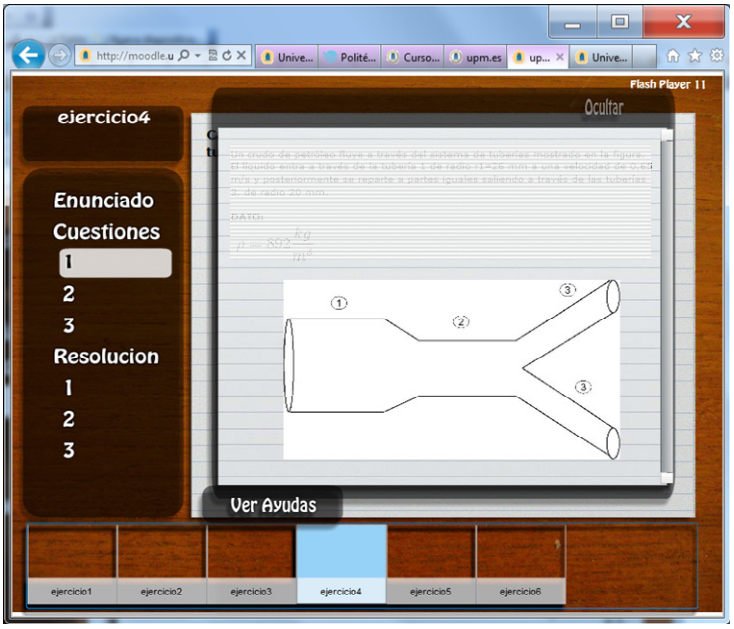


Figura 2. Ejemplo de ejercicio con ayudas.

3.2. Cuestionarios de autoevaluación

De cara a ayudar al alumno a evaluar el grado de asimilación alcanzado en la materia, hemos elaborado una serie cuestionarios de autoevaluación, tanto para cada unidad como generales con cuestiones referentes a la asignatura completa.

Moodle ofrece un amplio abanico de posibilidades a la hora de diseñar estos cuestionarios y su modo de autoevaluación pudiendo poner un tiempo límite, distinto número de intentos, etc. Para esta asignatura hemos considerado adecuado crear un extenso banco de preguntas para cada unidad de forma que los test (con muchas menos cuestiones que el banco de preguntas) se crean aleatoriamente cada vez que un alumno hace un nuevo intento. De este modo los alumnos pueden repetir los test de la misma unidad con preguntas diferentes. Se permiten varios intentos, ya que consideramos que esto fomenta el aprendizaje y la autoevaluación de sus conocimientos.

3.3. Laboratorio Virtual

El laboratorio virtual consiste en varias prácticas intercaladas dentro de la teoría con las que pretendemos que el alumno conozca cómo se realizan ciertos

experimentos. Cada práctica viene acompañada de numerosas ilustraciones y fragmentos de vídeo que reproducen el experimento, e incluyen una memoria completa con los objetivos, material necesario, montaje y realización de la misma.

De manera similar a la asignatura Laboratorio Virtual de Física (6-8), que es una asignatura de libre elección de la oferta global de la UPM, en cada práctica se presentan nuevos datos experimentales con los que el alumno debe reproducir los cálculos y resultados correspondientes. En la Figura 3 se muestra la pantalla inicial de una de estas prácticas virtuales.

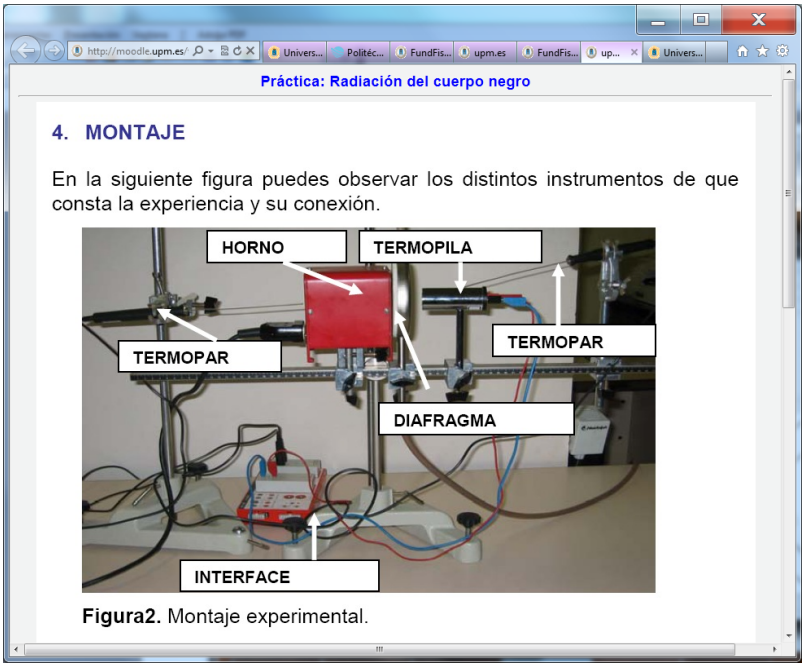


Figura 3. Montaje de la práctica sobre la radiación del cuerpo negro.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos descrito la metodología seguida en el diseño de la asignatura Fundamentos Físicos de los Procesos de Transferencia, y hemos mostrado algunos materiales didácticos que permiten, gracias a su interactividad e integración en las lecciones teóricas, desarrollar un modelo dinámico de aprendizaje por parte del alumno, que esperamos que sea de utilidad a la hora de cursar (y superar) asignaturas que no se imparten de manera presencial por la extinción de los planes de estudio.

En el curso 2011/2012 se está realizando una primera experiencia *b-learning* con los materiales descritos en este trabajo con alumnos que están cursando la asignatura en modalidad presencial, lo que nos permitirá evaluar sus resultados y perfeccionar los materiales antes de que deje de impartirse y solo se realicen exámenes presenciales.

Los profesores del grupo de innovación "Física Interactiva" vienen impartiendo varias asignaturas de libre elección en modalidad no presencial, a través de Moodle, utilizando materiales desarrollados con la metodología aquí expuesta, pero con exámenes presenciales (7-9). El examen presencial nos permite conocer mejor el grado de asimilación de estas materias y la validez de la metodología utilizada. Hemos comprobado cómo las calificaciones que obtienen los alumnos en estas asignaturas tienen una correlación bastante buena con las actividades realizadas durante el curso, de forma que los alumnos que suspenden el examen final coinciden con los que no han realizado las tareas asignadas.

En general hemos observado una buena acogida a la implantación de esta metodología en el proceso de aprendizaje de los alumnos, lo que nos permite ser optimistas con los materiales desarrollados para nuestra asignatura y esperamos que los resultados que se obtengan cuando se imparta 100% on-line sean también positivos, no solo en el número de aprobados sino también en la satisfacción del alumnado en su proceso de aprendizaje.

REFERENCIAS

1. J. Cole, *Using Moodle, Teaching with the popular open-source course management system*, O'Reilly (2007).
2. W.H. Rice IV, *Moodle. Desarrollo de cursos e-learning,* Anaya (2008).
3. I.J. Sánchez Rojo, *Plataforama Educativa Moodle. Administración y Gestión,* Ra-Ma (2009).
4. http://innovacioneducativa.upm.es/informacion_grupo?grupo=206
5. R.M. Benito, M.E. Cámara, J.C. Losada, F.J. Arranz, L. Seidel, *Engineering. 6th WSEAS International Conference on E-ACTIVITIES*, 277-280 (2007).
6. J. Ablanque, R.M. Benito, J.C. Losada, L. Seidel, *Laboratorio de Física con soporte interactivo en Moodle*, Pearson (2010).
7. J. Ablanque, R.M. Benito, J.C. Losada, L. Seidel, M.E. Cámara, F. Borondo, *Relada*, **2008**, Vol. 2(3), 131-136.
8. J. Ablanque, R.M. Benito, J.C. Losada, L. Seidel, *Relada*, **2009**, Vol. 3(2), 110-117.
9. R.M. Benito, J.C. Losada, *Relada*, **2007**, Vol. 1(1), 66-70.

VISUALIZACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA: UNA HERRAMIENTA A EXPLORAR

Ángel Herráez Sánchez[a], ***Gabino Alejandro Carriedo Ule***[b], ***Pascual Lahuerta Peña***[c]
[a]Universidad de Alcalá, [b]Universidad de Oviedo, [c]Universitat de Valencia
lahuerta@uv.es

Se han elaborado una serie de visualizaciones utilizando Jmol (un visor Java de código abierto) en las que se representan diversos procesos relacionados con la enseñanza de la Química. El objetivo es explorar la utilidad de esta herramienta con fines educativos en los diversos niveles del aprendizaje.

1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de los principios químicos a nivel de Bachillerato o ESO resulta extraordinariamente importante, ya que el alumno debe adquirir una serie de conceptos que van a ser la base de sus estudios posteriores.

Los procesos químicos (reacciones) son esencialmente dinámicos y no siempre resultan fáciles de comprender con imágenes fijas. Eso nos ha llevado a los autores de este proyecto a explorar la utilidad educativa que pueden tener visualizaciones de procesos, tales como reacciones de ácidos fuertes o débiles en agua, reacciones de hidrólisis de sales, diferenciación entre elementos, mezclas y compuestos, los resultados de la fusión de diversos tipos de sólidos, influencia de presión y temperatura sobre un equilibrio de gases o procesos de intercambio iónico.

Algunos de estos temas se han elegido por sugerencia de profesores que encuentran especial dificultad en la consolidación de determinados conceptos. La utilidad de estos materiales solo podrá ser constatada por los profesores de Bachillerato o ESO, por ello, cualquier comentario sobre los contenidos o bien sugerencias sobre nuevos conceptos susceptibles de ser trabajados en forma de visualización serán bien recibidos.

2. EJEMPLOS DE VISUALIZACIONES

Algunos conceptos clave de la química parecen fáciles de utilizar en la práctica, pero pueden presentar una gran dificultad para ser bien comprendidos por los alumnos al principio de su aprendizaje. Tomemos, por ejemplo, el elemento químico. La idea parece simple: un elemento es una sustancia química (algo físicamente real) formada por átomos del mismo tipo. Pero es preciso afinarla mucho. Una masa gaseosa formada por átomos de hidrógeno ¿sería un elemento? La respuesta es sí, pero aquí hay un detalle sumamente importante, que a veces se da por supuesto y que, si no se aclara, puede afectar a lo que se entiende por elemento. Tal forma elemental a base de hidrógeno monoatómico es muy difícil de observar como tal en la Tierra. Decir que "no existe" no es exacto. En el espacio abundan las nubes de hidrógeno atómico. Pero

en la Tierra, tal forma de hidrógeno resulta excesivamente reactiva para subsistir, ya que tiene mucha materia a mano con la que reaccionar. Para nosotros el hidrógeno es un gas molecular de fórmula H_2, que a muy bajas temperaturas es un líquido. En realidad, con eso decimos que el hidrógeno molecular es la forma de hidrógeno elemental más fácil de generar y de usar en el laboratorio o las industrias. Por ello hay que lograr que cuando un alumno piense en el elemento hidrógeno, imagine una sustancia real hecha solo con átomos de hidrógeno (el de Z = 1 y símbolo H) y que su forma más estable en la Tierra es H_2 (el dihidrógeno). Del mismo modo, debe saber que el oxígeno es O_2 (un gas licuable y solidificable), pero también existe el O_3, llamado ozono. El dioxígeno y el trioxígeno son formas alotrópicas del oxígeno.

A diferencia de los elementos, los compuestos son sustancias reales compuestas por átomos o iones de distinto tipo. El agua es un buen ejemplo. Está constituida por átomos de hidrógeno y de oxígeno. Es más, tiene dos del primero por cada uno del segundo (fórmula H_2O). Pero una mezcla de hidrógeno y oxígeno, como $2H_2 + O_2$, también está hecha de átomos de hidrógeno y de oxígeno y no es un compuesto sino una mezcla de dos elementos.

La diferencia entre el compuesto y la mezcla se ve muy bien a escala molecular. En el agua solo hay moléculas triatómicas H-O-H. En la mezcla de hidrógeno y oxígeno se verían moléculas H-H y O-O.

Por ello, creemos que en los primeros contactos con la Química, la animación (ver figura 1) de conjuntos de átomos de hidrógeno, de conjuntos de moléculas de dihidrógeno, de conjuntos de moléculas de H_2 y de O_2 mezcladas y de conjuntos de moléculas de H_2O puede ayudar mucho a diferenciar los átomos de sus símbolos y de los elementos y a los compuestos de las mezclas. Algo esencial para todo el aprendizaje futuro.

Del mismo modo, la animación de átomos o moléculas empaquetados en una red sólida junto con sus movimientos puede ayudar a entender las fuerzas intermoleculares y los procesos de fusión. La aparición y desaparición de moléculas de un conjunto al cambiar la presión y la temperatura pueden ayudar a comprender los equilibrios químicos y su carácter dinámico. La animación atómico-molecular puede ser una herramienta muy útil en otros muchos conceptos, como la separación por destilación, las columnas de intercambio iónico, la extracción por reparto entre dos líquidos, la cromatografía, los equilibrios ácido-base, las pilas electroquímicas, y todos aquellos que se basen en las relaciones entre átomos y moléculas. En este trabajo hemos utilizando Jmol, un visor Java de código abierto (1) que nos permite mostrar las estructuras químicas tridimensionales y animar los cambios que experimentan.

El comportamiento de ácidos fuertes en agua permite ilustrar en el primer caso la desprotonación del ácido y la formación de especies H_3O^+ en el medio. En el caso de un ácido débil se planteó la dificultad de ilustrar la desprotonación parcial y mínima que sufre un ácido débil como HF. Se recurrió a aumentar el número de especies en la pantalla para poder destacar la presencia de tan solo una de ellas disociada (ver Figura 2).

Una vez preparados los archivos de datos, las moléculas se muestran dentro de una página web en forma de mini-aplicación Java. Jmol permite la rotación de los modelos

por parte del usuario, aportando si es preciso la percepción tridimensional del modelo. Por otra parte, se programa una animación que demuestra el proceso (por ej., la disociación) y que el usuario puede activar y repetir a voluntad usando controles incluidos en la propia página. La presentación se completa con el texto explicativo que guía al lector e ilustra los conceptos deseados.

Los materiales resultantes se encuentran disponibles en la web (2).

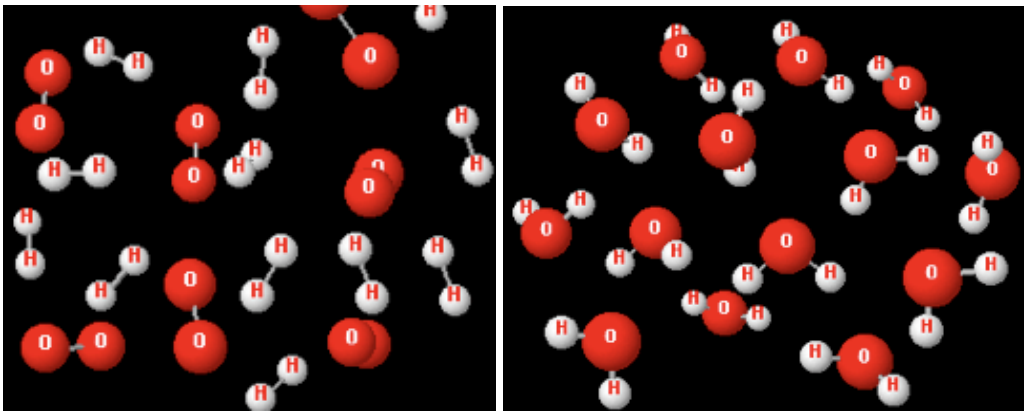


Figura 1. Simulación de moléculas de hidrógeno y de oxígeno mezcladas (izquierda) y de agua (derecha).

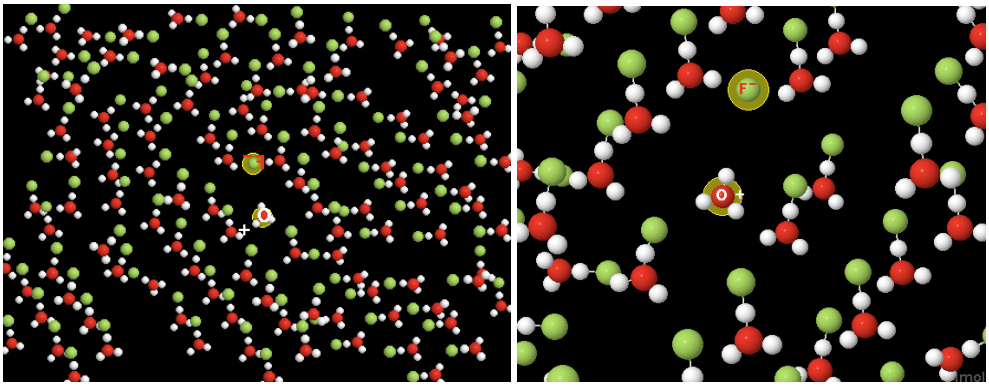


Figura 2. Dos aspectos de la simulación de la desprotonación de un ácido débil (HF).

REFERENCIAS

1. Jmol: un visor Java de código abierto para estructuras químicas en tres dimensiones. http://www.jmol.org
2. Visualizaciones para química. http://www.uv.es/quimicajmol/bachiller/index.htm

LA RED IBERCIVIS COMO PLATAFORMA DIDÁCTICA

Teresa Ubieto Puértolas [a], ***María Rebeca Clemente Gallardo*** [b],
Jacobo Cano Escoriaza [c], ***Jesús Clemente Gallardo*** [d]
[a]Máster de Educación Secundaria, Universidad de Zaragoza
[b]Departamento de Didácticas Específicas, Universidad Autonóma de Madrid
[c]Departamento de Ciencias de la Educación, Universidad de Zaragoza
[d]BIFI-Departamento de Física Teórica, Universidad de Zaragoza
maria.clemente@uam.es

En este trabajo presentamos un estudio preliminar de las posibilidades didácticas que ofrece la plataforma de computación voluntaria Ibercivis. Al tratarse de un marco donde se están resolviendo problemas científicos actuales, proporciona una herramienta de trabajo para analizar una posible modificación del currículum de las enseñanzas no universitarias para adaptarlas a los últimos desarrollos científicos. Y al desarrollarse en Internet, nos permite considerar éste como un primer paso de cara a un proceso más general de alfabetización científica, que es uno de los compromisos de Ibercivis hacia su comunidad de usuarios.

1.INTRODUCCIÓN

En la década de los ochenta se produjo en el mundo anglosajón una crisis en la enseñanza de las ciencias, llamada de "alfabetización científica" (1), para referirse a las carencias en la formación científica de una población adulta totalmente escolarizada. Los trabajos de evaluación también reflejaron esas deficiencias entre los estudiantes que finalizaban sus estudios secundarios (2).

La National Science Teachers Association (3) definió una persona alfabetizada científicamente como aquella que es capaz de comprender que la sociedad controla la ciencia y la tecnología a través de la provisión de recursos, que usa conceptos científicos, destrezas procedimentales y valores en la toma de acciones diaria. Dicha persona es capaz de reconocer las limitaciones así como las utilidades de la ciencia y la tecnología en la mejora del bienestar humano, conoce los principales conceptos, hipótesis y teorías de la ciencia y es capaz de usarlos. De igual forma, puede diferenciar entre comprobación científica y opinión personal, tiene una rica visión del mundo como consecuencia de la educación científica y tecnológica y usa estas fuentes en el proceso de toma de decisiones.

En relación a la formación científica del alumnado, algunos profesionales opinan que la enseñanza de la física del siglo XXI tendría que ocuparse de la transmisión de aquellos conocimientos suficientemente probados, que han superado los condicionamientos sociales y la propia evolución de la materia. Además, esta opción estaría avalada por el hecho de que son contenidos habituales en los programas, parecen claramente asequibles cognitivamente para una parte no despreciable del alumnado y suelen estar bastante estructurados y trabajados científicamente. Es decir,

se trataría de decantarse por una alternativa poco novedosa pero apoyada por una *aparente seguridad* (4).

No admite discusión, sin embargo, el hecho de que los contenidos curriculares en la actualidad se refieren en la mayoría de los casos a teorías y procesos científico-tecnológicos que tuvieron lugar a finales del siglo XIX y principios del XX. Esto produce que queden muy alejados de la investigación actual, lo que origina una gran separación entre lo que se enseña y lo que se investiga actualmente. Esto puede tener como consecuencia la falta de conexión entre ambas realidades y puede conllevar que se perciba una aparente no utilidad de lo aprendido en el ámbito escolar y la falta de conocimiento sobre la ciencia moderna.

Asimismo, aunque la evolución científica y tecnológica ha sido muy rápida desde mucho antes, desde las últimas décadas del siglo XX se ha disparado tanto el número como la complejidad de los hallazgos científicos y tecnológicos. Este hecho, y la generación en la vida cotidiana de aplicaciones derivadas de estos hallazgos, acarrea una grave consecuencia: la casi total falta de conocimiento por parte del ciudadano medio de los procesos científicos que han conducido al mundo cada vez más tecnificado en que el que vivimos. Por esta razón, actualmente se está dando una mayor relevancia al papel que los diversos agentes involucrados en la elaboración, difusión y enseñanza de la ciencia deben tener para resolver este serio problema (5).

Finalmente, podemos indicar que aparecen recogidas en la literatura (6,7) diversas razones respecto a la necesidad de actualizar los currículos de física, en concreto en secundaria. Entre dichas razones podemos citar (8):

- Los contenidos deberían despertar la curiosidad de los alumnos y ayudarlos a tomar conciencia de que la física es una actividad humana cercana a ellos.
- La enseñanza de temas actuales de la física puede ayudar a transmitir a los alumnos una visión más adecuada de esta ciencia y de la naturaleza del trabajo científico, desechando una visión lineal y acumulativa del mismo.
- Los estudiantes no tienen contacto con el mundo de la física moderna, pues la física que estudian no supera 1900. Dicha situación no es aceptable si tenemos en cuenta la revolución científica que se ha producido en el siglo XX.
- Es necesario motivar a los jóvenes para que escojan la carrera científica como opción profesional y la física moderna es la que más puede influir en los estudiantes para elegir Física como carrera profesional.

2. LA PLATAFORMA IBERCIVIS

Para una exposición más detallada de lo que aquí presentamos, recomendamos al lector las referencias (9,10).

2.1. Computación voluntaria

La computación voluntaria hace referencia a la participación voluntaria de los ciudadanos en diversos proyectos de computación científica a través de la cesión de sus equipos personales cuando éstos están ociosos. En conjunto, todos los equipos que

participan a nivel mundial en proyectos de computación voluntaria basados en BOINC proporcionan del orden de millones de núcleos de cálculo (http://boincstats.com). Es aquí donde se enmarca Ibercivis.

La computación voluntaria tiene muchas ventajas respecto a otras plataformas de computación. En primer lugar, tiene como base la compartición de recursos, lo que supone un ahorro en la compra de equipos potentes y en suministro eléctrico. De esta forma se permite a centros científicos que no pueden permitirse la última tecnología, afrontar cálculos muy complejos de forma rápida y eficiente. En segundo lugar, es un sistema escalable dado que el número de usuarios crece continuamente.

Finalmente, la computación voluntaria establece un vínculo entre la ciencia y la ciudadanía de forma que es una eficaz herramienta de divulgación científica (ver, en otro contexto, (11)). Al fin y al cabo la investigación beneficia a la sociedad en general, por lo que es importante que esta sociedad esté informada de los nuevos avances, en especial si han colaborado en esa investigación, aunque sea de una forma indirecta.

A pesar de que la computación voluntaria es ampliamente utilizada por diferentes áreas científicas y tecnológicas, no todas las aplicaciones pueden ejecutarse en una infraestructura así: es necesario que puedan partirse en fragmentos cortos, que puedan realizarse cálculos de forma independiente, y existen algunas limitaciones en cuanto a volumen de datos.

2.2. Ibercivis

Ibercivis surgió como una evolución del proyecto Zivis, creado por el Instituto de Biocomputación y Física de los Sistemas Complejos de la Universidad de Zaragoza y el Ayuntamiento de Zaragoza durantes los meses de abril y mayo de 2007, que pretendía obtener una potencia de cálculo que lograra aportar resultados competitivos a nivel internacional en la simulación de plasmas de fusión. Zivis fue un éxito tanto en el terreno científico como en el sociológico. En los años siguientes Ibercivis ha extendido los temas científicos y su radio de acción, teniendo ahora una sede en Portugal (http://www.ibercivis.pt) y colaboraciones con Cuba, Brasil y Argentina. El 14 de noviembre de 2011 Ibercivis se convirtió en una Fundación. La Fundación Ibercivis tiene como objetivos continuar su labor de colaboración con la investigación y realizar actividades de divulgación para dar visibilidad a los grupos de investigación que participan.

3. UNA PROPUESTA DE UNIDAD DIDÁCTICA PARA DIVULGAR LA "FUSIÓN NUCLEAR" EN EL BACHILLERATO

3.1. Contextualización

La unidad didáctica *"La fusión nuclear: una energía de futuro que necesita gente como tú"* se concibió como una unidad de apoyo al proyecto Ibercivis para el alumnado de la Educación Secundaria obligatoria (E.S.O.) y el de Bachillerato. Los

contenidos de la unidad repasan desde conocimientos básicos adquiridos en las materias de ciencias de los primeros cursos de la E.S.O. hasta otras más específicas y avanzadas como Física o Tecnología de segundo de Bachillerato. En este trabajo se ha pretendido adaptar estos contenidos al formato web, utilizando la plataforma gratuita Moodle.

Ibercivis tiene material didáctico publicado, como puede verse en la dirección http://ibercivis.es/index.php?module=public&section=channels&action=view&id_channel=4&id_subchannel=38, en varias áreas. Entre todas ellas, se ha elegido la fusión nuclear por considerar que el problema energético es más cercano al alumnado de secundaria, aunque en el futuro está previsto crear nuevas unidades y material didáctico en formato web de apoyo para el resto de investigaciones. Se dispone además de material didáctico innovador como es un laboratorio virtual desarrollado con tecnología Java, con enormes potencialidades didácticas (ver la Figura 1, o más en general http://www.bifi-ciemat.es/laboratorio/html/spanish/).

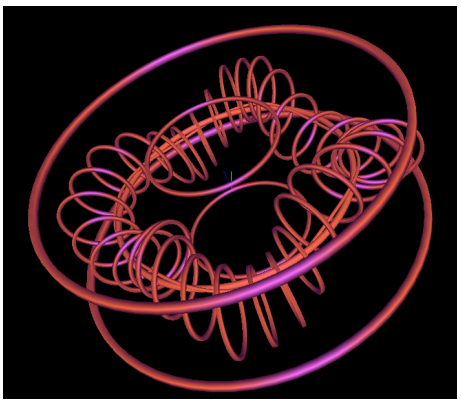


Figura 1. Entorno Java de laboratorio de fusión.

Aprovechando el período en prácticas del máster de Educación Secundaria de la Universidad de Zaragoza de uno de los autores, hemos comenzado a implementar en el aula el material preparado. Desde la concepción del proyecto se tenía pensado adaptar la unidad para Bachillerato, debido a la complejidad del contenido a tratar, y preferiblemente para el primer curso. La implantación se probó en el I.E.S. Élaios, de Zaragoza, con un grupo de alumnos de la materia optativa "Tecnologías de la información y la comunicación".

Los 21 alumnos proceden de dos modalidades de Bachillerato: concretamente 11 están cursando Bachillerato Científico-Tecnológico y 10 estudian Humanidades y Ciencias Sociales. El objetivo último de Ibercivis es motivar a los alumnos (y a la ciudadanía) para que se involucren en aspectos de la ciencia asequibles para ellos: que visualicen las dificultades y el alcance de las simulaciones matemáticas realizadas, y a la vez comprendan el problema que se busca resolver. La diversidad del alumnado supone un reto añadido, muy acorde, sin embargo, con el aspecto divulgativo de la investigación científica de este proyecto.

3.2. Competencias y capacidades trabajadas

A la hora de planificar y temporalizar la unidad didáctica, se han elegido las siguientes capacidades, de la materia Tecnologías de la Información y la Comunicación (12):

- Valorar las posibilidades que ofrecen las tecnologías de la información y la comunicación y las repercusiones que suponen en el ámbito personal, profesional y social y en el ámbito del conocimiento.
- Conocer y utilizar las herramientas necesarias para integrarse en redes sociales, aportando sus competencias al crecimiento de las mismas y adoptando las actitudes de respeto, participación, esfuerzo y colaboración que posibiliten la creación de producciones colectivas.
- Fomentar las estrategias que permitan emplear los instrumentos de colaboración a través de la red, de manera que se desarrolle la capacidad de proyectar en común.

Estas capacidades se van a desarrollar en los alumnos a partir de una serie de actividades que involucren el uso de TICs, relacionadas con la fusión nuclear.

3.3. Temporalización

La temporalización de las sesiones se ha estructurado basándonos en la disponibilidad tanto material (de la sala de ordenadores) como temporal (de los alumnos), de la siguiente manera:

- Cuatro sesiones presenciales de trabajo guiado/en parejas en la sala Ramón y Cajal del I.E.S. Élaios, (2 sesiones semanales). Esto permite un intervalo de tiempo para el trabajo del alumno en su casa.
- Trabajo desde casa: búsquedas de información e intervención en los foros de la asignatura.
- Realización de una página web que recoja los contenidos y opiniones de los alumnos, durante el mes posterior a las clases presenciales.
- Visita voluntaria a las instalaciones del BIFI en Zaragoza, donde los alumnos podrán visualizar en 3 dimensiones la trayectoria del plasma en el interior de un reactor de fusión Tokamak.

  En la Tabla 1 se recogen los contenidos de las 4 sesiones realizadas.

3.4. Resultados y discusión

Uno de los aspectos que requiere mayor atención es la evaluación de la unidad didáctica. Moodle permite un seguimiento muy directo de las actividades que realiza el alumno dentro de la plataforma, lo que va a ser muy útil para llevar a cabo una evaluación continua y proporcionar una retroalimentación al alumno sobre aspectos insuficientemente trabajados.

Para poder evaluar los resultados de aprendizaje adquiridos durante las sesiones, se ha diseñado, a través de las aportaciones de profesorado de la Universidad y de los

Institutos de Educación Secundaria, un cuestionario previo y un cuestionario final, que los alumnos realizarán firmando con un alias. De este modo es posible realizar un análisis comparativo. En el cuestionario final se han incluido también preguntas sobre la evaluación del proceso. La información recogida supone un avance útil para proponer futuras mejoras en la investigación.

Tabla 1. Sesiones presenciales y actividades realizadas.

Sesión 1	Computación voluntaria. Ibercivis.	- Crear un perfil en Moodle. - Darse de alta en Ibercivis. - Realizar una simulación. - Cuestionario inicial de conocimientos y actitudes.
Sesión 2	Fuentes de energía en la actualidad. Necesidad de nuevas alternativas energéticas.	- Búsqueda de información en la red. - Debate (oral) y debate en foros de opinion.
Sesión 3	La energía nuclear. Fisión y fusión.	- Clarificación de conceptos de física y tecnología. - Cuestionario de evaluación del proceso.
Sesión 4	La fusión nuclear. Posibilidades y retos. El proyecto ITER.	- Visualización de modelos. - Construir una página web.

El conocimiento inicial de los alumnos sobre cuestiones relativas a energías y a energía nuclear es desigual (ver Tabla 2). Por ejemplo, un 70% responde correctamente que la reacción que sucede en el sol es de fusión. Sorprende, sin embargo, que algunos no tienen claro qué fuentes de energía son renovables o no renovables.

Tabla 2. Porcentaje de alumnos que distinguen correctamente energías renovables y no renovables.

Energías renovables/no renovables	Correcto
Nuclear	79%
Biomasa	74%
Solar fotovoltaica	84%
Petróleo	89%

En cuanto a su actitud hacia la energía nuclear (Tabla 3), parecen valorar más sus inconvenientes que sus ventajas.

Por último, con respecto a la computación ciudadana, algunos alumnos afirman haber oído hablar de ella (40%) mientras que la mayoría (60%) desconocen en qué consiste. En general, utilizan alguna herramienta basada en TICs a la hora de realizar

trabajos en grupo (67%), mientras que solo 1 alumno no las usa nunca, y un 27% afirma usarlas intensivamente. Un 67% de los alumnos nunca lee ni participa en foros sobre ciencia, un 26% dice leer de vez en cuando y un 6% afirma que participa activamente.

Tabla 3. Algunas cuestiones que plantea el cuestionario inicial realizado a los alumnos en relación con su actitud hacia la energía nuclear.

	Actitud negativa (poco o nada de acuerdo)	Actitud positiva (bastante o totalmente de acuerdo)
La energía nuclear me parece la única forma realista de abastecer al mundo de electricidad.	88%	12%
La energía nuclear me parece muy peligrosa, la prohibiría.	53%	47%
La energía nuclear tiene ventajas e inconvenientes con respecto a otras formas de energía.	7%	93%

La evaluación se va a completar mediante un cuestionario final que se realizará a los alumnos. Teniendo en cuenta otros estudios similares que se encuentran en la bibliografía (13,14), se han introducido cuestiones de orden conceptual y otras de tipo valorativo. En concreto, se valorarán los siguientes puntos:

- Conocimiento sobre cuestiones relativas a energías, energía nuclear y computación ciudadana.
- Actitud hacia la energía nuclear.
- Actitud hacia herramientas informáticas colaborativas.
- Percepción del proceso de enseñanza.

A la hora de proponer mejoras se va a tener en cuenta, complementariamente, la evaluación del proceso de los profesores del I.E.S. Élaios.

4. CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y PROSPECTIVA

A día de hoy la finalización de algunas de las actividades programadas está todavía pendiente. Sin embargo, se pueden adelantar algunas conclusiones generales:

- Los alumnos son receptivos al uso de las TICs y responden de forma positiva, al poder intervenir de manera activa en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, es un procedimiento relativamente nuevo para ellos, por lo que es necesario prestarles asistencia.

- Se considera relevante reforzar la competencia de aprender a aprender de forma autónoma, así como la competencia digital en lo que se refiere a la búsqueda y discriminación de información en la red.
- Esta forma de trabajar parece ser más atractiva para los alumnos de Bachillerato Científico-Tecnológico que para los de Ciencias Sociales. Los primeros han participado y se han involucrado más en las actividades. A pesar de haber tratado de abordar la fusión nuclear desde una perspectiva de divulgación, es muy posible que esto esté producido por el tema elegido, evidentemente más relacionado con las ciencias experimentales que con las inclinaciones de otros alumnos.
- Supone un reto fomentar el trabajo cooperativo especialmente en este nivel de Bachillerato, previo a una Formación Profesional y/o Universitaria. Los estudiantes se "reparten" el trabajo pero no suelen criticar a sus compañeros ni trabajar realmente en equipo. Mediante actividades como la creación de una web pretendemos fomentar la cooperación entre ellos.

Por todo esto se puede concluir que la unidad didáctica es interesante y útil para los estudiantes, y les permite trabajar la competencia en tecnologías de la información entre otras.

Algunas de las dificultades encontradas para llevar a cabo nuestro proyecto han sido:

- Insuficiencia de medios (pocos ordenadores, conexiones muy lentas a Internet que pueden hacer tediosas las tareas)
- Dificultad en la transposición didáctica de los contenidos

En resumen, hemos construido una primera etapa en nuestro proceso de adaptación del material didáctico desarrollado para el tema de Fusión Nuclear en el marco de Ibercivis. Se ha desarrollado material didáctico para un primer curso de Bachillerato y se ha puesto en práctica en el aula. Si bien los resultados son preliminares, pues no disponemos de los resultados finales de las encuestas, nuestras primeras valoraciones son que la respuesta del alumnado ha sido muy positiva. Enfrentados a un tema científico de gran complejidad, el uso de las TICs, la novedad de la plataforma, y la posibilidad de aproximarse a la Ciencia de forma más directa han posibilitado una aceptación que no era de esperar, visto el nivel inicial. Desafortunadamente, los problemas técnicos en el Centro han impedido un mejor aprovechamiento de las sesiones en el aula.

En cualquier caso, en relación a la hipótesis planteada en la introducción a propósito de la conveniencia del uso en la didáctica de las Ciencias, y en particular de la Física, en las enseñanzas no universitarias, podemos verificar que con los primeros datos disponibles parece confirmarse nuestra hipótesis inicial: el uso de recursos asociados a la investigación de vanguardia, adecuadamente estructurados, tiene una buena acogida por parte del alumnado y una transmisión de conocimientos adecuada.

REFERENCIAS

1. M.R. Matthews, *Science Teaching*, Routledge, Londres (1994).

2. P. Membiela, *Alambique,* **2002**, Vol. 32, 17.
3. NSTA, *Science-technology-society: Science education for the 1980s,* NSTA, Washington (1982).
4. A. Pro, O. Saura, *Alambique,* **2001**, Vol. VIII (29), 53.
5. A.M. Sebastián, L.A. Angurel, R. Burriel, A. Camón, *IV Congreso de comunicación social de la ciencia*, 21-23 noviembre 2007, Madrid.
6. D.P. Gil, F. Sennent, J. Solbes, *Enseñanza de las Ciencias*, **1987**, núm. extra, 209.
7. R. Stannard, *Physics Education,* **1990**, Vol. 25(3), 133.
8. F. Ostermann, M.A. Moreira, *Enseñanza de las Ciencias*, **2000**, Vol. 18 (3), 39.
9. F. Serrano *et al*., *RedIRIS: boletín de la Red Nacional de I+D RedIRIS*, **2010,** Vol. 82-83, 31.
10. F. Serrano *et al.*, *Alkaid: Revista Multitemática*, **2010,** Vol. 9, 12.
11. M. Martín, C. Osorio, *Revista Iberoamericana de Educación*, **2003**, Vol. 32, 165.
12. Orden de 9 de mayo de 2007, del Departamento de Educación, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la C.A. de Aragón, BOA 1/06/07.
13. A. García Carmona, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, **2006**, Vol. 3 (2), 188.
14. A.Vilches, J. Solbes, *REEC: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, **2002**, Vol. 1(2), 80.

Parte VI

Aportaciones para la enseñanza de las ciencias experimentales

MOTIVATIONAL SECONDARY AND TERTIARY EDUCATION: THE PROFILES PROJECT[2]

Liberato Cardellini
Dipartimento SIMAU, Facoltà di Ingegneria, Ancona, Italy
l.cardellini@univpm.it

This paper reports about a European didactic project, PROFILES, that aims at disseminating inquiry-based science education. To this end, the PROFILES partners are using and developing innovative learning environments and long-term teacher training programmes.

1. INTRODUCTION

Over recent decades, students' interests and achievements in chemistry have declined in many countries. According to Aikenhead (1, p. 103) the reason is that "chemistry and physics are irrelevant and boring, mainly because their instruction is out of synchrony with the world outside of school". It may be interesting to consider the reasons why we are at this point, and then to suggest some alternatives. Contrary to the situation at the beginning of the 1950s when science was viewed as important, interesting and exciting, the image of science today has to compete with many other interests. It is therefore reasonable to assume that these competing interests can hinder students' motivation to become involved in science studies.

In a report to the Nuffield Foundation, Osborne and Dillon (2, p. 27) concluded "The irony of the current situation is that somehow we have managed to transform a school subject which engages nearly all young people in primary schools, and which many would argue is the crowning intellectual achievement of European society, into one which the majority find alienating by the time they leave school."

In an extended study about the school science curriculum, involving 144 students, 117 parents and 27 teachers, Osborne and Collins (3) found that science was considered to be an important subject of study by all students and their parents, but that science education was valued by students only as a topic to achieve career aspirations rather than as a subject of intrinsic interest, and "The subject that attracted the most antipathy was, surprisingly, chemistry. This was seen as abstruse and irrelevant to contemporary needs." (p. 5) The lack of relevance most probably leads to both low levels of motivation and interest in chemistry, and can also be one of the reasons for the decline in enrolment in science courses in upper secondary and higher education.

[2] Se ha mantenido este trabajo en inglés por considerar que es fácilmente comprensible para el lector en español con conocimientos del tema. Se describe un proyecto europeo que promueve enfoques educativos basados en la indagación.

As science teachers, we are trained to transmit to the students the products of "the context of epistemological justification", that is to transmit 'what we know', rather than 'how we know what we think we know' (4, p. 407). Schwab argued that science is "taught as a nearly unmitigated *rhetoric of conclusions* in which the current and temporary constructions of scientific knowledge are conveyed as empirical, literal and irrevocable truths" (5, p. 24). Science in schools is commonly taught from a "positivist perspective" as a subject in which there are clear "right answers" and where data lead without any doubt to agreed conclusions. Such presentations of scientific progress constitute a rhetoric of conclusions, based on immutable truths and fail to show the tentative nature of scientific theories and this can be one of the causes of chemistry's lack of relevance in chemical education. (4, 6-8)

Motivation is an important construct and one of the foremost challenges in education. (9-15) According to Brophy, "Motivation to learn refers primarily to the quality of students' cognitive engagement in a learning activity, not the intensity of the physical effort they devote to it or the time they spend on it. For most tasks, there is a curvilinear relationship between motivational intensity and degree of success achieved. That is, *performance is highest when motivation is at an optimal level rather than either below or above this optimal level*." (16, p. 16)

Scholars distinguish between "*intrinsic motivation*, which refers to doing something because it is inherently interesting or enjoyable", and "*extrinsic motivation*, which refers to doing something because it leads to a separable outcome." (17, p. 55) Extrinsic motivation can be triggered up by the teacher, as long as the teacher enjoys the subject and the teaching of it. Because of their position of authority in class, teachers play a fundamental and influential role in education. Arguing about models in teaching chemistry, Bent (18) concluded "that *the most important models in teaching chemistry are chemistry teachers themselves*. The most important models in classrooms are real role models using chemical models to talk about real chemistry."

The teacher is the central character when education is concerned: if we are not interested in the subject and in the way our student learn meaningfully, nothing is possible, and we know we can be the major barrier to the learning of chemistry: "As a student, I hated chemistry. ... The teacher ... appeared to dislike chemistry as much as he disliked the students." (19)

Because of the disappointing results of the international comparative assessments, such as the *Program for International Student Assessment* (PISA; since 2000, 20-23), it is necessary to rethink the goals and pedagogy of science education. Reflection might well begin with the conclusions of recent reports and studies on science education: the content of school science and its associated pedagogical approaches are not aligned with the interests and needs of both society and the majority of the students. (1-3, 7, 8, 24, 25)

Most students do not find their science classes interesting and motivating mainly because the school science program is overloaded with content and the curricula exclusively emphasize the fundamental content of the science disciplines. (26-31) "It would seem that teachers continue to teach the content of the subject for a variety of reasons. One important factor is that textbooks, for the most part, ignore non-

conceptual areas, preferring to include applications within the society of science concepts studied, rather than starting from society's way of utilising science" (26, p. 15). If a change is needed, we should know the direction to follow to implement a more engaging curriculum. According to Rosalind Driver and co-workers, "what is required is a reconsideration of the role of science education, commonly seen as an introductory *training* in science, emphasizing basic methodological skills and practices, to one that sees its function as an education *about* science, which seeks to empower young people and develop their scientific literacy." (32, p. 289)

Contextualizing the teaching and the experiments brings beneficial effects on students' understandings. "Advocates of context-based courses often cite two particular features which should enhance the understanding of scientific ideas. The first of these is the motivational aspect of the approach: if students can see the point of what they are studying, they will engage with the materials and they are likely to learn more effectively. The second relates to the 'drip feed' approach: the revisiting of ideas at different points in a course provides more opportunities for students to develop their understanding of scientific ideas." (33, p. 172)

As a result of actual practice, learning in the sciences has a tendency to be linear and boxed, often with isolated concepts detached from their scientific origins: students fail to make connections between learned facts and concepts with applications because they unable to recognize the science's relevance. The learned science does not become applicable knowledge, useful in the students' lives to be citizens able to participate successfully in discussions with their peers, and so it no longer meets their needs, interests and aspirations. (28, 34-37) The learned concepts and facts become *inert knowledge*, only connected to the context of being part of 'school science'.

Many students now arrive at university poorly prepared and motivated towards learning. For example, a Friedel-Maloney (38) questionnaire presented during the first lessons for students enrolled in the first year of an engineering university course typically shows poor results (less than 50% correct on any question). The Friedel-Maloney questionnaire consists of four questions: A1) How many oxygen atoms are present in a container with 288 g of O_3? (molar mass of O_3 is 48.0 g); A2) There are $1.8x10^5$ atoms in a sample of P_4. What is the mass of this sample? (Molar mass of P_4 is 124 g); A3) How many atoms of sulfur are in a sample of 963 g of S_6? (gram atomic weight of S is 32.1 g); A4) There are $2.41x10^{24}$ atoms in a sample of S_8. What is the mass of this sample? (gram atomic weight of S is 32.1 g). Five response choices are provided for the last question, and four for questions 1, 2, and 3. Only 10 students out of 75 solved the four problems correctly, while 24 answered all the four problems wrongly.

2. THE PROFILES PROJECT

The European Commission is currently funding, through the 7th Framework Programme for research and technological development, some international projects, which address the issues of education and teaching of mathematics and natural sciences. One of them is the PROFILES (Professional Reflection Oriented Focus on

Inquiry-based Learning and Education through Science) project. (39-41) It is a large project consisting of a consortium of 21 partner institutions in 19 different countries. This project will go on for four years and promotes motivational inquiry-based science education (IBSE) by supporting science teachers to develop more effective ways to teach students, involving them actively in their learning.

The initial focus of the programme is the teachers, and the professional development needs of the participating teachers are ascertained by the use of a so called 'gateway' questionnaire. The interests and needs of the teachers are the basis for repeatedly organized, professional development and collaborative interaction meetings, in which IBSE strategies, inclusive of student motivational teaching alternatives, are developed and tried out in the classroom setting. The intention is that enhancing their professionalism in a collaborative setting will raise the self-efficacy of science teachers to take ownership of more effective ways of teaching students. Because of the strong relation between a teacher's sense of efficacy and the commitment to teaching, it is important to sustain a long-term professional development programme, based on the challenges of implementing student relevance in the learning of scientific subjects. (42)

Teachers can implement already-developed, exemplary context-led, IBSE focussed, science teaching materials: the modules were developed as part of an FP6 project on which PROFILES builds called PARSEL (43). PARSEL stands for 'popularity and relevance of science education for scientific literacy'. The PARSEL project, based on a philosophy of increasing students' intrinsic motivation and student involvement in learning using an education through science approach, produced teaching modules in a range of science subject areas. (44) There are now available about 55 modules on biology, chemistry, physics, mathematics, science, and some are interdisciplinary. They are of different levels of complexity, ranging from grade 6 to grade 12. Each module comprises four documents: the front-page; the material for students; the material for teachers, and the assessment of the students. A few modules contain a fifth document: a questionnaire, or the teacher's notes.

The use of the modules attempts to awaken students' intrinsic motivation as a stepping stone to engaging them in tackling scientific problems and making socio-scientific decisions. The approach is from a socio-scientific situation seen as familiar and motivational by students, while the teaching is challenging, inquiry-based and student-centred. "Socio-scientific issues are controversial social issues with conceptual and/or procedural links to science. They are open-ended problems without clear-cut solutions; in fact, they tend to have multiple plausible solutions." (45, p. 4) The intent is that such modules are meaningful and captivating to students, engaging in dialogue, discussion, argumentation, and debate, requiring the use of evidence-based reasoning, and providing a context for understanding scientific information.

Many studies have suggested inclusion of a personal and societal component as a necessary dimension of education for the acquisition of scientific and chemistry literacy. (46-49) In order to educate future citizens "the inclusion of societal issues into science education should be enhanced in order to raise the potential of science education to promote scientific literacy for all students." (50, p. 1477) There are

important didactic advantages in using Socio-scientific Issues (SSI), because "Given the status of SSI as ill-structured, open-ended problems, SSI are ideal contexts for scientific argumentation, and advocates for SSI education have frequently suggested that SSI-based instruction can support development of argumentation practices." (51, p. 805) In this way, we can promote reflection on scientific questions "inserting authentic and controversial debates on socio-scientific issues into chemistry teaching, which provoke and allow for open discussions and individual decision-making processes." (52, p. 231) Societal issues chosen for science education purposes should meet certain criteria: "The criteria should be authenticity, personal and societal relevance, openness of the societal debate, the possibility of open discussion, and the relation to science and technology." (50, p. 1477)

Such didactic material can provide to science teachers at the secondary level an environment where conceptual learning can take place, making the learning relevant and interesting and, at the same time, encouraging students to develop problem-solving skills both geared to education for all and as a conceptual base for tertiary and lifelong learning. The 'true' nature of science education needs to put the learning of science into an educational framework (44).

3. PROFILES IN ITALY

The programme for professional development includes coverage of active learning methods such as cooperative learning, the use of concept maps, scientific problem-solving plus support in the development of specially designed didactic modules for use in the classroom. The goal of the professional development is to develop teacher self-efficacy in motivational IBSE with an ultimate goal of transforming teachers into leaders, able to take ownership of the use of a socio-scientific learning environment for motivating their students in relevant science learning. The demanding task is to guide and support teachers in being able to scaffold students towards self-directed learning.

Although examples of modules developed according to the philosophies of PROFILE are available for every scientific subject, the teachers have preferred to enact their learning to develop their own teaching modules. With the aim of increasing interest and active student involvement in the processes of learning and studying, three teachers have developed a didactic module suitable for learning important concepts in Biology and Chemistry, entitled "Chemistry ... What a Pizza!!!". The idea was to develop a teaching module focussing on increasing the intrinsic motivation of students, thus overcoming students' hostility towards science, which can make it difficult for students to learn complex concepts.

Pizza is a food, very popular among teenagers and featuring strongly, together with pasta dishes, in Italian gastronomy. The module starts from a well-known food and seeks to analyse, from a scientific standpoint, the main chemical changes, physical and organoleptic characteristics that occur during its preparation by reflecting on the parameters that can affect the quality of the final product. This activity also stimulates observation and reflection skills of students by requiring them to face a practical

problem (how to make a good pizza) using a scientific method of investigation and an experimental approach.

The project in the schools was started a little more than an year ago, and several other modules are being developed in Chemistry, Geometry, Mathematics, and Applied Computer Science. The hypothesis is that teachers who participate in the longitudinal professional development programme experience gains in self-efficacy to such an extent that they feel confident in developing their own didactic modules suitable for promoting meaningful science education competencies in students. Successful experiences will increase a teacher's self-efficacy beliefs as a key person in facilitating learning. Positive feelings will be strengthened by the ownership of the new practices, as well as by success in actual teaching accomplishments with students. (53)

I try to use the same philosophy at the university; students enrolled in a chemistry course in an engineering faculty start from the first day to work on solving problems, and the problems are logical problems. (54) The underlying hypothesis is that if students are successful in solving this type of problem, they will more easily solve stoichiometric problems. Findings confirm the hypothesis. To have some fun does not harm the learning of serious chemistry content: on the contrary, it helps.

ACKNOWLEDGEMENTS

EC-FP7, Seventh Framework Programme, Grant agreement no.: 266589. I am grateful to Robert Bucat, University of Western Australia, for advice and suggestions that substantially improved an early draft of this paper.

REFERENCES

1. G.S. Aikenhead, *Chemical Education: Research and Practice*, **2003**, Vol. 4, 115.
2. J. Osborne, J. Dillon, *A Report to the Nuffield Foundation*, King's College London, London (2008).
3. J. Osborne, S. Collins, *Pupils' and Parents' Views of the School Science Curriculum*, King's College London, London (2000).
4. M. Monk, J. Osborne, *Science Education*, **1997**, Vol. 81, 405.
5. J.J. Schwab, *The teaching of science as inquiry*, Cambridge, MA: Harvard University Press (1962).
6. J. Van Aalsvoort, *International Journal of Science Education*, **2004**, Vol. 26, 1151.
7. J. Van Aalsvoort, *International Journal of Science Education*, **2004**, Vol. 26, 1635.
8. B. van Berkel, W. de Vos, A.H. Verdonk, A. Pilot, *Science & Education*, **2000***,* Vol. 9, 123.
9. M.L. Maehr, H.A. Meyer, *Educational Psychology Review*, **1997**, Vol. 9, 371.
10. M.R. Lepper, *Cognition and Instruction*, **1988**, Vol. 5, 289.
11. C.A. Ames, *Teachers College Record*, **1990**, Vol. 91, 409.
12. J.A. Middleton, P.A. Spanias, *Journal for Research in Mathematics Education*, **1999**, Vol. 30, 65.

13. R.M. Ryan, E.L. Deci, *American Psychologist*, **2000**, Vol. 55, 68.
14. J.C. Turner, C. Midgley, D.K. Meyer, M. Gheen, E.M. Anderman, Y. Kang, H. Patrick, *Journal of Educational Psychology*, **2002**, Vol. 94, 88.
15. S.M. Glynn, T.R. Koballa, Jr., in J.J. Mintzes, W.H. Leonard, (Eds.), *Handbook of College Science Teaching*, pp. 25-32, National Science Teacher Association Press, Arlington, VA (2006).
16. J. Brophy, *Motivating students to learn*, 2nd Ed., Erlbaum, Mahwah, NJ (2004).
17. R.M. Ryan, E.L. Deci, *Contemporary Educational Psychology*, **2000**, Vol. 25, 54.
18. H.A. Bent, *Journal of Chemical Education*, **1984**, Vol. 61, 774.
19. W.T. Lippincott, *Journal of Chemical Education*, **1979**, Vol. 56, 1.
20. Online at:
http://www.oecd.org/document/58/0,3746,en_32252351_32236159_33688954_1_1_1_1,00.html
21. R. Bybee, P.J. Fensham, R. Laurie, *Journal of Research in Science Teaching*, **2009**, Vol. 46, 862.
22. P.J. Fensham, *Journal of Research in Science Teaching*, **2009**, Vol. 46, 884.
23. J.O. Anderson, M.H. Chiu, L.D. Yore, *International Journal of Science and Mathematics Education*, **2010**, Vol. 8, 373.
24. S.J. Hawkes, *Journal of Chemical Education*, **1992**, Vol. 69, 178.
25. E.W. Jenkins, N.W. Nelson *Research in Science & Technological Education*, **2005**, Vol. 23, 41.
26. R. Millar, J.F. Osborne, *Beyond 2000: Science education for the future*, King's College London, London (1998).
27. J. Holbrook, *Science Education International*, **1998**, Vol. 9, 13.
28. W. de Vos, A.M.W. Bulte, A. Pilot, in J.K. Gilbert, R. Justi, O. de Jong, J. Van Driel (Eds.), *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 101–124). Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, (2002).
29. J. Holbrook, *Chemical Education International*, **2005**, Vol. 6. Retrieved January 20, 2012, from the World Wide Web at:
http://old.iupac.org/publications/cei/vol6/06_Holbrook.pdf
30. J.K. Gilbert, *International Journal of Science Education*, **2006**, Vol. 28, 957.
31. A. Pilot, A.M.W. Bulte, *International Journal of Science Education*, **2006**, Vol. 28, 1087.
32. R. Driver, P. Newton, J. Osborne, *Science Education*, **2000**, Vol. 84, 287.
33. J. Bennett, J. Holman, in J.K. Gilbert, R. Justi, O. de Jong, J. Van Driel (Eds.), *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 101–124). Kluwer, Dordrecht, The Netherlands (2002).
34. B.D. Pendley, R.L. Bretz, J.D. Novak, *Journal of Chemical Education*, **1994**, Vol. 71, 9.
35. J.D. Herron, *The chemistry classroom: formulas for successful teaching,* American Chemical Society, Washington, D.C, 1996.
36. D. Hodson, *International Journal of Science Education*, **2003**, Vol. 25, 645.
37. A.H. Johnstone, K.H. Otis, *Chemical Education Research and Practice*, **2006**, Vol. 7, 84.

38. A.W. Friedel, D.P. Maloney, *Journal of Chemical Education*, **1995**, Vol. 72, 899.
39. http://www.profiles-project.eu/
40. C. Bolte, A. Hofstein, J. Holbrook, M. Rannikmae, R. Mamlok Naaman, Franz Rauch, S. Streller, paper presented at the ESERA conference, Lyon, France September 2011.
41. C. Bolte, A. Hofstein, J. Holbrook, M. Rannikmae, R. Mamlok Naaman, F. Rauch, S. Streller, PROFILES: Ein transeuropäisches Kooperations- und Interventionsprojekt (PROFILES: A trans-European co-operation and intervention project). To be published in: D. Hoettecke, (Ed.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven*, Lit-Verlag, Münster (2012).
42. T. Coladarci, *The Journal of Experimental Education*, **1992**, Vol. 60, 323.
43. http://www.parsel.eu
44. J. Holbrook, *Science Education International*, **2010**, Vol. 21, 80.
45. T.D. Sadler, in T.D. Sadler (Ed.), *Socio-scientific Issues in the Classroom. Teaching, Learning and Research* (pp. 1-9). Springer, Dordrecht, The Netherlands (2011).
46. A. Collins, *Journal of Research in Science Teaching*, **1998**, Vol. 35, 711.
47. G.E. DeBoer, *Journal of Research in Science Teaching*, **2000**, Vol. 37, 582.
48. J.D. Miller, *Public Understanding of Science*, **2004**, Vol. 13, 273.
49. J. Holbrook, M. Rannikmae, *International Journal of Science Education*, **2007**, Vol. 29, 1347.
50. A. Hofstein, I. Eilks, and R. Bybee, *International Journal of Science and Mathematics Education*, **2011**, Vol. 9, 1459.
51. T.D. Sadler, V. Dawson, in B.J. Fraser, K.G. Tobin, C.J. McRobbie, (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 799-809), Springer, Dordrecht, The Netherlands (2012).
52. R. Marks, I. Eilks, *International Journal of Environmental & Science Education*, **2009**, Vol. 4, 231.
53. A. Bandura, *Psychological Review*, **1977**, Vol 84, 191.
54. L. Cardellini, *Chemistry Education Research and Practice*, **2006**, Vol. 7, 131.

FORMACIÓN PERMANENTE DEL PROFESORADO DE CIENCIAS EN TORNO A LA "EDUCACIÓN-QUÍMICA-SOCIEDAD"

Teresa Lupión Cobos
Centro del Profesorado de Málaga, Consejería Educación, Junta de Andalucía
Departamento de Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales
y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga
teluco@uma.es

Se analizan los aspectos formativos y las repercusiones que, respecto a la actualización científico-didáctica del profesorado de ciencias de primaria y de secundaria, tiene su participación en eventos científicos especialmente diseñados para promover itinerarios formativos específicos cara a la enseñanza y divulgación de la Ciencia en general y particularmente de la Química como el relativo a la celebración de una jornada centrada en la "Educación en Química" y la repercusión de ésta en la sociedad, celebrada en el marco de la conmemoración del Año Internacional de la Química.

1. FORMACIÓN PERMANENTE PARA EL PROFESORADO DE CIENCIAS

Desde el marco educativo europeo, se están trasladando a los distintos países de su zona cambios en la formación docente, tanto inicial como permanente a lo largo de toda la vida laboral (1), que se están concretando en diferentes actuaciones institucionales, con ejemplos como la implantación, en España, del nuevo Máster de Secundaria para acceder a la función docente o la aplicación de los correspondientes Planes de Formación Permanente desarrollados por las comunidades autónomas. Éstos recogen la incorporación en el rol docente de una cultura profesional centrada en dinámicas de innovación e investigación y de trabajo colaborativo de intercomunicación entre equipos de profesores, en aras a romper el aislamiento del trabajo de cada profesor o profesora y crear las condiciones para favorecer el interés por la docencia como tarea abierta y creativa, basada en la figura del profesorado como constructor de conocimiento pedagógico a partir de la propia reflexión sobre la teoría y la práctica (2).

El profesorado, por tanto, precisa adaptar sus capacidades y actuaciones a los desafíos que hoy en día requiere su ejercicio docente, planteados por una sociedad y escuela cambiantes. Necesita poseer las herramientas que le ayuden a ejercer su oficio de acuerdo a los enfoques que vertebran el marco educativo actual como:

- Aprendizaje a lo largo de toda la vida.
- Competencias básicas y específicas a desarrollar en el alumnado.
- Formación permanente a través de la reflexión de los docentes de su propia acción, con proceso constante de autoevaluación que dirija su desarrollo profesional.

Con este fin, en los Planes de Actuación de los Centros del Profesorado, entre las medidas programadas, se establece la importancia de atender a los diferentes niveles de desarrollo profesional. En este sentido, el campo formativo se tiene que estructurar

conectando con las realidades educativas aportando un conocimiento, amplio y diversificado a los docentes, para que puedan afrontar necesidades y dificultades que se les presentan dentro de las funciones que tienen asignadas. Asimismo, la educación científica dentro de este marco educativo, en aras a promover una participación significativa e independiente de su alumnado, precisa abordar la necesaria alfabetización científico-tecnológica, de manera que éste adquiera un conocimiento científico escolar que pueda aplicar en las situaciones reales en las que se va a encontrar en su vida diaria, en la sociedad en la que se integra (3).

En este marco, las Ciencias Experimentales son parte esencial del saber de nuestro tiempo, siendo la Química uno de sus soportes como disciplina de instrumentación básica en el conocimiento científico, por lo que es fundamental y necesario que nuestro sistema educativo posibilite de manera efectiva, a lo largo de la enseñanza obligatoria, la adquisición de una formación científica básica, suficiente para el desarrollo personal, social y laboral de sus miembros, que les permita construir concepciones con las que poder interpretar los hechos cotidianos derivados de los avances científicos y técnicos, de manera que éstos sean asumidos con espíritu crítico, fomentando su participación activa (4).

2. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD FORMATIVA

Los eventos científicos constituyen un importante recurso a considerar dentro de las estrategias formativas que puede disponer el profesorado para mostrar una ciencia real y cercana a su alumnado, que le permiten su utilización como apoyo a la labor escolar, impulsando los procesos educativos que se llevan a cabo en los centros escolares, despertando intereses, y, en definitiva, reforzando aprendizajes.

En este sentido, desde el Centro del Profesorado de Málaga, en su Plan de Actuación para el curso 2011-12 se ha recogido la celebración de una Jornada formativa dirigida al profesorado de materias científicas de los distintos niveles educativos que, dentro de la realización de actividades celebradas el pasado año 2011, con motivo de la conmemoración del Año Internacional de la Química, ha permitido contribuir, a partir de eventos científicos, a su formación permanente.

Esta actividad, que se realizó en colaboración con la Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga y otras instituciones, se diseñó, organizó y desarrolló con la denominación Jornada Formativa Educación / Química / Sociedad.

Con su realización se pretendían cubrir los siguientes objetivos:

- ✓ Reflexionar sobre los retos educativos actuales para la enseñanza-aprendizaje de la Ciencia en general y de la Química en particular, desde el enfoque que marcan:
  a) Aspectos competenciales del currículo.
  b) Estilo docente en el profesorado.
  c) Trabajo colaborativo desde los Ciclos y Departamentos didácticos.
  d) Actitudes hacia la ciencia / vocaciones científicas del alumnado.
- ✓ Conocer investigaciones educativas que profundizan en estrategias metodológicas y aportan recursos para el trabajo en el aula en aras a promover en el alumnado el desarrollo de sus competencias básicas.

- ✓ Disponer de recursos y materiales para utilizar en los centros.
- ✓ Sensibilizar al profesorado de la importancia de la actualización científico-didáctica y de la función social de la Ciencia y de la Química en la formación de la ciudadanía.



Figura 1. Realización de una de las sesiones de la Jornada.

Para su consecución se estableció una estructura de sesiones diversa: se alternaban actividades de tipo más expositivo, por parte de expertos, como una conferencia marco sobre "*Retos actuales en la educación científica y en la enseñanza de la química: una propuesta basada en la modelización, la indagación y la contextualización*" o talleres demostrativos como "*Experiencias de Química para realizar en el aula"*, junto a otras de índole más participativa, bien a nivel individual como el recorrido por la Exposición "*Entre Moléculas"* editada por el CSIC con motivo del Año Internacional de la Química, centrada en la divulgación de la aportación de esta Ciencia a la Sociedad, o a nivel colectivo y en pequeños grupos, a través de la participación de los asistentes a seminarios específicos de buenas prácticas para el aula de Química /Ciencias sobre:

a) Experiencias escolares como: "*Encuentros del Alumnado investigador de la provincia de Cádiz"*.

b) Proyectos Investigación /Innovación educativa como "*Diseño y evaluación de un modelo para el fomento de la competencia científica en la educación obligatoria (10-16 años)"* y "*Proyecto CSIC en la Escuela"* (Figura 2).

c) Trabajos prácticos: "*Química y desarrollo de competencias*" .

d) *Cuarto Concurso Escolar Provincial de Málaga "La Química en mi ciudad"* sobre investigaciones escolares para la enseñanza y divulgación de la ciencia, convocado por la Sección Territorial de Málaga de la RSEQ, con la colaboración de la Universidad de Málaga y de la Delegación Provincial de Educación de la Junta de Andalucía a través del Centro del Profesorado de Málaga.

Asimismo se consideraba importante aportar documentación seleccionada y recursos para el aula que sirvieran de apoyo documental y de ejemplificaciones válidas para su posterior utilización, tanto para uso individual por cada docente, o institucional para su centro educativo.



Figura 2. Talleres sobre proyectos de innovación e investigación educativa.

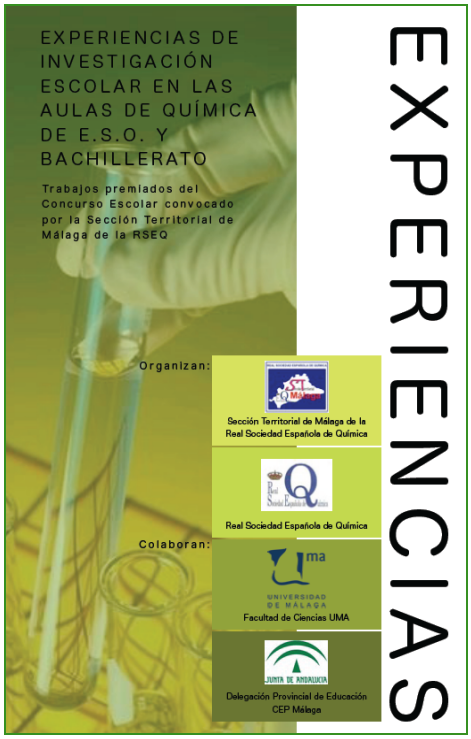


Figura 3. Portada de la publicación con la recopilación de trabajos galardonados en las ediciones del Concurso Escolar Provincial.

En este sentido se aportó, además de documentación específica sobre los diferentes talleres y ponencias, una publicación editada con la recopilación de los premios de las investigaciones escolares galardonadas en las ediciones celebradas del

concurso antes indicado, recogidos en el texto denominado "*Experiencias investigación escolar en las aulas de Química de E.S.O. y de Bachillerato"*.

3. VALORACIONES DE LA ACTIVIDAD

Aun cuando el calendario propuesto para el desarrollo de la Jornada EDUCACIÓN-QUÍMICA-SOCIEDAD era muy intenso, ya que se certificaban 10 h de formación, distribuidas en un solo día, en sesión de mañana y de tarde, la respuesta del profesorado a esta propuesta formativa fue altamente satisfactoria, participando unos 90 profesores de toda la provincia de Málaga de los niveles educativos de infantil, primaria y secundaria, si bien la proporción de los pertenecientes a este último nivel era la mayoritaria. Por especialidades, el mayor porcentaje de asistentes correspondía a profesores de enseñanza secundaria que imparten Ciencias de la Naturaleza y Física y Química.

Asimismo, entendemos muy positivos los resultados alcanzados en cuanto a certificación de actividad (85% de los asistentes) y valoración global de la misma (8,2 sobre 10).

La evaluación de la actividad en cuanto a la contribución a la formación permanente del profesorado la establecemos respecto a los objetivos indicados en su diseño, enfocados desde la perspectiva de su contribución a mejorar los aprendizajes del alumnado y, por tanto, considerando la validez de los procesos de reflexión promovidos en el docente y el intercambio y aplicación de propuestas planteadas para introducir a éste en los aspectos claves que el enfoque metodológico para desarrollar los diseños curriculares por competencias requiere. En este sentido podemos considerar, entre otros indicadores, los relativos a:

- Repercusión en la práctica docente.
- Promoción del desarrollo profesional docente.

Consideramos que la actividad formativa que aquí comentamos, consideramos que ha cubierto estos aspectos mediante la realización de acciones como:

- Exponer los retos actuales en la educación científica y en la enseñanza de la química y mostrar propuestas válidas que, como las basadas en procesos de modelización, indagación y contextualización, contribuyen al aprendizaje de las ciencias en el alumnado.
- Dar a conocer a los docentes experiencias de buenas prácticas que se están realizando sobre diseño e implementación de secuencias de enseñanza, abordadas desde el enfoque de la promoción de las competencias básicas en el alumnado y la manera de realizar la evaluación del desarrollo experimentado por éste (5).
- Mostrar actividades tanto fuera como dentro del aula, que conllevan estrategias didácticas que potencian la participación activa del alumnado, promoviendo vocaciones científicas y actitudes positivas hacia la ciencia.
- Establecer espacios de reflexión e intercambio sobre las dificultades y necesidades para acercar hoy, a nuestro alumnado, el conocimiento de una química en contexto, capaz de darles explicaciones y serles de utilidad en sus situaciones diarias.

o Aportar recursos diversos, bien como material de uso directo o complementario, tales como actividades experimentales o la recopilación de pequeñas investigaciones escolares de premios del Concurso escolar provincial sobre Química y Vida cotidiana o los carteles de la exposición "Entre Moléculas".

o Potenciar y dinamizar las redes profesionales (Figura 4), como instrumentos que nos permiten conectar con "realidades" (dificultades y logros) educativas y necesidades formativas directas, manteniendo un contacto personal activo y participativo desde las Asesorías de Formación permanente con el profesorado y con Comunidades de Aprendizaje.



Figura 4. Red profesional de Física y Química del CEP de Málaga.

Asimismo, permite alojar los contenidos de las formaciones organizadas (ponencias, recursos, tareas realizadas, aportaciones a foros creados…) siendo un recurso dinámico, ágil y facilitador del trabajo en equipo, que propicia no solo el intercambio de experiencias y planteamientos del ámbito, sino también un punto de encuentro o banco de recursos seleccionados y/o materiales producidos.

De los resultados alcanzados tras la cumplimentación de encuestas por parte de los participantes a la actividad, hemos podido deducir una valoración cuantitativa sobre la

misma, que nos permite reflexionar sobre futuras formaciones y planificar posibles itinerarios formativos que respondan a necesidades específicas detectadas en determinados colectivos.

Indicadores importantes a contemplar en estas evaluaciones son los relativos al diseño, organización y metodología realizados.

En esta ocasión los resultados muestran valores altamente satisfactorios para cada uno de los aspectos contemplados. Así, en una escala de puntuación entre 1 (valoración muy negativa) a 4 (valoración muy positiva), todas las categorías (que recogemos en la Tabla 1), se encuentran por encima de 3, dando como resultado una consideración global de la actividad altamente estimada por los participantes.

Tabla 1. Resultados alcanzados en la encuesta cumplimentada por participantes.

Apartado	**Aspecto concreto**	**Media de la valoración (de 1 a 4)**
Organización y diseño de la actividad	Sesiones	3.27
	Variedad de las actividades	3.17
	Posibilidad de aplicación práctica	3.13
Organización de la actividad	Duración de la actividad	3.02
	Lugar de realización	3.66
	Presentación de la documentación	3.34
	Recursos y medios tecnológicos	3.35
Sobre la metodología	Ha habido oportunidad de participar	3.46
	Ha posibilitado el intercambio de opinión entre los y las participantes	3.43
	Ha reflexionado sobre la práctica	3.41
	Ha facilitado los grupos	3.38

REFERENCIAS

1. J. Delors, *La formación encierra un Tesoro, Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI,* Santillana, Madrid (1996).
2. F. Imbernón, *Alambique,* **2010***,* Vol. 65, 65-7.
3. T. Lupión, T. Prieto, *Alambique*, **2007**, Vol. 54, 7-15.
4. J. López, T. Lupión, A. Mirabent, en *Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos,* G. Pinto (Ed.), E.T.S. de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2005).
5. T. Lupión, A. Blanco, E. España, L. Garrido, *Innovación Educativa en la Enseñanza Formal,* J. Maquilón *et al.* (coords.), Murcia (2011).

CONSIDERACIONES SOBRE LA NECESIDAD DE GESTIONAR LOS CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS OBTENIDOS EN EL NIVEL SUPERIOR PARA APORTAR A UN DESARROLLO SOSTENIBLE, COMPATIBLE E INCLUYENTE: CONTEXTO DE LOS PROYECTOS EDUCATIVOS INTEGRALES (PEI)

María Lidia Azar [a], José Miguel Abraham[b], Nelly Mainer [c]
[a, b] Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia
[c] Facultad de Ciencias Humanas
Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina
[b] Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
mazar@unsl.edu.ar, jabraham@unsl.edu.ar

Se presentan una serie de consideraciones sobre los Proyectos Educativos Integrales (PEI) para ciencia (particularmente Química) y tecnología, realizados en la última década. Los PEI están constituidos por un conjunto de metodologías y estrategias que conforman un espacio donde, desde la perspectiva de la educación, es posible vincular ciertos aspectos de la investigación básica con la investigación aplicada y con aquella que el docente debe realizar sobre su propia práctica, con el propósito de resolver situaciones concretas a nivel áulico y/o comunitario.

1. INTRODUCCIÓN

La educación en general y la educación en ciencia (particularmente la Química) y tecnología del nivel superior no están adecuadas a las necesidades del presente para ofrecer la formación profesional que requieren los futuros graduados para hacer frente a una realidad caracterizada por una fuerte crisis que la afecta en sus aspectos sociales, ambientales, económicos y culturales. Por lo tanto, es necesario realizar adecuaciones y/o transformaciones en el sistema educativo en general y especialmente en la educación científica y tecnológica correspondiente al nivel superior. Las decisiones a tomar son urgentes y muy necesarias a fin de contribuir desde esta perspectiva (educación e investigación educativa en ciencia y tecnología) a la formación de profesionales creativos y útiles al logro de un desarrollo sustentable, compatible e incluyente. Los cambios decididos deberían implicar la realización de profundas modificaciones en el diseño de nuevos programas y planes de estudio correspondientes a las carreras científicas y tecnológicas.

2. METODOLOGÍAS Y ESTRATEGIAS

Desde la perspectiva de los Proyectos Educativos Integrales (PEI) para ciencia (particularmente Química) y tecnología se presentan aquí una serie de consideraciones que tienen sus fundamentos en los resultados de los trabajos realizados en la última década y en las reflexiones efectuadas sobre los mismos. Los PEI están constituidos por un conjunto de metodologías y estrategias que conforman un espacio donde, desde

la perspectiva de la educación, es posible vincular ciertos aspectos de la investigación básica con la investigación aplicada y con aquella que el docente debe realizar sobre su propia práctica, con el propósito de resolver situaciones concretas a nivel áulico y/o comunitario.

De los análisis realizados, y ante la consideración de la crítica situación internacional y de lo que está ocurriendo en la región (Latinoamérica: aún en el contexto de una esperanzadora recuperación que se está observando), se hacen necesarias las transformaciones en varios aspectos; entre ellos, vamos a indicar los referidos a la enseñanza y aprendizaje, y a los modos y maneras en que la universidad debería aproximarse a la comunidad con el propósito de contribuir sustantivamente al logro de un desarrollo sustentable (que garantice la satisfacción de las necesidades básicas de las generaciones del presente y del futuro), compatible (que estén de acuerdo con las características e idiosincrasia de las comunidades) e incluyente (para todos).

Las propuestas generales, consecuencia de los estudios realizados en el ámbito PEI, se señalan a continuación:

1.- Diseño de nuevos programas y planes de estudio de las carreras científicas y tecnológicas que tengan presente los dos principios básicos utilizados en la planificación de los Proyectos Educativos Integrales (PEI) para ciencia (particularmente Química) y tecnología, a saber:

- La recuperación de la capacidad propia de hacer.
- Comprender el alto valor social del conocimiento científico y tecnológico y su impacto positivo para el desarrollo de las comunidades.

2.- Estos nuevos diseños (programas y planes de estudio del nivel universitario y posgrado) deben convertirse en escenarios válidos para que las nuevas metodologías y estrategias de enseñanza faciliten a los estudiantes gestionar los conocimientos adquiridos a través de la elaboración por parte de ellos de propuestas y proyectos para el diseño y puesta en marcha de pequeñas empresas útiles a la satisfacción de las necesidades básicas insatisfechas provenientes de las comunidades en crisis, o bien, para el diseño de medianas empresas (considerando las posibilidades y nivel de desarrollo de cada comunidad) que permitan la generación de puestos de trabajo y de crecimiento de las mismas (comunidades) en sus aspectos sociales, ambientales, económicos y culturales.

Por lo tanto, la posibilidad de mejorar la gestión de los conocimientos adquiridos por los estudiantes está en que ellos puedan diligenciar esos conocimientos adquiridos seleccionándolos y articulándolos de manera creativa y responsable, de acuerdo a los propósitos del proyecto por ellos diseñados. Implica además la integración de un grupo de trabajo con otros estudiantes, como así también la búsqueda de profesionales (universitarios o de instituciones pertenecientes a la comunidad) convenientes que asesorarán el desarrollo de cada proyecto. Estas planificaciones presentadas a modo de ensayo, pero que cuentan con un asesoramiento relevante y conveniente, pueden llegar a concretarse en la realidad, en tanto y en cuanto la gestión de los estudiantes continúen ante las autoridades de las diversas instituciones de la comunidad. Esta manera de trabajar (los PEI para ciencia y tecnología como ejemplo) generan en sus

actores responsables (estudiantes, docentes, investigadores, profesionales del medio involucrados, etc.) un entusiasmo y compromiso muy importante porque se observa a los estudiantes no solo aplicando conocimientos, sino tratando que los mismos sean operativos y beneficiosos para sus comunidades, lo cual redunda en beneficio de una formación profesional que va mas allá de la adquisición de conocimientos, sino que apunta a contribuir a su formación humana integral apoyados en valores como la solidaridad, generosidad, cooperación, etc., y, al mismo tiempo, los estudiantes empiezan a entender la complejidad de los problemas y de sus respectivas soluciones.

La conveniencia de formarse en una alternativa diferente a las que actualmente predominan en nuestras universidades e institutos superiores, se debe a la necesidad de adecuar los conocimientos adquiridos por los estudiantes a los requerimientos de una realidad actual muy compleja, y de esta manera, generar las condiciones para contribuir desde la educación en ciencia y tecnología a la producción de un aporte sustantivo para el logro de un desarrollo sustentable, compatible e incluyente, opción de crecimiento válida para abordar con éxito la superación de la crisis socio-ambiental, económica y cultural en la cual gran parte de la comunidad internacional, y en particular de nuestra región, se hallan inmersas.

Cuando se habla de adecuar programas y planes de estudio a esta nueva opción de desarrollo (la sustentabilidad) con justicia y equidad, y que, al mismo tiempo, permita lograr un equilibrio entre la biodiversidad natural y social, se hace necesario explicitar el significado que, desde la perspectiva mencionada (PEI) se utiliza para el diseño de proyectos, programas y planes de estudio. Se detallan para ello, las **líneas maestras** que dan significado profundo a la sustentabilidad y que al mismo tiempo dan fundamento a la elaboración de esos nuevos proyectos, programas y planes de estudio. Estas líneas maestras son tener presente los aspectos sociales, económicos, ambientales y culturales de la comunidad y, en este contexto, considerar:

- El aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.
- La erradicación de la pobreza.
- El ordenamiento del territorio.
- Desarrollo científico y tecnológico compatible con la realidad social y natural.
- Una nueva estrategia económico-social
- La organización y movilización social (que asegure el desarrollo personal, grupal y comunitario en contextos regidos por valores solidarios).
- La reforma del Estado de manera tal que garantice la soberanía territorial, social, económica, ambiental y cultural de todos sus habitantes y sus respectivos entornos.

Desde la perspectiva PEI, aparece como consecuencia de lo expresado un elemento más a considerar en el diseño de proyectos, programas y planes de estudio de las carreras científicas y tecnológicas: nos referimos al de la "pertinencia compleja" de los mismos, es decir, que además de respetar la estructura conceptual de la ciencia, tengan también presente la relación de ésta con la preservación del necesario equilibrio entre naturaleza, humanidad y desarrollo científico-tecnológico y cultural.

Los resultados de los trabajos realizados -ámbito PEI- muestran que a mayor respeto de las líneas maestras de la sustentabilidad y de la compleja relación expresada anteriormente en el diseño de proyectos, programas y planes se observa, como

consecuencia, un mejoramiento visible en cuanto a la posibilidad de que los estudiantes realicen una gestión creativa con los conocimientos adquiridos a través de la presentación de sus propios proyectos, y aún mejor cuando éstos puedan ser llevados a la práctica en beneficio de sus comunidades.

3. CONCLUSIONES

La necesidad de una opción de desarrollo sustentable, compatible e incluyente para hacer frente a la crisis internacional, regional y local, amerita la necesidad urgente de reestructurar proyectos, programas y planes en todos los aspectos de la realidad social, económica, ambiental y cultural. La consolidación de esta nueva opción de crecimiento con justicia y equidad requiere de un nuevo orden internacional; sin embargo, aunque este cambio pueda necesitar para su logro un largo plazo, se puede trabajar desde la educación en ciencia y tecnología en alternativas que contemplen lo expresado en el desarrollo de este trabajo.

Los resultados obtenidos en esta nueva alternativa (ámbito PEI para ciencia y tecnología) durante la última década nos alientan a continuar trabajando en la misma dirección.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo recibido del Laboratorio de Alternativas Educativas (LAE) Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de San Luis, Proyecto n° 4-0210 que dirige la Esp. Nelly Mainero FCH- UNSL y de la Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia, UNSL, San Luis, Argentina. Nuestro reconocimiento y agradecimiento especial al Prof. José Miguel Abraham, creador de los Proyectos Educativos Integrales (PEI).

REFERENCIAS

1. J.M. Abraham, M.L. Azar y col., *Anuario Latinoamericano de Educación Química* (ALDEQ) 2002 – 2012.
2. J.M. Abraham, M.L. Azar y col., Libros de *Actas de las "X a las XIX Jornadas Cuidemos Nuestro Mundo (CNM) para contribuir a la implementación de un Modelo Ambiental para San Luis",* Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina, 2002-2011.
3. J.M. Abraham, M.L. Azar, *Documentos de los Cursos de Posgrados-PIEQ*, Anuario Latinoamericano de Educación Química (ALDEQ), años 2001- 2011.

EL GRADO EN CIENCIAS EXPERIMENTALES: UNA NUEVA MANERA DE ENSEÑAR LAS CIENCIAS

Sanjiv Prashar [a], Miguel Ángel Fernández Sanjuán [b]
[a]Departamento de Química Inorgánica y Analítica
[b]Departamento de Física, ESCET, Universidad Rey Juan Carlos
Móstoles, Madrid
sanjiv.prashar@urjc.es

En esta comunicación se describe la puesta en marcha en la Universidad Rey Juan Carlos del nuevo Grado en Ciencias Experimentales basado en una formación inter y multidisciplinar en Física, Química, Geología y Biología.

1. INTRODUCCIÓN

En el curso actual (2011-12) se imparte por primera vez en España el Grado en Ciencias Experimentales. Este nuevo grado de la Universidad Rey Juan Carlos se configura en torno a las enseñanzas fundamentales de Química, Física, Biología, y Geología. Este grado supone una apuesta importante en la enseñanza de las ciencias básicas con el fin de poder dar una formación interdisciplinar y multidisciplinar que prepare a los estudiantes para un futuro donde la integración de las ciencias es fundamental. No solamente será un instrumento clave en la formación interdisciplinar que permita al egresado poder continuar sus estudios de posgrado con un mayor número de opciones, sino que además va a permitir que el estudiante se familiarice con todas las ciencias desde un primer momento. Algo que es tan importante en la investigación interdisciplinar que es un signo de nuestro tiempo.

Los grandes desarrollos de la ciencia en los últimos años han contribuido a importantes avances tecnológicos que han cambiado muchos aspectos de la vida en las sociedades avanzadas. Este desarrollo de las ciencias ha ocurrido en gran medida mediante un proceso muy profundo de especialización de cada una de las disciplinas en las que se diferencian las ciencias experimentales básicas, tales como la Física, la Química, la Biología y la Geología. Asimismo, hemos venido observando cómo también se venían desarrollando nuevas disciplinas científicas, algunas de ellas como fruto de la aplicación de estas últimas a un problema concreto. Así, hemos podido comprobar cómo surgían nuevas disciplinas como las ciencias ambientales, la bioquímica, o la biofísica, entre otras, donde la interacción entre varias de estas ciencias básicas juega un papel esencial. Como consecuencia de esta evolución, desde hace años se ha venido poniendo de manifiesto la necesidad de una formación interdisciplinar y multidisciplinar en ciencias básicas. Además, la evolución científica reciente muestra que es en las fronteras disciplinares donde se están abriendo algunos de los más prometedores horizontes de la ciencia, tan necesarios para el desarrollo de nuestras sociedades. Por estos motivos, podemos afirmar claramente la creciente necesidad que existe en integrar distintos conocimientos disciplinares en la formación de una misma persona. Tanto a nivel de investigación, como a nivel de enseñanza, y

como formación necesaria para nuevas profesiones, se hace precisa la necesidad de integrar un conjunto de conocimientos pertenecientes a distintas disciplinas, de modo que conforme un nuevo tipo de graduado capaz de afrontar nuevos retos para el futuro tanto en la investigación como en la docencia, así como a la hora de afrontar nuevas profesiones y retos en beneficio de nuestra sociedad. Además, resulta muy importante que este aprendizaje interdisciplinar y multidisciplinar se realice en la formación básica universitaria. Es decir, el estudiante que dedicará su vida profesional a estos campos del saber necesariamente ha de estar expuesto a las distintas disciplinas básicas desde el comienzo de su itinerario universitario, lo cual sin duda puede aportar a este nuevo tipo de graduado una flexibilidad que aumentará la eficiencia de su actividad profesional en los ámbitos interdisciplinares.

Es importante tener en cuenta que muchos de los problemas más importantes de nuestra sociedad contemporánea, tales como el calentamiento global, las distintas formas de contaminación, los problemas derivados de los movimientos de poblaciones, la prevención de las enfermedades y su control, solo pueden ser evaluados mediante la integración de conocimientos científicos provenientes de distintas disciplinas científicas, que abarcan las ciencias físicas, geológicas, químicas y biológicas. Poseer una perspectiva mayor que la que aporta una disciplina por sí sola es una creciente necesidad para la enseñanza, la investigación científica y muchas otras actividades profesionales en nuestros días. Resulta urgente disponer de medios que suministren la formación interdisciplinar necesaria que ayude a desarrollar la cada día más necesaria investigación. La separación disciplinar que hemos visto en estos años, debida a la excesiva especialización, no ayuda a la hora de crear equipos de investigación interdisciplinares que aborden nuevos problemas con nuevas perspectivas.

2. OBJETIVOS

Uno de los objetivos fundamentales de la formación que se pretende aportar en el Grado en Ciencias Experimentales es el de cubrir estas necesidades urgentes e importantes en los ámbitos de la investigación y el desarrollo, donde la interdisciplinariedad es un factor muy importante y que debe de ser contemplada en la formación básica universitaria. Por otro lado, la formación en este grado aporta los conocimientos básicos en los que se fundamentan las distintas disciplinas científicas y tecnológicas, de modo que pueden servir de ayuda fundamental a la formación de docentes con una visión interdisciplinar de las ciencias experimentales.

Además de estos dos objetivos evidentes, se espera que la formación básica obtenida en el Grado en Ciencias Experimentales suponga un desarrollo clave para aumentar las opciones del estudiante de cara a los futuros estudios de posgrado, ya sea mediante la realización de un máster universitario, en una gran variedad de disciplinas, ya que haber recibido una formación básica interdisciplinar y generalista puede abrir muchas puertas para el desarrollo curricular. En definitiva, este Grado ofrecerá una visión global de todas las ciencias, que cualquiera de los grados tradicionales en ciencias no puede ofrecer.

3. EJEMPLOS DE GRADOS DE CIENCIAS INTEGRADAS EN EL MUNDO

A continuación se lleva a cabo una breve revisión de la oferta académica existente a día de hoy en Europa, Estados Unidos y Canadá, para cursar estudios que se asemejan al Grado en Ciencias Experimentales.

En el Reino Unido, recientemente se ha implantado un Grado en Ciencia Interdisciplinaria o Ciencias Integradas con enorme éxito y con el apoyo explícito del Instituto de Física (Institute of Physics), la asociación de físicos más importante del mundo después de la Sociedad Americana de Física (American Physical Society). Se la designa como "la enseñanza de las ciencias del siglo XXI para estudiantes del siglo XXI". El Grado en Ciencias Integradas es un nuevo grado que permite una combinación de varias ciencias a nivel de un grado universitario. Las ofertas de este tipo de grados por las universidades inglesas, entre las que se encuentran la University of Surrey, Leicester University, University of East Anglia y London South Bank University, bajo los auspicios del Institute of Physics difieren unos de otros dependiendo de la formación del profesorado existente y disponible para llevar a cabo estas enseñanzas. La naturaleza interdisciplinar y multidisciplinar de este grado en ciencias integradas permite a los graduados dirigirse a otros tipos de estudios más especializados o incluso a nuevas opciones de futuro.

Una descripción más detallada de este tipo de estudios en el Reino Unido puede verse en: http://www.integratedsciences.org.uk/About/index.html

Una titulación similar se imparte en la Universidad de Cambridge y que se denomina Natural Sciences Tripos. Se trata del marco habitual en el que se enseñan las ciencias naturales en Cambridge, donde se incluye un amplio rango de ciencias físicas, químicas y biológicas, además de historia y filosofía de la ciencia. http://www.cam.ac.uk/about/natscitripos

Actualmente se imparte en la University City London (UCL), un Grado y un Máster en Ciencias Naturales que permiten a los estudiantes diseñar un currículum combinando numerosas materias de disciplinas científicas muy diversas dentro de un programa coherente y estructurado. http://www.ucl.ac.uk/natural-sciences/homepage/ .

El Swiss Federal Institute of Technology Zürich ofrece un Grado más un Máster en Ciencias Interdisciplinares de cuatro años de duración:
http://www.ethz.ch/prospectives/programmes/master/index_EN?course_id=26

En Estados Unidos de América y Canadá, varias universidades imparten un Grado en Ciencias Interdisciplinares (Bachelor of Science in Interdisciplinary Sciences), de espíritu muy similar al Grado en Ciencias Experimentales descrito en este trabajo:

- Rensselaer Polytechnic Institute de Troy, Nueva York:
http://www.rpiscrews.us/dept/metasite/academics/interdisciplinary/interdisciplinaryscience.html
- Princeton University: http://www.princeton.edu/integratedscience/
- Oregon State University: http://www.osucascades.edu/academics/science
- Lake Superior State University:
http://www.lssu.edu/degrees/degree.php?id=5180

- McMaster University: http://www.science.mcmaster.ca/associatedean/prospective/156-honours-integrated-science-1-isci
- University of Calgary: http://www.ucalgary.ca/natsci/undergraduate
- University of British Columbia: http://www.intsci.ubc.ca/

4. EL GRADUADO EN CIENCIAS EXPERIMENTALES Y SALIDAS PROFESIONALES

Además de las expectativas generales que cualquier Graduado obtiene por el mero hecho de serlo, al egresado en Ciencias Experimentales se le abren las siguientes posibilidades específicas de tipo académico y profesional:

(1) Si así lo desea, la formación recibida le permitirá poder continuar su formación de posgrado en algunas, casi cualquiera, de las numerosas posibilidades que se ofrecen de ciencias experimentales, bien orientadas a la investigación (Doctorado), como al desarrollo de una actividad profesional. Precisamente, su sólida base formativa común le permitirá acceder a un abanico más amplio de especialidades.

(2) La formación recibida le hace especialmente apto para la práctica docente a nivel preuniversitario (Primaria y Secundaria), una vez que reciba los complementos formativos de tipo pedagógico que la legislación prevé. En el caso de secundaria, sería una excelente preparación para las especialidades docentes de "Física y Química" y "Biología y Geología".

(3) La preparación es también muy adecuada para la práctica profesional en actividades relacionadas con el conocimiento y la difusión de la ciencia: museos, parques temáticos, medios de comunicación escritos y audiovisuales, trabajo editorial, asesoría (ayuntamientos, comunidades), etc.

(4) Finalmente, el egresado ha recibido una formación general amplia que sirve de base para un futuro trabajo en laboratorio de ciencias (análisis químico y biológico, análisis y tratamiento de aguas, suelos, alimentos, equipos básicos eléctricos, mecánicos y electrónicos). En esta formación se incluye naturalmente todo lo relativo a Prevención de Riesgos Laborales en el laboratorio, Normativa de Seguridad e Higiene, etc. Desde luego, esta formación puede complementarse con un adecuado posgrado especializado al cual los egresados accederían muy bien preparados, sin perjuicio de que precisen formación complementaria cuando se trate de profundizar en una sola de las disciplinas.

El estudiante al terminar esta titulación deberá haber adquirido y desarrollado una serie de conocimientos, habilidades y destrezas, que le permitan desenvolverse con una buena calidad y competitividad en el ámbito profesional tanto nacional como internacional. También deberá haber adquirido un sentido ético y de compromiso social hacia la sociedad en la que está inmerso. De esta manera podrá adquirir el bagaje suficiente para poder enfrentarse, tras la formación de posgrado adecuada, a problemas y retos de interés científico en un ámbito interdisciplinar de nuestro planeta, como son los problemas medioambientales, energéticos, biomédicos, poblacionales, conservación de recursos naturales, etc.

5. EL PLAN DE ESTUDIO DEL GRADO EN CIENCIAS EXPERIMENTALES

El plan de estudios conducente a la obtención del Grado en Ciencias Experimentales en la URJC se articula en 240 créditos (60 créditos anuales) y está adscrito a la rama de conocimiento de Ciencias. El plan de estudios contiene 84 créditos de formación básica, de los que 60 están vinculados a materias básicas de la rama de Ciencias de acuerdo al anexo II del RD 1393/2007 por el que se establecen la ordenación de las enseñanzas universitarias. En la URJC se ha decidido incorporar una serie de asignaturas como disciplinas transversales a todas las titulaciones, de acuerdo con el punto 5 del artículo 11 del RD 1393/2007:

a. Los estudiantes deberán cursar en la Universidad Rey Juan Carlos 6 créditos de idiomas.

b. Todas las titulaciones contarán con una asignatura de carácter transversal, de 6 créditos, sobre deontología profesional, igualdad y principios jurídicos básicos, que tendrá carácter específico para cada titulación.

c. Los estudiantes cursarán una materia de 6 créditos vinculada a las humanidades. En el caso del Grado en Ciencias Experimentales será Historia de la Ciencia, una asignatura de carácter general y que se ofertará en todas las titulaciones de la rama de ciencias.

d. Se establecerá una materia de 6 créditos para conocimientos en informática y TIC, referidos a las necesidades propias de la titulación.

Se establecen además 24 créditos de prácticas externas con carácter obligatorio que se realizarán en organismos, instituciones y empresas (públicas o privadas), con una duración mínima de 240 horas de presencia efectiva durante cada práctica. El Trabajo de Fin de Grado tendrá una carga de 6 créditos y se realizará en el cuarto curso, y en él se deberá verificar la adquisición por parte del estudiante de las destrezas y competencias generales descritas en los objetivos del título. Los alumnos deberán cursar 18 créditos optativos de los 54 créditos que oferta el plan de estudios. Estos créditos se agrupan en tres posibles bloques formativos: Química, Física, y Biología/Geología. El estudiante puede elegir un máximo de 9 créditos en cada bloque.

6. EL GRADO EN CIENCIAS EXPERIMENTALES: AÑO UNO

En septiembre 2011 y por primera vez en España, se empezó el Grado en Ciencias Experimentales en la Universidad Rey Juan Carlos. El primer curso (2011-12) cuenta con 55 alumnos matriculados con una distribución de notas en las Pruebas de Acceso de entre 5 y 12 sobre 14. Como es habitual en nuestra Universidad, el primer año de una nueva titulación la nota de corte es de 5.

Tabla 1. Plan de Estudios del Grado en Ciencias Experimentales.

Primer curso			
Primer semestre		Segundo Semestre	
Geología 10,5			
Física General 10,5			
Química General 10,5			
Biología 10,5			
Matemáticas I	6	Matemáticas II	6
		Informática Aplicada	6
Segundo curso			
Primer semestre		Segundo Semestre	
Matématicas III	6	Electromagnetismo y Optica	6
Mecánica Clásica	6	Historia de las Ciencias	6
Química Orgánica	6	Biología Celular	6
Deontología	6	Mineralogía	6
Bioquímica y Genética	6		
Idioma Moderno 6			
Tercer curso			
Primer semestre		Segundo Semestre	
Termodinámica y Física Estadística	6	Física Cuántica	6
Química Inorgánica	6	Química Física	6
QuímicaAnalítica	6	Ecología	6
Bótanica y Zoología	6	Geodinámica Externa	6
Geodinámica Interna	6	Acústica y Fluidos	6
Cuarto Curso			
Primer semestre		Segundo Semestre	
Reconocimiento de créditos 6			
Prácticas en empresa 24			
Proyecto de fin de grado 6			
Química Avanzada	6		
Optativa 1	4,5	Optativa 3	4,5
Optativa 2	4,5	Optativa 4	4,5

Optativas: Elegir 4 asignaturas, de entre un máximo de 2 asignaturas por cada uno de los bloques.

BLOQUE A		**BLOQUE B**	
Física de los Sistemas Complejos	4,5	Química Física Avanzada	4,5
Física Ambiental	4,5	Química Orgánica Avanzada	4,5
Biofísica	4,5	Química Inorgánica Avanzada	4,5
Física Avanzada	4,5	Química Analítica Avanzada	4,5

BLOQUE C			
Biología Evolutiva	4,5	Hidrología e Hidrogeología	4,5
Microbiología	4,5	Geología Ambiental	4,5

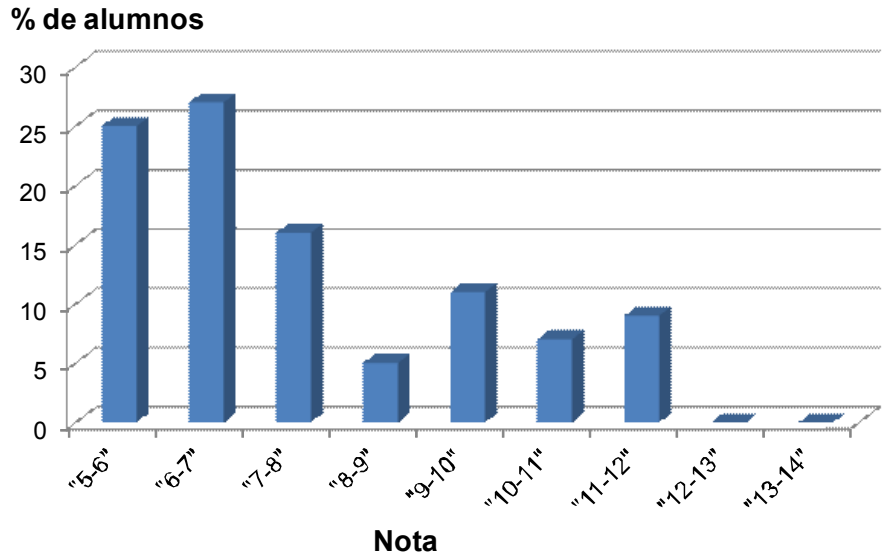


Figura 1. Distribución de notas en las Pruebas de Acceso para los estudiantes del Grado en Ciencias Experimentales.

7. CONCLUSIONES

El Grado en Ciencias Experimentales de la Universidad Rey Juan Carlos se configura en torno a las enseñanzas fundamentales de Química, Física, Biología, y Geología con el fin de ofrecer al futuro graduado una formación sólida e interdisciplinar en las Ciencias Experimentales.

Este nuevo Grado supone una apuesta importante en la enseñanza de las ciencias básicas y en la integración de las ciencias con el fin de poder dar una formación interdisciplinar y multidisciplinar que prepare a los estudiantes para un futuro, donde la integración de las ciencias es fundamental.

No solamente será un instrumento clave en la formación interdisciplinar que permita al egresado poder continuar sus estudios de posgrado en un mayor número de opciones, sino que además va a permitir que el estudiante se familiarice con todas las ciencias desde un primer momento. Algo que es tan importante en la investigación interdisciplinar que es un signo de nuestro tiempo.

CONCRECIÓN CURRICULAR EN EL AULA COMO INSTRUMENTO DE MEJORA

Alejandro López-Ibarra Moreno, Federico Maicas Llorens, Juan José Olmos Perelló, José Satoca Valero
Departamento de Física y Química, I.E.S. La Marxadella, Torrent, Valencia
jjolmos@ono.com

El Departamento de Física y Química del IES La Marxadella de Torrent, Valencia, busca adaptar el actual currículo de Educación Secundaria a las condiciones del alumnado. Se ha trabajado especialmente en el aspecto metodológico, buscando una interacción con los alumnos mediante el uso de las nuevas tecnologías y la potenciación del trabajo cooperativo en el aula.

1. INTRODUCCIÓN

Finalizadas las pruebas diagnósticas realizadas por la Consejería de Educación durante el curso escolar 2009/2010 (1) a todos los grupos de tercer curso de E.S.O. de la Comunidad Valenciana, se solicitaron propuestas de mejora a los centros educativos. Al tiempo, desde la necesidad docente de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, el departamento de Física y Química del I.E.S. La Marxadella de Torrent consideró conveniente desarrollar la concreción curricular en el aula de forma que se unificase la metodología y se optimizase la secuenciación de contenidos (2, 3) buscando, a la vez, aumentar con ello el trabajo corporativo del profesorado. Esta propuesta se vio reforzada por la intención de establecer una línea de trabajo en el departamento para años sucesivos, tratando de unificar al máximo la secuenciación de actividades de todos los profesores del departamento y, por tanto, de todos los alumnos.

2. PROPUESTA CURRICULAR

La LOGSE establece como programación curricular de aula el conjunto de estrategias y actividades de enseñanza-aprendizaje que cada profesor realiza con su grupo de alumnos (4). Estos aspectos han de ser recogidos en forma de unidades didácticas ordenadas y secuenciadas para las áreas de cada ciclo y/o nivel educativo. Las programaciones deben estar de acuerdo con el D.C.B. y para ello es necesario, en consonancia con lo recogido en el Proyecto Curricular de Centro, planificar y distribuir los contenidos de aprendizaje a lo largo de cada ciclo y temporalizar las actividades de aprendizaje y evaluación correspondientes.

La propuesta que presentamos busca adaptar el desarrollo curricular y la acción en el aula a las propias necesidades del centro. Para ello, hemos estudiado, en primer lugar, la situación real de nuestro alumnado, analizando alumno por alumno quiénes son aquellos que estudian los tres primeros cursos de secundaria y, de ellos, quienes optan por Física y Química en cuarto de E.S.O. y quiénes, posteriormente, acceden a

Bachillerato o a Ciclos Formativos. Con ese estudio, realizado en colaboración con el departamento de Orientación del centro, hemos ido determinando la conveniencia de utilizar unos u otros recursos, contenidos, actividades o materiales.

Nuestra propuesta se ha basado en tres aspectos, como se indica a continuación.

2.1. Estructuración de los contenidos

Tras sucesivos cambios en el sistema educativo, los núcleos de contenidos no han variado sustancialmente en ninguna de las materias que este departamento imparte. Dentro de la Educación Secundaria Obligatoria, los contenidos pueden redistribuirse en función de las necesidades concretas del alumnado. La intención de esta propuesta ha sido analizar los temarios correspondientes a cada asignatura y localizar aquellos contenidos que se proponen, de forma repetida, más de una vez a lo largo de estos años, consolidándolos en un solo bloque que se impartiría en el curso que se estimase más conveniente. De ese modo, hemos situado los conocimientos básicos en los cursos en que la Física y Química es obligatoria (tercero de E.S.O.) y hemos incluido en cursos posteriores aquellos contenidos que son necesarios para un eficaz desarrollo de las asignaturas allí donde son optativas.

A título de ejemplo, hemos incluido en tercer curso de E.S.O. los temas relativos al estudio la medida y al estudio de la estructura de la materia, así como la formulación química. Por su parte, en cuarto curso de E.S.O. profundizaremos en los temas de estática, que nos llevarán a una idea clara del concepto de presión, y estudiaremos las leyes de los gases y las reacciones químicas.

Esta distribución se corresponde, en líneas generales, con el currículo oficial. Como complemento a ello, se ha apostado por elaborar los materiales a utilizar por parte del alumnado: libros de texto, fichas, guiones de prácticas, etc., complementado con los materiales que constituyen el libro de recursos del profesor.

2.2. Interacción con los alumnos

Como innovación metodológica se ha buscado la interacción con el alumnado a través del uso de correo electrónico y de equipos informáticos que pasan a ser verdaderos recursos educativos. De ese modo, todo el material facilitado al alumno, así como los trabajos realizados por ellos y la corrección de los mismos, se ha canalizado por esos medios.

En la aplicación práctica hemos utilizado dos vías. En algunos grupos se ha utilizado el correo electrónico como vía de entrega de textos y actividades, así como de recepción de tareas, mientras que en otros grupos se ha optado por la utilización de una página de Internet propuesta por la Conselleria de Educación, dotada de un aula virtual, a través de la aplicación informática Moodle (5). Dicha aula está estructurada, a nivel de centro, en asignaturas y cursos y, dentro de ellos, en temas. De ese modo, es posible el acceso al aula virtual de profesores y alumnos, que pueden subir archivos o realizar actividades de evaluación y corrección.

Todo el material utilizado puede reproducirse a través de equipos de vídeo y se ha utilizado como base de trabajo en el aula.

Con esta dinámica de trabajo se pretende, por un lado, agilizar por ambas partes los procesos de entrega de material y, por otro, garantizar que todos los alumnos accedan con facilidad a todos los recursos. Por último, se pretende ofrecer una vertiente del aprendizaje basada en las TIC ya que, al fin y al cabo, es la forma en que van a tener que hacerlo en un futuro inmediato y en su posterior salida al mercado laboral.

2.3. Trabajo cooperativo

La cooperación es una importante característica humana, que nos separa de otras especies animales y que nos ha permitido evolucionar hasta la forma de vida actual. La cooperación es un factor común en la vida diaria, en empresas, en comunidades y en cualquier interacción humana. Dado que la cooperación es una condición necesaria para cualquier actividad de la vida real, resulta crucial la implementación de la cooperación en la escuela y su utilización desde un punto de vista didáctico, de cara a formar ciudadanos en plenitud (6).

La educación se ha contemplado históricamente –y, en ocasiones, también hoy en día– como una transmisión vertical de conocimientos y valores de aquellos que saben más a favor de otros que saben menos. De esta forma, además de clasificar a los alumnos según su preparación para puestos futuros, se asegura el mantenimiento de la cultura en la sociedad. Sin embargo, desde principios del siglo pasado han sido muchos los pedagogos que han explicitado la necesidad de una educación ligada a valores democráticos, donde se prepare a los alumnos para la vida cotidiana a través de la recreación del significado de las cosas, la cooperación, la discusión, la negociación y la resolución de problemas.

En esa línea, los que esto suscriben creen que debemos ir abandonando la idea de la clase magistral a favor de programas centrados en las necesidades, intereses y preferencias de aquellos alumnos que van a aprender.

Hay autores que apuntan hacia el trabajo en grupo como herramienta para que los profesores asuman un papel en el que el alumno deje de tener una dependencia excesiva del profesor y utilice el pensamiento autónomo como fuente para descubrir sus propios recursos, así como los de sus compañeros y compañeras.

Cuando realizan trabajos en grupo los profesores de secundaria permiten, por lo general, que esos grupos sean formados libremente por los alumnos lo que presenta, a nuestro modesto entender, un problema. Hay autores que insisten en la necesidad de que sea el profesorado quien construya los grupos e, incluso, hay autores que describen distintos tipos de posibles interacciones dependiendo de la forma en que están constituidos de los grupos (7-9).

Los grupos de trabajo no se crean con la intención de reducir el trabajo individual, sino para potenciarlo. Se forman para cumplir los objetivos concretos con mayor facilidad. Estos grupos solo tienen sentido cuando existe una meta común y las tareas de los miembros son interdependientes, ya que la unión permite completar un trabajo

de mayor calidad. También se apunta que el hecho de estructurar a los alumnos en pequeños grupos de trabajo ayuda a que estos tomen con más responsabilidad el aprendizaje de los conceptos de ciencias (10) mejorando los resultados gracias a esa experiencia (8).

Como punto innovador, aplicable a nuestra investigación, asumimos la idea de que, en la enseñanza científica, la argumentación mejora los resultados, como se ha demostrado ampliamente por la bibliografía especializada (11). *Comparando la realización de tests de forma individual frente a la decisión por consenso en un grupo se observa que los logros del grupo no tienen como límite el nivel de su mejor componente, sino que el grupo puede mejorar dicho nivel* (12).

Ese es el motivo por el que planteamos la presente propuesta metodológica.

3. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

La innovación propuesta reside en la vertiente procedimental y metodológica. En nuestro caso, se ha optado por utilizar el trabajo cooperativo en el aula en todos los niveles, dada su ventaja en cuanto a la mejora las competencias alcanzadas por los alumnos. Como se ha mencionado anteriormente, el departamento ha elaborado un material donde cada unidad didáctica contiene una introducción teórica, fichas para el trabajo individual, experiencias de laboratorio, trabajo en grupo en el aula y pruebas de evaluación.

Este trabajo ha sido diseñado para ser ejecutado en fase de estudio y prueba durante dos cursos académicos, siendo el presente el primero de ellos. Los objetivos iniciales son consolidar el uso de todo el material, ya que la eliminación de los libros de texto supone la pérdida de un importante referente tanto para el profesor como para el alumno, y conseguir que los alumnos asimilen esta nueva forma de trabajo. La investigación se ha programado, por tanto, en todos los niveles en que se estudian las materias de Física y Química, de tercer curso de E.S.O. a segundo de Bachillerato, lo que ha implicado poner en marcha desde el principio un sistema de trabajo cooperativo, a nivel departamental. A pesar de ello, el estudio cuantitativo de la mejora obtenida se ha comenzado a evaluar en los grupos de tercero de E.S.O. y de PCPI. La investigación se ha llevado a cabo con los cinco grupos de tercer curso de E.S.O. y con el grupo de segundo curso de PCPI, con un total de 133 alumnos.

En todos ellos se ha trabajado del mismo modo. Los temas se han iniciado con una explicación teórica de los contenidos del tema. Dicho tema ha sido facilitado a los alumnos previamente, junto a las actividades. A continuación, se ha procedido a realizar, de forma individual, las actividades propuestas en formato de fichas de trabajo, numeradas y con los contenidos distribuidos en ellas para, posteriormente, ponerlas en común en el aula, por medio de los grupos de trabajo. Las actividades, una vez corregidas por el profesor, se han devuelto al grupo de trabajo.

La calificación otorgada al alumno se ha obtenido ponderando las notas de las pruebas de evaluación individuales de cada tema, las notas de las fichas de trabajo y las aportaciones cada alumno al desarrollo de las clases y posibles trabajos adicionales.

Tabla 1. Distribución de los alumnos participantes en la experiencia.

Grupo	*Número de grupos*	*Número de alumnos*
3 ESO A	6	27
3 ESO B	8	25
3 ESO C	4	15
3 ESO D	7	27
3 ESO E	7	27
2 PCPI	4	12

Utilizando este planteamiento, tenemos la posibilidad de estudiar los resultados que ofrece el trabajo cooperativo. Para ello, hemos recurrido al tratamiento estadístico del rendimiento de los equipos de trabajo, utilizando variables y parámetros descritos en otras investigaciones (13, 14).

Los alumnos han completado un cuestionario destinado a tal efecto, formado por un total de 32 cuestiones relacionadas con la metodología científica. Los alumnos han contestado el cuestionario de forma individual y, posteriormente, de forma conjunta, obteniendo cada uno de ellos una calificación en todas y cada una de ellas.

En los grupos D y E se contestó al cuestionario individualmente y, a continuación, en días sucesivos, de forma conjunta, mientras que en el resto de grupos se dejó un intervalo de tiempo largo (un mes) y se les insistió a la hora de contestar de forma conjunta en la importancia que tenía la investigación, recordando las características del método científico, lo que permite añadirla como variable adicional.

4. RESULTADOS

Se ha calculado, para un total de 36 grupos de trabajo, el valor de los parámetros que se incluyen en la Tabla 2, que caracterizan el trabajo en grupo.

El resultado más relevante de la tabla anterior es la mejora que se aprecia en la calificación cuando se trabaja en grupo. Se ha obtenido un valor medio, referido a todos los alumnos, de 2,7 puntos sobre una media de 15,6 respuestas acertadas sobre un total de 32, lo que supone una mejora relativa del 17,0%.

Si desglosamos estos datos, puede comprobarse también que los grupos D y E, que realizaron las pruebas de forma consecutiva, presentan una mejora relativa del 9,6%, frente al 21,8% de los grupos que fueron incentivados antes de realizar el trabajo en común.

Puede observarse, también, que los grupos que presentan mayor grado de acuerdo entre sus miembros son los que han conseguido mayores calificaciones. Estos grupos son los que presentan un mayor grado de acuerdo en lo que respecta a la resolución correcta de las cuestiones, mientras que ocurre lo contrario en lo que hace referencia a la resolución errónea de las cuestiones.

Así mismo, los datos presentan un bajo coeficiente de variación, lo que indica una adecuada homogenización de los grupos.

Tabla 2. Parámetros utilizados para evaluar el efecto del trabajo cooperativo.

Símbolo	*Parámetros*
$\bar{x}$	valor medio de las calificaciones individuales
x_g	calificación del grupo
Δx	mejora de la calificación
$\Delta x / \bar{x}$	mejora relativa
G_{ac}	grado de acuerdo en el grupo
G_{ac-r}	grado de acuerdo en las respuestas correctas
G_{ac-w}	grado de acuerdo en las respuesta incorrectas
$s / \bar{x}$	coeficiente de variación

5. CONCLUSIONES

Tras haber desarrollado dos terceras partes del curso utilizando esta propuesta curricular, la valoración que debemos hacer es muy positiva, tanto por parte de profesores como de alumnos. El seguimiento de las clases se ha producido según lo previsto, habiéndose conseguido sustituir los libros de texto por el material elaborado en el departamento. Al tiempo, se ha mejorado la interacción alumno-profesor a través del uso de nuevas tecnologías, sobre todo en la retroalimentación y en la dinámica de la clase.

Tras analizar los resultados obtenidos, creemos demostrada la conveniencia del trabajo cooperativo en este nivel educativo, asociado al tipo de actividades propuestas.

La intención de este departamento es continuar con esta línea de trabajo en cursos sucesivos, analizando las posibilidades de mejora en cuanto a la estructuración de grupos de trabajo.



Figura 1. Alumnos en una sesión de trabajo.

Tabla 3. Valores de los parámetro obtenidos en los grupos.

Curso	G	$\bar{x}$	x_g	Δx	$\Delta x/\bar{x}$	G_{ac}	G_{ac-r}	G_{ac-w}	$s/\bar{x}$
2on PQPI	1	19,0	25,0	6,0	0,316	0,542	0,640	0,190	0,053
	2	17,0	21,0	4,0	0,235	0,542	0,635	0,364	0,353
	3	16,3	18,0	1,7	0,102	0,417	0,574	0,214	0,187
	4	11,0	13,0	2,0	0,182	0,302	0,462	0,193	0,396
3er ESO A	1	22,3	29,0	6,8	0,303	0,688	0,724	0,333	0,276
	2	17,0	25,0	8,0	0,471	0,463	0,544	0,171	0,125
	3	15,3	23,0	7,8	0,508	0,461	0,554	0,222	0,416
	4	12,8	14,0	1,2	0,094	0,344	0,457	0,256	0,294
	5	16,8	16,0	-0,8	-0,045	0,539	0,719	0,359	0,164
	6	12,6	13,0	0,4	0,032	0,344	0,508	0,232	0,155
3er ESO B	1	16,6	27,0	10,4	0,627	0,556	0,578	0,440	0,239
	2	19,5	22,0	2,5	0,128	0,563	0,682	0,300	0,292
	3	12,3	18,0	5,7	0,459	0,469	0,556	0,357	0,169
	4	11,3	18,0	6,7	0,588	0,396	0,444	0,333	0,051
	5	15,8	16,0	0,3	0,016	0,438	0,625	0,250	0,276
	6	10,0	11,0	1,0	0,100	0,172	0,318	0,095	0,141
	7	13,5	14,0	0,5	0,037	0,422	0,571	0,306	0,052
	8	17,0	17,0	0,0	0,000	0,453	0,676	0,200	0,083
3er ESO D	1	20,0	26,0	6,0	0,300	0,688	0,721	0,542	0,271
	2	16,8	23,0	6,3	0,373	0,609	0,641	0,528	0,346
	3	12,5	12,0	-0,5	-0,040	0,344	0,438	0,288	0,190
	4	11,8	13,0	1,3	0,106	0,406	0,423	0,395	0,107
	5	19,3	23,0	3,8	0,195	0,602	0,696	0,361	0,222
	6	16,8	17,0	0,3	0,015	0,484	0,647	0,300	0,241
	7	16,3	18,0	1,7	0,102	0,510	0,611	0,381	0,035
3er ESO E	1	16,8	20,0	3,3	0,194	0,563	0,663	0,396	0,298
	2	16,3	22,0	5,8	0,354	0,555	0,614	0,425	0,258
	3	12,8	12,0	-0,8	-0,059	0,367	0,563	0,250	0,174
	4	15,0	13,0	-2,0	-0,133	0,445	0,635	0,316	0,261
	5	16,8	17,0	0,3	0,015	0,531	0,647	0,400	0,132
	6	15,0	16,0	1,0	0,067	0,406	0,625	0,188	0,306
	7	16,3	14,0	-2,3	-0,138	0,359	0,607	0,167	0,136

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos, sinceramente, el interés y la participación en las actividades de todos los alumnos implicados en esta investigación, así como el apoyo del departamento de Orientación del I.E.S. La Marxadella y la sincera colaboración de padres y madres de los alumnos implicados en el estudio, lo que ha permitido llevarlo a buen puerto. Queremos extender también nuestro agradecimiento al resto de la comunidad educativa del I.E.S. La Marxadella de Torrent, sin cuya colaboración y, en muchos casos, paciencia, no habría sido posible realizar las pruebas diagnósticas que el trabajo requería.

REFERENCIAS

1. Artículos 21, 29 y 144 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE) y Orden de 11 de abril de **2006,** de la Conselleria de Cultura, Educación y Deporte.
2. MEC. Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, (BOE, 5 de enero de **2007**) por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria.
3. MEC. Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, (BOE, 6 de noviembre de **2007**) por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas.
4. http://www.docv.gva.es/datos/2009/09/02/pdf/2009_9801.pdf
5. Moodle. Ambiente Educativo Virtual de distribución libre.
6. B. Ovejero, *Resumen-métodos de aprendizaje cooperativo.* http//www.psi.uji.es/asignatura/obtener.php?letra=R&codigo=26&fichero=1065533587R26
7. C.R. Haller, V.J. Gallagher, T.L. Weldonl, R.M. Felder, *Journal of Engineering Education*, **2000**, Vol. 89(3),285-293.
8. P. Laughlin, H. Carey y N. Kerr, *Group-to-Individual Problem-Solving Transfer*. http://gpi.sagepub.com
9. D. Kaufman, R. Felder, H. Fuller, *Journal of Engineering Education*, **2000**, Vol. 89 (2), 133-140.
10. P. Basili, J. Sanford, *Journal of Research in Science Teaching*, **1991**, Vol. 28(4), 293-304.
11. J. Osborne, S. Erduran, S. Simon, *Enhacing the quality of argumentation in school science.* http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/abstract/109746729/ABSTRACT
12. L. Michaelsen, W. Watson, R. Black, *Journal of Applied Psychology,* **1989**, Vol. 74, 834-839.
13. J.A. Llorens, V Congreso Iberoamericano de Docencia Universitaria (2008).
14. J.J. Olmos, Tesis Doctoral: *Una propuesta metodológica para la gestión y evaluación del trabajo cooperativo aplicada al aprendizaje del enlace químico en educación secundaria*, Universidad Politécnica de Valencia, Alcoy (2010).

LAS PRÁCTICAS EXPERIMENTALES EN LAS QUÍMICAS BÁSICAS

María Inés Cervellini, María Nilda Chasvin Orradre, Miguel Ángel Muñoz, Marta Alicia Zambruno, Germán Morazzo
Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de La Pampa, Argentina
micervellini@exactas.unlpam.edu.ar; nchasvin@yahoo.com

El aprendizaje de los conceptos en una ciencia experimental como la Química, especialmente para los primeros cursos de la educación universitaria, tienen en las experiencias de laboratorio uno de los fundamentos centrales. Este trabajo forma parte de una serie de acciones que se vienen desarrollando con el fin de estimular a los estudiantes de las Químicas Básicas. Se puede inferir del análisis de los resultados obtenidos, que aquellos estudiantes que resolvieron el cuestionario después de interactuar en el laboratorio, mejoraron sus respuestas en relación con el grupo que lo resolvió antes de la experiencia práctica.

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia se ha convertido en un fenómeno social, en consecuencia nos compromete a plantear la importancia de sus efectos en la sociedad; esto hace que sea necesario brindar una formación científica básica no solo para aquellos que van a dedicarse a la actividad científica sino también para todas las personas.

El conocimiento científico como construcción social, producto del esfuerzo humano, depende de un proceso de negociación complejo y en las situaciones de enseñanza es el producto de la comunicación que se establece a través del diálogo entre el docente y los alumnos sobre un determinado tema de una disciplina específica.

La experiencia muestra que los estudiantes deben involucrarse e interaccionar con las ideas de la ciencia y construir una comprensión más profunda y significativa de los conceptos. El desarrollo de la comprensión junto con la mejora del razonamiento cognitivo y el conocimiento de la naturaleza epistémica de la ciencia son elementos que contribuyen a la educación científica.

La construcción de una explicación implica pensamiento teórico (1) que permite establecer relaciones entre diversos elementos a fin de convertirse en algo comprensible para alguien (2). Hay autores que desarrollan el pensamiento de que "la descripción de un hecho o fenómeno corresponde a un nivel, aunque elemental, de explicación, y esta explicación necesariamente debe apoyarse en evidencias empíricas".

A partir de la importancia de la alfabetización científica y frente a la crisis de la enseñanza científica tradicional se rescata la necesidad de formar ciudadanos responsables que puedan evaluar la información que reciben y que tomen conciencia del impacto de sus acciones y de las ajenas, personas capaces de mantener opiniones con argumento al momento de tomar decisiones (3).

En la década de los 90 algunas investigaciones ponen de manifiesto un marcado desinterés hacia las ciencias. Al consultar a los estudiantes, éstos expresan que la causa es la enseñanza de las ciencias descontextualizada, con clases aburridas y poco participativas, sin temas de actualidad, poco útiles, con escasos logros en las evaluaciones y casi sin trabajos prácticos.

No obstante la opinión que viene desde finales del siglo XIX sobre la necesidad de que los estudiantes realicen trabajos prácticos, las investigaciones realizadas sobre su alcance en la enseñanza de las ciencias no han mostrado opiniones unánimes. Los trabajos prácticos y en especial las actividades de laboratorio constituyen sin duda un hecho distintivo de las ciencias, pero no hay consenso en cuanto a los objetivos que se pretenden.

Existen teorías que son particularmente abstractas y macroscópicamente poco ilustrables que impiden la utilización de la observación como medio para llevarla a la práctica. A esto habría que sumarle que se pretende que los alumnos expliquen los resultados empíricos ofrecidos en una actividad no sobre la base de sus conocimientos previos, sino en función de los modelos que los científicos han construido, considerándolos los mejores disponibles a ese momento.

Las investigaciones en educación en ciencias nos muestran que uno de los objetivos es buscar y desarrollar maneras efectivas de enseñar a los estudiantes. Frente a esta situación se debe tratar de armonizar los conceptos disciplinares con la parte formativa y cultural, es decir, abarcar además las dimensiones procedimentales y actitudinales (4).

Los alumnos ingresantes a la universidad, en su gran mayoría, no traen incorporada la metodología del trabajo experimental como una herramienta útil para el aprendizaje significativo, debido a que provienen de colegios secundarios donde por diferentes causas no es frecuente esta actividad. En este aspecto corresponde replantear y reorientar las prácticas habituales al tratamiento de situaciones problemáticas abiertas de interés para los estudiantes (5).

La química es una ciencia experimental y la realización de trabajos de laboratorio debe ser considerada de mucha importancia para complementar el aprendizaje de los contenidos.

En la actualidad la situación en algunos establecimientos preuniversitarios no ha cambiado mucho. Esto lleva a los docentes de los primeros cursos de la Universidad a tratar de modificar las prácticas de laboratorio para despertar el interés por las ciencias y lograr aprendizajes con significado.

1.1. Breve revisión sobre las categorías de trabajos prácticos

El papel del conocimiento implícito ha sido resaltado por diversos autores y existen diferentes valoraciones realizadas por los investigadores, pero al margen de ellas se coincide en la importancia de resignificar los trabajos prácticos de laboratorio por considerarlos una parte importante del aprendizaje significativo de la química.
D. Hodson (6,7) los agrupa en cinco categorías:

1. Para motivar, mediante la estimulación del interés y la diversión.

2. Para enseñar las técnicas de laboratorio.

3. Para intensificar el aprendizaje de los conocimientos científicos.

4. Para proporcionar una idea sobre el método científico y desarrollar la habilidad en su utilización.

5. Para desarrollar determinadas «actitudes científicas», tales como la consideración con las ideas y sugerencias de otras personas, la objetividad y la buena disposición para no emitir juicios apresurados.

Para Aureli Caamaño (8) la diferenciación pasa por clasificarlos o catalogarlos como: experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones.

Las experiencias de "primera mano" son experimentos sobre fenómenos del mundo físico, químico, biológico o geológico imprescindibles para plantear una comprensión teórica y que se puedan utilizar para la resolución de cuestiones concretas. Un ejemplo de experiencias es observar los cambios perceptibles en las reacciones químicas (cambio de color, desprendimiento de un gas, formación de un precipitado, etc.).

Las clases experimentales ilustrativas son un soporte para comprender determinados fenómenos, ya sea desde el punto de vista cualitativo o cuantitativo, o para mostrar una relación entre variables. Cuando estas experiencias son realizadas únicamente por el profesor se denominan *demostraciones,* por ejemplo, la visualización cuantitativa del desplazamiento de hidrógeno en una reacción redox (9,10). En la actualidad se utilizan sensores y equipos informáticos que nos permiten una observación instantánea de los resultados de dichas experiencias (11).

Los ejercicios prácticos son actividades de carácter orientador y quizás son las más utilizadas en las clases de ciencias. Pueden plantearse para el aprendizaje de determinados procedimientos o destrezas -por ejemplo: la clasificación de sustancias según sus propiedades- o para ilustrar o corroborar la teoría -por ejemplo: determinar la relación estequiométrica en una reacción de doble descomposición con formación de precipitado. Esta categoría de trabajos prácticos, modificando la manera en que son presentados y realizados, se convierte con facilidad en *investigaciones*, que son actividades para resolver un problema teórico o práctico mediante el diseño y la realización de un experimento y la evaluación del resultado (13).

Las actividades experimentales son acciones que están pensadas para facilitar a los alumnos la elaboración de conceptos mediante la vivencia de fenómenos o hechos y la representación de leyes y principios, permitiéndoles que recuerden mejor "lo que están estudiando" (8, 9, 13).

A partir de la concepción de que los trabajos de laboratorio son un conjunto de actividades que nos permiten desarrollar varios tipos de conocimientos, como los conceptuales, procedimentales y epistemológicos, existen otras visiones con significados diferentes para estas actividades. Es así que Leite y Figueiroa (14) consideran seis grupos, con distintos grados de estructuración y cada uno enfocado en alcanzar diferentes objetivos y para desarrollar en los estudiantes diversas competencias.

Cuando se realiza la descripción de un fenómeno desde la observación puede tener diferentes explicaciones según el marco teórico que se emplea en la misma. Por esta

razón, la guía del docente en la interpretación de los resultados es fundamental para llegar a conclusiones adecuadas.

1.2. Experiencia docente

En nuestra formación didáctica y experiencia docente consideramos que los trabajos experimentales de laboratorio son de naturaleza dinámica, comprenden un sinnúmero de relaciones entre lo teórico y metodológico. Además de tener un enorme potencial educativo, contribuyen al proceso de formación general del estudiante al margen de la orientación y del área de especialización. No obstante hay estudios que nos revelan que son tareas poco frecuentes en los distintos niveles de enseñanza.

Existen diferentes estilos de trabajos de laboratorio, pero no es importante solo realizar sino también aprender, lo cual incluye el uso del conocimiento conceptual y procedimental, tratando de considerar la integración de estos conocimientos para el logro de objetivos particulares (15).

En el pensamiento de que los trabajos en el laboratorio son un recurso didáctico que influye notablemente en la enseñanza implementada en clase, este trabajo forma parte de una serie de acciones que se vienen desarrollando con el fin de estimular a los estudiantes de las Químicas Básicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales para generar el interés y destacar la importancia de las experiencias prácticas en el aprendizaje de los conocimientos conceptuales básicos. Se trata no solo de que los estudiantes adquieran una serie de procedimientos y habilidades científicas que van desde las más básicas (utilizar aparatos, medir, presentar datos, etc.) hasta las más complicadas (resolver problemas, experimentar, corroborar, etc.), sino también de favorecer el aprendizaje de las interpretaciones científicas de sucesos y fenómenos naturales, creando en ellos habilidades para argumentar.

En esta etapa, el objetivo es tratar de averiguar el grado de significación de las tareas implementadas en una clase particular de laboratorio donde se verifican algunas propiedades periódicas de los elementos (carácter metálico).

2. METODOLOGÍA

Como abordaje metodológico se emplearon técnicas de análisis cualitativo que abarcaron el estudio de documentos y encuestas, enmarcados en un enfoque alternativo.

Se aplicaron, como instrumentos de recolección de datos, un cuestionario y los informes escritos por los estudiantes, con la intención de indagar los saberes adquiridos en el laboratorio.

1- Cómo clasifica los elementos de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas.
2- Enumere las propiedades periódicas.
3- Cuáles son las propiedades que se verifican en el trabajo práctico de laboratorio.

Fue contestado en forma anónima antes del desarrollo de las experiencias prácticas por un grupo de alumnos, y después de realizadas las mismas por otro, en ambos casos posterior a las clases teóricas correspondientes.

Las respuestas se categorizaron en: C (correctas), I (incorrectas) y NC (No Contesta).

El grupo estuvo compuesto por 110 alumnos de las Químicas Básicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam, correspondientes a carreras de Licenciatura y Profesorado en Biología y Geología.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la primera pregunta del cuestionario previo, los estudiantes que respondieron de manera incorrecta incluyeron en la clasificación a los gases nobles y no a los metaloides, en función de concepciones previas muy arraigadas.

Tabla 1. Resultados de los cuestionarios previo y posterior a la actividad experimental.

	Correctas		Incorrectas		No Contesta	
	Previo	Posterior	Previo	Posterior	Previo	Posterior
Pregunta 1	56,4%	66,2%	28,2%	33,8%	15,4%	0,0%
Pregunta 2	51,3%	59,3%	23,1%	21,6%	25,6%	19,1%
Pregunta 3	7,7%	43,7%	28,2%	21,4%	64,1%	26,5%

De los resultados de las cuestiones planteadas después de la realización del trabajo experimental de laboratorio se puede deducir que hubo una sensible modificación, especialmente en la pregunta 3, que integra lo conceptual y procedimental.

4. REFLEXIONES

Entendemos que concretamente las prácticas del laboratorio en Química ofrecen la posibilidad de la integración de todos los aspectos de la enseñanza y permiten a los estudiantes aprender con una visión más acabada los procesos de la ciencia. En consecuencia debemos analizar nuestra tarea docente, aplicando los resultados de los estudios realizados, para resignificar estas prácticas optimizando todas las variables que intervienen, rescatando el potencial didáctico que el trabajo experimental brinda para alcanzar aprendizajes significativos.

REFERENCIAS

1. W. Cobern, C. Loving, *Science Education*, **2000,** Vol. 85, 50-67.
2. E. Wragg, G. Brown, *Explaning in the secondary school,* Routledge, Londres*,* 2001.
3. A.L. De Longhi, *Enseñanza de las Ciencias,* **2000,** Vol. 18(2), 201-216.
4. A.M. Pessoa de Carvalho, *Educación Química*, **2004**, Vol. 15 (1), 16-23.
5. C. Furió, P. Valdés, L.G. González de la Barrera, *Educación Química,* **2005**, Vol. 16 (1), 20-29.

6. D. Hodson, *Enseñanza de las Ciencias,* **1994,** Vol. 12(3), 299-313.
7. D. Hodson, *Revista de Estudios del Currículum*, **1999**, Vol. 2(2), 52-83.
8. A. Caamaño, *Revista Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **2004**, Vol. 39, 8-19.
9. J. Corominas Viñas, M.T. Lozano, *Revista Alambique,* **1994,** 2.
10. A. Cortel, *Aula de Innovación Educativa*, **2002,** Vol. 113-114, 30-32.
11. R. Pintó, *Aula de Innovación Educativa,* **2002,** Vol. 113-114, 33-38.
12. A. Caamaño, *Aula de Innovación Educativa,* **2002,** Vol. 113-114, 21-26**.**
13. M. Martín, M.T. Martín, *Revista Complutense de Educación,* **2002,** Vol. 13(1), 385-396**.**
14. L. Leite, A. Figueiroa, *Revista Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales,* **2004,** Vol. 39, 20-30.
15. J. Flores; M. Caballero Sahelices, M. A. Moreira, *Revista de Investigación*, **2009,** Vol 33 (62), 75-111.

TALLER DE MOTIVACIÓN AL APRENDIZAJE PARA ALUMNOS DE INGENIERÍA QUÍMICA

Daniela Lorena Lamas[a], Marcial Pérez[b]
[a]Planta Piloto de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur (UNS)
Bahía Blanca, Argentina
[b]Pasión por Aprender, Buenos Aires, Argentina
info@pasionporaprender.com.ar

El Taller denominado "Pasión por Aprender" ha sido implementado en instituciones universitarias y de enseñanza media. Los recursos utilizados son: vídeos documentales y de experiencias vicarias, juego de roles, mayéutica y análisis de experiencias de dominio. Se efectuó una medición cualitativa de los resultados alcanzados inmediatamente después de finalizado el taller y seis meses más tarde a todos los participantes. Las conclusiones salientes indican un comprobado cambio de hábitos que facilitan las condiciones y los recursos cognitivos y emocionales para el aprendizaje.

1. INTRODUCCIÓN

Durante el trayecto académico universitario, la gradual incorporación de conocimientos para el "saber hacer" exige al estudiante el desarrollo de un número de competencias específicas desde el inicio de la carrera elegida. Se asume normalmente que estos atributos requeridos para un desempeño satisfactorio son intrínsecos al ser humano y, por lo tanto, ya han sido desarrollados en etapas anteriores. Sin embargo, los indicadores de deserción y los prolongados períodos de permanencia evidencian, entre varios factores, una insuficiente capacidad para afrontar el desafío de aprendizaje desde el punto de vista cognitivo, ejecutivo y emocional. La praxis de aprender a aprender es útil no solo para trayectos educativos exitosos sino, más aún, para responder a las dinámicas del mundo laboral y económico que obligan a un profesional a actualizarse y reconvertirse permanentemente. Un estudiante debe entonces prepararse no solo para incorporar capacidades de "saber hacer", sino de saber aprender. Los sistemas educativos se han especializado en la transferencia de conocimiento y en la evaluación de la eficacia de esta tarea, pero poco se ha hecho para que esta enseñanza sea compatible con la fisiología del aprendizaje cerebral. En las últimas tres décadas mucho se ha avanzado de la mano de la aplicación de tecnologías de escaneo cerebral para sustentar la identificación de estrategias prácticas de aprendizaje. En tiempos en que el entorno social y cultural conspira contra el esfuerzo del aprendizaje cognitivo, es posible identificar y apropiarse de hábitos que hagan del emprendimiento educativo una exitosa y atractiva experiencia transformadora.

2. DESARROLLO

Se estima que se publican en el mundo alrededor de 500.000 trabajos en el campo de las neurociencias en las diversas disciplinas que esta ciencia abarca. La cifra expresa el interés que concita desvelar la naturaleza biológica de la conducta humana en una búsqueda por mejorar la gestión personal que conduzca a un mejor desempeño del individuo en la sociedad actual. Si bien el método científico nos da ciertas certezas, dado que existen comprobaciones de las hipótesis planteadas, no siempre los hallazgos han sido implementados en los ámbitos de interés para poder hacer usufructo de lo investigado. Esa aplicación de la ciencia en beneficio del ser humano no es otra cosa que el concepto de tecnología, solo que en este caso suena algo difícil de asir porque se trata de aplicar el conocimiento, muchas veces desde la identificación de hábitos que favorecerán la fisiología cerebral de la conducta, sin interruptores, cableados ni chips que intermedien. Pero lo que más caracteriza esta revolución del conocimiento del cerebro no solo es el analizar patologías específicas y las acciones que las reviertan o mitiguen, sino el hecho de conocer el funcionamiento "normal" o esperado de conductas extendidas en el comportamiento social. Y es que muchas de estas conductas, aun cuando sean universalmente adoptadas y aceptadas en general, pareciera que se apartan de las que un ser humano debiera adquirir para propender a su desarrollo personal y el de una sociedad en el largo plazo. Si tuviésemos que vestir a nuestro cerebro con los atavíos propios de su edad evolutiva, lo más apropiado sería con una rústica y desaliñada piel de mamut, más que con un traje atildado de un diseñador famoso. Mucho menos podríamos pensar en asignarle un traje espacial sofisticado para viajar hasta la luna, aun cuando ese mismo cerebro es quien lo ha diseñado. Nuestro cerebro no ha evolucionado aún al punto de saber responder a desafíos cotidianos con respuestas adecuadas (1). Para un cerebro la respuesta frente a una serpiente no difiere mucho de la que se observa de él ante un colapso financiero que no pondrá en riesgo verdadero su supervivencia. Y para peor, la sobreestimulación a la que la publicidad de la economía neoliberal de mercado lo convoca a dejarse seducir por cuanta nueva marca y producto que requiera hacerse espacio en el mercado, lo distrae de aquello que merece toda su atención por su significado de verdadera amenaza, si no a su supervivencia, al menos a su felicidad en el largo plazo.

Una conducta del ser humano que se ha visto afectada por la tecnología y cultura que él mismo ha creado es el aprendizaje formal. Algunas décadas atrás, estudiar y aprender, si bien significaba un reto de magnitud, no competía con otras opciones mucho más atractivas a la hora de dejar que nuestro cerebro emocional decidiera si acomodaría su cuerpo en una silla para comenzar con la tarea o con la lectura. La cultura, por su parte, acompañaba el esfuerzo cognitivo de aprender otorgando significado y sentido simbólico a los contenidos curriculares y también en gran medida a las instituciones educativas y sus docentes y directivos. Las valoraciones eran diferentes, la subjetividad impulsaba al individuo hacia su desarrollo personal, sin que por aquellos tiempos las neurociencias nos dijesen lo que debíamos hacer para favorecerlo. Sin embargo, hoy los gobiernos acompañan a los mercados impulsando el

desarrollo tecnológico como camino para el crecimiento de sus economías. Esto requiere de una profundización en el conocimiento de las disciplinas para incrementar y mejorar los desarrollos alcanzados al día de hoy, lo que sin duda será posible con el perfeccionamiento que los ciudadanos consigan desde su aprendizaje. Sin embargo, este anhelo de paradigma científico y tecnológico no está articulado con sistemas y planes educativos que aseguren la praxis que provea los cerebros entrenados para sostener aquel crecimiento. Si observamos los números que indican la deserción y las excesivas permanencias en las etapas de instrucción, notaremos que algo ha cambiado. Ya no se consiguen egresos tan masivos como en otros tiempos y, en muchos casos de éxito, esto se logra a costa de reintentarlo durante muchos años y con fracasos parciales. Se han desarrollado múltiples investigaciones de los orígenes de la causalidad de estas nuevas realidades. En general se encuentran múltiples factores que dificultan la terminalidad de las carreras universitarias. Lo económico, lo vocacional, la percepción de insuficiente capacidad y la falta de motivación se erigen entre las causas más reiteradas en las encuestas cualitativas. En nuestros días tenemos a nuestro alcance una gran cantidad de estudios, diagnósticos y ensayos que buscan posicionar esta debacle educativa en el contexto de las vidas individuales, de las sociedades y de las economías. Sin embargo, poco es lo que se hace de manera comprobable para intentar modificar el escenario. La confusión y la incertidumbre que inundan los discursos pedagógicos parecieran promover una parálisis que a veces acepta la problemática, pero mucho más procrastina las soluciones casi como creyendo que la misma sociedad algún día se encauzará naturalmente, o bien alguna interfase tecnológica vendrá a conectar nuestro cerebro con los exocerebros que poseen todo el saber, tal como Internet. Mientras tanto, sacrificamos generaciones que se frustran, que no encuentran la manera de insertarse laboralmente en el sistema económico realimentando una espiral creciente de demandas insatisfechas.

Dentro de los procesos en general, existen etapas o eslabones secuenciales que son críticos para alcanzar los resultados que de ellos se esperan. Para que el conocimiento científico beneficie a la sociedad, es necesario que se desarrollen implementaciones eficaces en beneficio del ser humano, acciones que no suelen ser impulsadas por los mismos sistemas científicos ni por los gobiernos. Generalmente se espera que algún espíritu emprendedor identifique alguna oportunidad de negocio para rescatarlo de alguna inanimada publicación, de una presentación o de un discurso. Por otra parte, los sistemas educativos suelen estar algo distanciados de la ley de oferta y demanda, al menos en cuanto a lo que aprendizajes eficaces y comprobables se refiere. Así como una empresa mide su producción por la calidad y cantidad de sus productos, las instituciones educativas públicas no suelen asignar linealmente sus recursos para fortalecer el número de egresados ni el nivel del saber hacer alcanzado con estrategias, metas parciales e indicadores. Los presupuestos exigen el número de alumnos regulares, más allá de sus resultados. Por las razones aquí expuestas, el proceso de actualización educativa que la ciencia podría alimentar queda muchas veces interrumpido. Ante este cuadro de situación, existe una oportunidad para la intervención. Retomando el concepto de proceso, el aprendizaje requiere del cumplimiento de todas sus etapas. Si la interfase enseñanza-aprendizaje falla se

produce un cuello de botella sobre el que se debe y se puede trabajar. En principio la propuesta de este trabajo de intervención educativa consiste de una serie de acciones específicas:

1. Recopilar el material de investigación de las neurociencias aplicadas al aprendizaje.
2. Identificar los hallazgos probados más relevantes de las neurociencias aplicadas al aprendizaje.
3. Seleccionar de éstos los que puedan asignarse a conductas específicas que puedan ser apropiadas por los estudiantes.
4. Organizar los conceptos en un formato de Taller atractivo, de convocatoria emocional para su mejor asimilación.

Estos cuatro puntos han sido abordados y resueltos por un grupo multidisciplinario de profesionales, constituidos en torno a una estructura que favorece la interdisciplinariedad desde la que se construye una propuesta de valor para aquellos jóvenes que necesitan incrementar sus competencias de aprendizaje y su autoestima. Las conclusiones salientes indican un comprobado cambio de hábitos que facilitan las condiciones y los recursos cognitivos, ejecutivos y emocionales para el aprendizaje. Entre los hábitos modificados evaluados:

1. Mejora en las condiciones para el descanso nocturno.
2. Alimentación adecuada para el afrontamiento de la jornada educativa.
3. Inclusión o incremento de ejercicio físico en las actividades diarias.
4. Ejercicio de identificación de actividades que reducen tiempo para el estudio.
5. Desarrollo de autonomía para la regulación de las actividades.
6. Liderazgo del aprendizaje.
7. Reorganización de los ámbitos de estudio.
8. El establecimiento de objetivos y planes personales para desarrollar la automotivación.
9. La predisposición a afrontar desafíos de diversa índole valorando la experiencia como aprendizaje.
10. El enfoque de disfrute que la oportunidad de aprendizaje es capaz de proveer.
11. Entendimiento del fracaso como concepto propio y útil para el aprendizaje y el desarrollo de resiliencia.
12. Entendimiento del concepto de inteligencia maleable.
13. Comprensión del proceso de construcción de memoria de largo plazo.
14. Interpretación y gestión de las propias emociones desde la reconsideración y el adiestramiento cognitivo.
15. Interpretación de las emociones de otros y facilitar la comunicación con quienes no posean habilidades de gestión emocional.

La evaluación efectuada evidencia una diversidad en la significatividad individual asignada durante la apropiación de los contenidos. Para lograr una adquisición más abarcativa se sugiere el acompañamiento de un sistema de tutorías formado en las disciplinas que se presentan en el Taller, como así también una buena comunicación a los padres de los estudiantes, quienes deben ayudar con la práctica de los hábitos más saludables para el aprendizaje compatible con el cerebro.

3. CONTENIDOS PRINCIPALES DEL TALLER

Dentro de los contenidos, hemos de resaltar en este trabajo aquellos relacionados con conductas que suelen ser las que más inciden en el rendimiento escolar, aquellos que pueden ser modificables desde la reconsideración cognitiva, la práctica consciente y la habituación y aquellos que a su vez suelen ser más llamativos para los participantes y por lo tanto deseables de apropiar. Los conceptos no solo apuntan a un autoconocimiento para incrementar la autogestión de los recursos cognitivos, ejecutivos y emocionales, sino también a comprender las interacciones que se producen con un entorno cargado de estímulos que conllevan intereses muchas veces no alineados con los propios. A continuación una breve descripción del enfoque que se da a los conceptos esenciales del Taller Pasión por Aprender.

Automotivación: Los lóbulos prefrontales constituyen el área en la que residen las posibilidades de planificar. Si tenemos un objetivo, diseñamos el trayecto y los recursos necesarios para alcanzarlo, podremos favorecer la liberación de dopamina en la vía mesocorticolímbica, lo que produce motivación. También es necesario ser perseverante y aprender a postergar recompensas inmediatas en beneficio de otras más redituables en el largo plazo, pues esa vía se asocia a un circuito que trabaja para deseos muy básicos pero también para los muy elevados. La capacidad de automotivarnos constituye el primer paso para prepararnos a asumir los desafíos que nuestro proyecto de vida nos presente. Es la piedra basal del camino de aprendizaje que debemos recorrer para transformarnos poco a poco en personas cada vez más valiosas. Cuando no estamos motivados, el esfuerzo cognitivo por el aprendizaje consciente es muy grande y será más dificultoso alcanzarlo. La automotivación nos permite desarrollar a su vez el retardo de la gratificación.

Atención selectiva, sostenida, multitareas: Podemos definir la atención como la capacidad del cerebro para fijarse en uno o varios aspectos de la realidad y prescindir de los restantes. Muchas son las preguntas que nos surgen en referencia a la atención. Ocurre que nuestra percepción nos hace creer que estamos atentos a la mayoría de los estímulos del medio ambiente. Sin embargo, lejos estamos de lograrlo. La atención es clave en el proceso de aprendizaje. Los factores distractores, internos y externos son múltiples. Conocer cómo funciona el sistema atencional nos abre las puertas a la sala de comando desde donde podamos seleccionar y sostenerla. La planificación de las actividades, el entrenamiento en la jerarquización de estímulos y la adecuación del ámbito de estudio incrementa la eficacia atencional. El *multitasking* es solo la percepción de una capacidad de rápido cambio entre tareas.

Inteligencia maleable, implicancias del concepto: La plasticidad neuronal nos explica la posibilidad de incorporar y mejorar capacidades con solo saberlo y trabajarlo. El pensamiento dualista cartesiano inhibe la posibilidad de inscribir la experiencia y enriquecer los módulos neurales que producirán mejores pensamientos y respuestas con los que podamos afrontar los desafíos ambientales e interiores. La inteligencia entonces es un concepto maleable que viene a entregarnos el camino del libre albedrío por un determinismo genético poco esperanzador. Podemos ser más inteligentes. La visión de inteligencia incremental busca desafíos moderadamente

difíciles y rechaza los que sean demasiado fáciles. “Cometer errores es parte del aprendizaje”, “cuanto más duro se trabaje en algo, tanto mejor se podrá ser en esto.” La estrategia después de la dificultad es continuar con el esfuerzo y buscar nuevas estrategias. A una persona que ha descubierto la posibilidad de modificar y mejorar su cerebro no le interesa tanto verse inteligente, y a cambio busca ser inteligente incrementando los niveles de conocimiento y habilidades. Valora el desarrollo de las capacidades a través del estudio y la práctica. El esfuerzo lo es todo. El fracaso usualmente lo motiva a incrementar la práctica y el estudio, incrementando las posibilidades de un éxito futuro.

Memoria: Entender cómo la información se convierte en conocimiento y se transforma en memoria a largo plazo puede ser una herramienta poderosa para contribuir con el éxito académico. En la memoria a largo plazo las modificaciones no son solo funcionales, como en la de corto plazo, sino que además se producen cambios estructurales (2). Kandell encontró que ya sea por la repetición del estímulo que produce el aprendizaje o bien por estados emocionales intensos, era posible efectuar esta transformación. Las dos estrategias contribuyen al desarrollo de memorias que perduren. Estudiar comprendiendo los conceptos permite la construcción de redes con condicionamientos contextuales y de múltiples referencias. Si a esto le sumamos descansos adecuados posteriores, el recuerdo se afianzará más. Es importante considerar los espacios de tiempo entre estudio de diferentes disciplinas para asegurar la consolidación previa antes de debilitarla con nuevas adquisiciones de conocimientos.

Autogestión emocional: Las emociones constituyen un recurso psicofisiológico que la evolución nos brinda para adaptarnos a ciertos estímulos ambientales o a nuestros pensamientos en defensa de la supervivencia, dándonos la posibilidad de sentirnos de una manera particular y actuar en consecuencia. Las emociones han evolucionado para protegernos en los entornos en los que el ser humano evolucionó miles de años atrás. Pero “*nuestro mundo ha cambiado demasiado rápido para que la evolución alcance a ponerse al día. Están apareciendo más tipos de información, pero los módulos se siguen activando de la misma manera que antaño. Aunque el abanico de estímulos es más amplio, ellos siguen con sus respuestas automáticas”* (1). Frente al aprendizaje cognitivo, que requiere esfuerzo y mayor motivación que el emocional que se produce más espontáneamente, pueden presentarse situaciones de desabarranque emocional ocasionando una parálisis cognitiva de tal magnitud que impedirá hacer reevaluaciones de la situación estresante que un examen provoca.

El descanso: La evolución no eliminó esta conducta ni redujo su necesidad. Un descanso inadecuado ocasiona trastornos crónicos difíciles de identificar por la fluctuación diaria de la capacidad cognitiva, alternando momentos de confusión con otros de elevada lucidez que nos inducen a soslayar el efecto de no dormir bien y, consecuentemente, no lo valoramos. De nuestras encuestas surge que una elevada población de estudiantes duerme unas 6 horas diarias, eliminando la posibilidad del descanso psicológico, o de alcanzar las últimas fases REM, en las que se consolidará lo aprendido durante el día y se relacionarán los conceptos entre sí. Otro aspecto remarcable es la actividad inmediatamente anterior al descanso. Si entre el estudio y el

descanso intercalamos actividades que contribuyan a la formación de nuevos circuitos neurales, estos últimos serán los que fortaleceremos durante el descanso. Si antes de dormir jugamos videojuegos, escuchamos música fuerte o vemos películas de alto tono emocional, nos perderemos la posibilidad de fortalecer los circuitos neurales del aprendizaje que tanto esfuerzo nos había demandado. Por otra parte, el buen descanso nos permite vaciar el hipocampo (3), liberándolo para nuevos aprendizajes en la siguiente jornada. Y en cuanto a la continuidad del sueño y los factores ambientales, cabe resaltar la importancia de preparar ese espacio para que ningún estímulo exterior interrumpa las 8 horas de descanso.

Alimentación, hábitos y nutrientes saludables. En la vida de un estudiante no siempre es sencillo programar la alimentación para que se ajuste a lo que el cerebro requiere para su óptimo aprendizaje. Para ello es necesario diseñar las dietas diarias y a partir de eso seleccionar los alimentos que más convengan. En torno a este tema, hay mucho por conocer y organizar. Pero, en principio, una aproximación reduccionista puede ayudarnos si consideramos la disponibilidad de neurotransmisores estrella del aprendizaje. Son la dopamina, la acetilcolina y la noradrenalina. La alimentación que favorezca estos químicos es la que debe adoptarse. Por el contrario, la serotonina, necesaria para relajarnos previo al descanso, es lo que debe evitarse con la ingesta de carbohidratos y su producción de triptófano. La producción de dopamina requiere de L-dopa y tirosina. La tirosina está presente en las proteínas. Si hemos de iniciar la jornada con buena disponibilidad de dopamina, un desayuno rico en proteínas será lo ideal, reduciendo la carga de carbohidratos que nos provee del triptófano que compite con la entrada de tirosina al cerebro. Los hábitos de planificación de la alimentación incluyen adquirir los que seleccionamos con inteligencia, asegurarse su disponibilidad, ya sea porque los llevamos con nosotros al ámbito de estudio o porque sabremos dónde adquirirlos cerca y dosificarlos a lo largo del día, para que estemos en condiciones adecuadas a lo largo de toda la jornada.

Ejercicio físico y aprendizaje: Un equipo de investigadores argentinos descubrió que administrando una proteína se puede convertir un recuerdo pasajero en uno que perdurará en la memoria. El secreto se encuentra en la síntesis que hace el cerebro de una proteína denominada factor neurotrófico derivado del cerebro o BDNF. Si se produce la síntesis del BDNF los recuerdos duraban doce días, pero si su síntesis era bloqueada, tan solo dos. La síntesis de BDNF, para así controlar la duración de recuerdos deseados, se puede lograr a través del ejercicio moderado. Más aún, el correr incrementa un mecanismo relacionado con la memoria llamado potenciación a largo plazo (LTP) en el GD y mejora el aprendizaje espacial. También aumenta la síntesis de glutamato (el principal neurotransmisor excitatorio del sistema nervioso) y disminuye el GABA (el principal neurotransmisor inhibitorio).

Primero lo primero: Muchas veces ocurre que no logramos hacer coincidir lo que creemos que debemos hacer, lo que deseamos hacer y lo que en realidad hacemos. Nos encontramos frente a dilemas. Dada la enorme diversidad de opciones que la vida nos propone, frecuentemente sentimos la culpabilidad de no alcanzar una conducta íntegra como, por caso, el pensar, el decir y el hacer, alineados tras el proyecto de vida que nos permiten. La consecuencia es que no logramos disfrutar plenamente de lo que

hacemos y nos sentimos vacíos. Valorar algo significa atribuir valor. Es tiempo de asegurarnos de que el valor de cada una de nuestras actividades esté en línea con los valores humanos que darán sentido al proyecto de vida que nos tracemos. Administrar el tiempo, sabiendo identificar el sentido de cada actividad que elijamos, nos hará posible un mayor disfrute de cada cosa que emprendamos y mejores resultados asociados a nuestros objetivos y proyecto de vida planteados.

REFERENCIAS

1. M. Gazzaniga, *¿Qué nos hace humanos?*, Paidós, Buenos Aires (2010).
2. E. Kandell, *En busca de la memoria*, Katz, Madrid (2008).
3. M. Walker, *American Scientist,* **2006,** Vol. 94.
4. A. Damasio, *El error de Descartes,* Paidós, Buenos Aires (2010).
5. S. Begley, *Entrena tu mente, cambia tu Cerebro*, Norma, Buenos Aires (2010).

FORMACIÓN DE PROFESORADO SAHARAUI EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS NATURALES PARA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Natxo Alonso Alberca
Departamento de Didácticas Específicas
Facultad de Formación de Profesorado y Educación
Universidad Autónoma de Madrid
natxo.alonso@uam.es

Las universidades públicas madrileñas, en cooperación con la República Árabe Saharaui Democrática (RASD), han puesto en marcha un conjunto de acciones formativas dirigidas al profesorado saharaui de Educación Primaria. El objetivo del proyecto que se presenta aquí es aumentar su preparación para que puedan impartir docencia en Educación Secundaria, contribuyendo así a la extensión de esta etapa educativa. En este trabajo describimos la formación realizada en Didáctica de las Ciencias Naturales.

1. MARCO DE LA INTERVENCIÓN

1.1. Contextualización

A finales del siglo XIX España colonizó el Sáhara Occidental, un territorio en el noroeste africano habitado por tribus nómadas saharauis. Setenta años más tarde, en la década de los 50, se inició el proceso descolonizador de África promovido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), permitiendo a casi todas las colonias lograr su emancipación de las potencias colonizadoras. España había ingresado en la ONU pocos años antes, por lo que debía liberar el territorio. En otros países se dieron situaciones similares; en Argelia, por ejemplo, que entonces era colonia francesa, se celebró un referéndum de autodeterminación con un resultado mayoritario a favor de la independencia, de modo que Francia se retiró de la colonia. España, por su parte, permaneció en el Sáhara Occidental y, en lugar de descolonizarlo, lo convirtió en provincia española en 1958. En los años 60 la ONU consiguió que España accediera a organizar un referéndum para determinar la autonomía del pueblo saharaui, pero nunca llegó a celebrarse, desencadenándose así el nacimiento de la lucha por la autodeterminación y el surgimiento del Frente Polisario, movimiento de liberación nacional del Sáhara Occidental.

España se mantuvo en la llamada provincia 51 hasta 1975, año en que firmó un acuerdo en el que cedía la administración del territorio a Marruecos y a Mauritania. Tras la retirada de las tropas españolas, Marruecos y Mauritania llevaron a cabo una invasión militar en el Sáhara Occidental, generando un conflicto armado con el Frente Polisario, quien en 1976 proclamó la independencia del territorio y fundó la República Árabe Saharaui Democrática (RASD). La invasión marroquí, conocida como la Marcha Verde, consistió además en el desplazamiento de cientos de miles de civiles

marroquíes que ocuparon el territorio del Sáhara Occidental. A partir de ese momento se perpetraron persecuciones, agresiones y asesinatos, derivando en un éxodo masivo de la población saharaui hacia el interior del continente hasta asentarse en la *hamada* (desierto pedregoso) de Tindouf (Argelia), una región desértica en la que escasean la vegetación, la fauna y, a excepción de la luz solar, los recursos naturales.

Aunque Mauritania se retiró del conflicto en 1979, Marruecos se extendió hasta ocupar la totalidad del Sáhara Occidental. Desde entonces, Marruecos y la RASD mantienen una fuerte disputa territorial. La ONU y la OUA (Organización para la Unidad Africana), de la que es miembro la RASD, llevan décadas mediando para solucionar el conflicto. Marruecos, por su parte, considera el Sáhara Occidental como territorio propio, por lo que ha obstaculizado cualquier proceso que pudiera desembocar en la independencia.

Tras más de 35 años en el exilio, la sociedad saharaui continúa esperando un referéndum de autodeterminación libre en el Sáhara Occidental. Las esperanzas de regreso son altas, pero las perspectivas de que suceda en un futuro próximo son escasas. Por ello, la RASD está invirtiendo un gran esfuerzo para avanzar en el desarrollo social en los campamentos, con especial énfasis en las áreas de Salud y Educación. En la actualidad, aproximadamente 200,000 saharauis viven en los campamentos de Tindouf distribuidos en cuatro *wilayas* o provincias (El Aaiún, Smara, Dajla y Auserd). Su supervivencia depende crucialmente de la ayuda internacional. A día de hoy no existe un censo de la población que reside en los campamentos de Tindouf, solo se conocen estimaciones. El dato incluido en este trabajo ha sido aportado por la RASD.

1.2. Sistema educativo de la República Árabe Saharaui Democrática (RASD)

Desde el comienzo del conflicto, la educación ha sido una de las prioridades de la RASD. A pesar de las condiciones adversas, en estos años se ha conseguido establecer un sistema educativo en los campamentos y se ha alcanzado la plena escolarización de la población infantil.

Las etapas de Preescolar y Primaria son obligatorias y abarcan los segmentos de edad de 3-5 y 6-12 años, respectivamente, siendo análogas al segundo ciclo de Educación Infantil y a la Educación Primaria vigentes en España. La Educación Secundaria, dirigida al segmento de edad de 13-17 años, se ha realizado en el extranjero durante la mayor parte del conflicto, en los llamados países amigos (principalmente Argelia, Libia y Cuba). A partir de los 17 años es posible acceder a un programa de Educación Superior de formación de enfermeros, matronas y maestros, y a un programa de Formación Profesional en el que se aprenden oficios como mecánica, carpintería, peluquería y otros.

En las *Escuelas de Mujeres 27 de Febrero* se forma a mujeres de cualquier edad en diversas ramas, por ejemplo puericultura. En lo que se refiere a estudios universitarios, éstos se realizan únicamente en el extranjero. Existen programas en distintos países pero, históricamente, han sido Argelia y Cuba quienes han acogido a un número mayor de estudiantes saharauis en sus universidades.

1.3. Educación Secundaria en la RASD

En los últimos años se ha reducido notablemente la capacidad de los países amigos para acoger estudiantes saharauis de Secundaria, por lo que, debido a la falta de centros de Secundaria en los campamentos, muchos jóvenes han abandonado sus estudios al terminar la Educación Primaria. Esta situación se ha agravado por la falta de empleo en las *wilayas*, derivando en que existan generaciones desocupadas y sin formación. Ante esta realidad, el Ministerio de Educación de la RASD ha decidido crear dos centros de Secundaria en cada *wilaya*, con el objetivo de implementar de forma generalizada esta etapa educativa en los campamentos. La necesidad de poner en marcha este proyecto hizo que la decisión se tomara antes de disponer de un cuerpo docente suficientemente preparado, y actualmente se cuenta con los maestros de Primaria para impartir las clases de Secundaria. Con el objetivo de incrementar la calidad de la Educación Secundaria de la RASD, la mejora de la preparación del profesorado saharaui se plantea como una necesidad prioritaria.

2. COOPERACIÓN DE LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS MADRILEÑAS CON LA RASD

Las universidades públicas madrileñas[3] crearon en 2007 una Plataforma para coordinar e impulsar el proyecto solidario de la comunidad universitaria madrileña con la población saharaui, contribuyendo a conocer mejor su realidad, a potenciar la sensibilización de su causa y a evitar acciones dispersas de cooperación. Desde entonces se han desarrollado actuaciones de información y sensibilización (jornadas, seminarios, mesas redondas, etc.) (1) y actuaciones directas en los campamentos (programas de voluntariado universitario, visitas institucionales).

Como respuesta a la necesidad formativa de los profesionales saharauis, la UAM ha construido el *Aula Abierta de Formación Universitaria*, un centro de formación ubicado en los campamentos (en la *wilaya* de El Aaiún), y la Plataforma ha puesto en marcha varios proyectos formativos entre los que se encuentra EDUCASAHARA (2), un proyecto de formación de profesorado.

EDUCASAHARA pretende ampliar y adecuar las competencias docentes del profesorado saharaui a través de un período de formación estructurado en tres etapas.

En la primera etapa se imparten módulos de formación intensivos (50 horas repartidas en una semana) en los que se trabajan los fundamentos didácticos relacionados con la docencia en la Educación Secundaria. Cada módulo es impartido por dos profesores, y el programa incluye dos módulos genéricos de Psicología, Didáctica y Organización Escolar, y un módulo de especialización (hay cinco especialidades: Español, Ciencias Naturales, Matemáticas y Física, Inglés y Árabe.

[3] Universidad Autónoma de Madrid (UAM), Universidad Complutense de Madrid (UCM), Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Universidad de Alcalá (UAH), Universidad Carlos III (UC3M) y Universidad Rey Juan Carlos (URJC).

La segunda etapa es un período de prácticas en centros de Secundaria en los campamentos, con una duración de 150 horas repartidas a lo largo de un mes.

La formación concluye con una intervención de refuerzo de los módulos de especialización, en la que se pretende ampliar los contenidos y facilitar el análisis y la reflexión del trabajo en el aula durante el período de prácticas. Esta intervención tiene una duración prevista de 30 horas.

Los destinatarios de la formación –en adelante, los *estudiantes*– son profesionales saharauis de Educación Primaria (profesores, coordinadores e inspectores), y los docentes son profesores voluntarios pertenecientes a las universidades públicas madrileñas. La primera edición de EDUCASAHARA, realizada entre enero y mayo de 2012, se ha dirigido al profesorado especialista en enseñanza de Español y de Ciencias Naturales.

A continuación se describe la intervención formativa en Didáctica de las Ciencias Naturales, realizada entre el 18 y el 25 de febrero de 2012.

3. FORMACIÓN DE PROFESORADO SAHARAUI EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS NATURALES

La información disponible inicialmente acerca de las necesidades del profesorado saharaui era poco concreta, por lo que el diseño del curso debía ser adaptable a diversas situaciones. El modelo de enseñanza más extendido en los campamentos es "tradicional" (magistral y centrado en los contenidos), por lo que se enfocó el curso hacia dinámicas participativas que fomentaran el aprendizaje colaborativo. Se esperaba que el estudiante con menos conocimientos del grupo dominara los contenidos de Ciencias Naturales que se imparten actualmente en España en segundo de E.S.O., y por ello se definió un programa científico de Física, Química, Biología y Geología a un nivel de tercero y cuarto de E.S.O.

3.1. Toma de contacto y evaluación inicial

Una vez en el terreno se hizo necesario replantear algunos aspectos de la formación. A pesar de los planteamientos iniciales, se dispondría de 32 horas para la formación y asistirían tanto los estudiantes de Ciencias como los de Lengua Española.

Se pasó un cuestionario individual por escrito para valorar el nivel de conocimientos sobre Ciencias Naturales, revelando un nivel medio más propio de Primaria que de Secundaria. Los contenidos científicos que se trataran debían ser más elementales que los previstos.

Tras dedicar un tiempo a conocer los intereses y las expectativas de los estudiantes, se identificó un desánimo generalizado ante la dificultad de impartir Ciencias sin disponer de recursos adecuados.

3.2. Características del grupo

El grupo estaba formado por 27 estudiantes, 15 de la especialidad de Lengua

Española y 12 de Ciencias Naturales. Mientras que los estudiantes de Lengua Española dominaban esta lengua, los de Ciencias solo hablaban árabe, por lo que en las clases con este grupo sería imprescindible la presencia de un traductor. Se decidió que las dos especialidades asistieran a la formación por separado, a excepción de las actividades de evaluación, en las que se trabajaría con todos los estudiantes.

Aunque el grupo parecía bastante heterogéneo, existían tres subgrupos con cierta homogeneidad, o tres "tipos de estudiante". El subgrupo al que llamaremos "experto" representaba aproximadamente la mitad del grupo total, y estaba formado por licenciados universitarios formados en el extranjero, con más de 10 años de experiencia en Educación Primaria y de edades comprendidas entre los 35 y los 50 años. La evaluación inicial reveló un nivel bajo de conocimientos científicos, salvo alguna excepción de personas que habían estudiado carreras de ámbito científico.

Prácticamente el resto del grupo eran maestros de Primaria formados en la RASD con menos de 10 años de experiencia, algunos recién incorporados, y de edades comprendidas entre los 20 y los 35 años. La evaluación inicial reveló un nivel bajo de conocimientos científicos. A este subgrupo lo llamaremos "iniciado".

Por último, una estudiante de 19 años que cursó su Educación Secundaria y Bachillerato en España, sin experiencia docente pero que, según indicaba la evaluación inicial, disponía de un conjunto de conocimientos científicos más amplio y profundo que el resto.

3.3. Adaptación de la intervención

La estrategia docente planteada inicialmente consistía en una ampliación de los contenidos científicos que pudiera servir como punto de partida para un trabajo vivencial y reflexivo de los recursos didácticos. De esta manera, los estudiantes podrían aprender contenidos de Ciencias Naturales, experimentar con recursos didácticos y reflexionar sobre su utilidad y aplicabilidad a partir de su experiencia personal. Analizando las características del grupo y el plan previsto, se optó por presentar los fundamentos científicos de manera amena y atractiva, casi divulgativa, fomentando la participación activa y el trabajo en equipo.

En base a los resultados de la evaluación inicial, se adaptó el conjunto de contenidos de Ciencias. Se abarcaron contenidos de Biología y Medio Ambiente a un nivel cercano a los primeros cursos de E.S.O. (Sistema Solar, La Tierra, el agua, los seres vivos, el cuerpo humano…) y algunos de Física y Química más propios de tercero y cuarto de E.S.O. (gravedad, luz, calor y temperatura, mezclas, reacciones…). El curso estaba estructurado en dos sesiones diarias de cuatro horas, una por la mañana y una por la tarde, y la formación quedó finalmente organizada en sesiones (de cuatro horas) relacionadas entre sí pero que se podían seguir de forma independiente. Aunque inicialmente pretendíamos que existiese una fuerte relación entre los contenidos científicos, finalmente optamos por impartir sesiones con menor interdependencia, de manera que no fuese imprescindible haber comprendido los contenidos de una sesión para comprender los de la siguiente.

Se trazó, además, una estructura común para todas las sesiones. Cada sesión

comenzaba con un seminario magistral de una hora para exponer algunos fundamentos conceptuales de las Ciencias Naturales, realizar experimentos utilizando elementos del entorno e identificar los conocimientos previos del grupo. Una vez introducidos los fundamentos científicos, se proponían trabajos prácticos en grupo pequeño (4 o 5 personas) a realizar en dos horas, con objetivos-guía y gran libertad de acción. En esencia, los estudiantes probaban recursos didácticos que pudieran facilitar la comprensión de los contenidos científicos. En los trabajos prácticos se utilizó, además, el juego como herramienta de aprendizaje. Las sesiones concluían con una hora de reflexión sobre lo aprendido con el grupo al completo, generando un debate en el que únicamente se intervenía para aclarar dudas o prevenir posibles errores conceptuales.

3.4. Evaluación final

La formación concluyó con una evaluación estructurada en tres partes. Primero se realizó una evaluación de la adquisición de conocimientos científicos. Para ello se pasó a los estudiantes el cuestionario utilizado en la evaluación inicial, de forma que pudieran valorar qué cambio individual se había producido en relación a los contenidos científicos. En segundo lugar se evaluó la intervención. Para estimular la reflexión sobre la marcha y la utilidad de la formación, se preparó una dinámica dividida en tres fases. En la primera fase, los estudiantes escribieron individualmente sus impresiones personales sobre el curso. En la segunda, organizados en equipos de 4 o 5 personas, compartieron sus impresiones y las sintetizaron, generando así una visión de equipo. En la tercera y última fase cada equipo expuso sus conclusiones al resto del grupo. Por último, se expuso un conjunto de competencias recomendables para impartir docencia en Educación Secundaria. Los estudiantes autoevaluaron su grado de desarrollo en cada una de las competencias en una escala de 1 a 5, explicando por qué habían elegido cada valor.

4. VALORACIÓN DE LA INTERVENCIÓN

Consideramos que la intervención ha incidido positivamente el desarrollo de las competencias docentes de los estudiantes.

Desde un punto de vista cualitativo, hemos observado cambios en los estudiantes a la hora de intervenir durante las sesiones, indicando, en promedio, un desarrollo de la visión de las Ciencias más amplia y mejor relacionada con su entorno, una mayor conciencia del valor de los recursos propios de su entorno para el trabajo en el aula, un abanico más amplio de recursos didácticos (entre los que destacan las técnicas para generar dinámicas participativas y para facilitar el aprendizaje colaborativo) y una mayor conciencia del valor de la investigación y la experimentación en el aula.

4.1. Evolución del grupo

A lo largo de la formación, los estudiantes del subgrupo “experto” demostraron un fuerte compromiso y una gran responsabilidad para que el curso funcionase lo mejor

posible. Aunque no se mostraban especialmente motivados, su implicación fue notable en todas las actividades, y parecían comprender perfectamente los contenidos didácticos trabajados.

Los estudiantes del subgrupo "iniciado", por su parte, se mostraron responsables ante el funcionamiento del curso, aunque en menor medida que los del subgrupo "experto". Su implicación fue también notable, aunque el grado de comprensión de la materia parecía algo menor. Sin embargo, este grupo destacó por mostrar un nivel muy alto de motivación ante los contenidos científicos.

Por último, la estudiante sin experiencia aprovechó el curso en menor medida. Mostraba una participación más pasiva y un grado de motivación medio-bajo, y no demostró comprender los fundamentos de los contenidos didácticos.

4.2. Aspectos a mejorar

Basándonos en el modelo de liderazgo situacional propuesto por Hersey y Blanchard (3), consideramos que la intervención ha sido adecuada para el subgrupo "iniciado", pero no para el subgrupo "experto" ni para la estudiante sin experiencia. Según este modelo, las diferencias entre los tres "tipos de estudiantes" vienen determinadas por el grado de preparación ante la tarea a realizar. El grado de preparación, en este caso, proviene de la formación y de la experiencia en Educación.

De cara a los estudiantes del subgrupo "experto", es posible mejorar la intervención aumentando su independencia y dando apoyo cuando sea requerido. En esta línea se ha planteado que los estudiantes realicen proyectos didácticos durante la intervención de refuerzo. Es esperable que con un cambio así aumente su motivación, con repercusiones positivas para su aprendizaje.

En el caso de la estudiante sin experiencia, es recomendable utilizar un estilo docente más directivo, logrando así una mayor actividad e implicación por su parte. Es muy probable que hubiese aprovechado mejor el curso si la duración los seminarios hubiese sido mayor. Esto facilitaría, además, su transición a un estilo de aprendizaje más participativo.

5. CONCLUSIONES

Hemos identificado una carencia notable de conocimientos científicos en el profesorado saharaui. En este sentido, la intervención ha resultado exitosa a nivel de alfabetización científica, útil para el profesorado de Lengua Española pero insuficiente para el profesorado de Ciencias. Existe, por tanto, una fuerte necesidad de ampliar y consolidar el conocimiento científico de los futuros especialistas de Ciencias Naturales. Entendemos que el propósito de la RASD de implementar una Educación Secundaria generalizada y de calidad en los campamentos es un proyecto ambicioso que necesitará tiempo para hacerse realidad.

Por otro lado, hemos observado una muy buena acogida de las técnicas de trabajo en equipo y de aprendizaje colaborativo, por lo que pretendemos continuar la formación en estos aspectos durante el período de refuerzo.

Es posible que otros tipos de aprendizaje en el aula, como el aprendizaje colectivo, puedan resultar valiosos para una sociedad que se encuentra actualmente diseñando su etapa de Educación Secundaria.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Natalia Santos, compañera de proyecto y de viaje; a Alfredo Palencia y María García Agüero, compañeros de proyecto; a Rosalía Aranda, coordinadora del proyecto; a Liuva González y Silvia Arias, de la Oficina de Acción Solidaria de la UAM; y a Mahfoud Salama, logista y "hermano mayor" en los campamentos.

REFERENCIAS

1. P. Martínez Lillo, S. Arias Careaga, C. Tanarro Alonso, J. Weingärtner (Coords.) *Universidad y Sáhara Occidental: reflexiones para la solución de un conflicto,* Cuadernos solidarios nº 6, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Madrid (2009).
2. Oficina de Acción Solidaria y Cooperación de la Universidad Autónoma de Madrid. http://www.uam.es/oficinasolidaria/
3. P. Hersey, K.H. Blanchard, *Management of organizational behavior*, Prentice Hall, New Jersey (1969).

REFLEXIONES SOBRE LA ORIENTACIÓN EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA

Ángel Valea Pérez, María Luz González Arce
Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente, Escuela de Ingeniería Técnica Industrial (Bilbao), Universidad del País Vasco - E.H.U.
iapvapea@lg.ehu.es

En el presente trabajo quisiéramos hacer algunas reflexiones sobre argumentos y experiencias que hemos tenido ocasión de escuchar o leer en diferentes ámbitos y sobre los cuales creemos necesario someter a un análisis, aunque seamos sospechosos por ello de ser "los últimos de ayer", pero aunque los errores en educación se paguen a largo plazo, siempre son costosos para una sociedad.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos años estamos viviendo cambios profundos en la forma de concebir la enseñanza universitaria, primero a nivel experimental con carácter voluntario, y desde el curso 2010-2011 a nivel de implantación obligatoria del Espacio Europeo de Enseñanza Superior (EEES), conocido popularmente como "Plan Bolonia". Las modificaciones que se están planteando se han centrado fundamentalmente en dos vías: por un lado en todos aquellos aspectos organizativos relacionados con la necesidad de armonizar las titulaciones, y por otro lado en las modificaciones introducidas en el propio trabajo de aula, principalmente en el ámbito metodológico, que lleva aparejada la nueva metodología de enseñanza anglosajona, que se reclama como más centrada en el alumnado.

La labor de la reforma educativa no debiera ser solo la creación de nuevas titulaciones que den respuesta a nuevas necesidades sociales, o de readaptación de las ya existentes, sino que debería implicar una reflexión más profunda acerca de la educación en la Universidad. Esta exigencia se hace más patente desde la consideración de que la armonización europea debería conllevar una mayor competencia entre las diferentes Universidades, tanto dentro del estado español como en el espacio europeo e internacional.

Por diferentes razones que tienen su origen en los aspectos estructurales y organizativos, el nivel universitario es el que ha recibido menos atención en nuestro país, a pesar de los profundos cambios que ha sufrido la Universidad en las últimas décadas como consecuencia del gran crecimiento en la demanda universitaria, que ha supuesto una duplicación de la población universitaria en los últimos 25 años y un considerable aumento del gasto público en una educación más diversificada.

Estos datos no indican nada acerca de las dificultades para llevar a cabo la innovación metodológica dentro de las aulas. La masificación que se manifiesta en titulaciones concretas, asimétricamente distribuidas con respecto al mercado laboral, no hace fáciles los cambios necesarios para responder adecuadamente a una realidad socio-económica y menos aún cuando no es posible hablar de docencia universitaria

sin vincularla con la investigación, entremezclando muy diversas tipologías sin ningún tipo de estructuración u organización, y en ocasiones interpretadas políticamente de un modo totalmente partidista.

En el presente trabajo debatiremos sobre algunos de los "mitos" de las nuevas modificaciones en la docencia y analizaremos algunas de las virtudes que vamos perdiendo en este, que se presume, largo camino de la docencia universitaria.

2. LOS CAMBIOS EN LA DOCENCIA UNIVERSITARIA

Es cierto que las preguntas de fondo *¿Cuál es la función de la Universidad en este siglo XXI? ¿La Universidad debe formar o debe preparar para afrontar situaciones laborales gracias a lo aprendido?* siguen estando vigentes y probablemente seguirán estándolo en el futuro, cuando nuevos retos vitales y laborales vayan apareciendo en escena.

La sustitución del modelo napoleónico (estudiar muchas cosas en unos años de la vida para adquirir una formación que capacite para la vida laboral) por un modelo anglosajón (en el que hay que adquirir la formación a lo largo de la vida para responder a las exigencias de la vida laboral) parece un cambio deseable y obvio si las circunstancias personales y socioeconómicas a los digamos 18-25 años se mantuviesen idénticas a los 60-65 años, lo que no es frecuente.

Otra variante de este "modernismo" es que los alumnos no van a la Escuela o Facultad a aprender, sino a "*aprender a aprender*", como si el denostado sistema napoleónico no enseñase simultáneamente cómo aprender cosas. El error subyacente de esta postura es ignorar la mayor, es decir, que para descubrir cosas nuevas es indispensable saber ya muchas otras cosas. Newton, Einstein, Debye y otros grandes de la ciencia elaboraron sus teorías reflexionando sobre las limitaciones de la física newtoniana, la cual les había sido enseñada durante su formación. Todos los grandes científicos hicieron sus aportaciones después de estudiar a fondo (y entender) la ciencia que se había hecho antes.

Finalmente, ya que hay casi infinitas interpretaciones de la dimensión educativa, permítasenos transcribir otra sesuda traducción que establece que "(…) *un aprendizaje a lo largo de toda la vida cuya función esencial es formar ciudadanos y no transmitir unos conocimientos que en cualquier momento corren el riesgo de quedar obsoletos, más aún en una sociedad como la nuestra, en la que el ritmo de modificación y actualización es vertiginoso".* El argumento no tiene desperdicio, ya que la respuesta obvia sería "*no enseñemos nada porque se va a quedar obsoleto".*

Si queremos responder a la pregunta clave *¿Cómo debe ser la educación universitaria y cuáles podrían ser los ámbitos prioritarios?,* frecuentemente uno se encuentra recurrentemente con dos ámbitos:

1) Relativo a la forma de incorporar el conocimiento y especialmente al uso de las nuevas tecnologías y de otras técnicas y herramientas.
2) La disposición al aprendizaje, que estaría vinculado, según sus defensores, al afrontamiento emocional que requiere la incorporación y puesta en práctica (que no en valor) de dichos conocimientos.

En un "arabesco lateral" se lee que se habla de "*nuevos analfabetos que son desconocedores o infrautilizadores (?) de las enormes posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías y no se tardará mucho en hablar de analfabetos emocionales que no están suficientemente desarrollados (?) en inteligencia emocional como para responder a las exigencias sociales*". Es innegable que a lo largo de la historia de la humanidad se ha dado gran relevancia a los conocimientos y a la inteligencia lógica, de modo que los poderosos siempre han atraído el conocimiento y han propiciado el desarrollo. En esta época en la que lo importante parecen ser las transacciones comerciales, probablemente es necesario fomentar la empatía, pero como ya se ha señalado, los indicadores sociales de interrelación personal no parece que vayan en la dirección adecuada, cuando las relaciones "cara a cara" han sido sustituidas.

Se dice que las nuevas demandas sociales obligan a revalorizar la capacidad para manejar las situaciones de aprendizaje y esto implica una nueva orientación metodológica en la docencia universitaria. Este planteamiento metodológico se caracteriza esencialmente porque se centra en el conjunto del proceso de aprendizaje del alumnado y no tanto en la docencia presencial de las horas lectivas; para ello se propugna fomentar en el alumnado las cualidades de autoaprendizaje, para lo cual hay que motivarle para que se implique y desarrolle otro tipo de actividades de carácter alternativo que le ayuden en el futuro a tener otra actitud frente al aprendizaje e incluso ¡ante la vida! Generalmente suele acompañarse esta "arenga" con la necesidad de "forjar" un alumno capaz de adquirir las habilidades (?) necesarias para poder afrontar los problemas que vayan surgiendo en la vida real. Sorprende que hablen de la vida real profesores que, mal que nos guste o no, no tienen más contacto con la vida real que lo que viven en la barra del bar de la Facultad o de lo que han oído.

La materialización de esta idea suele consistir en encomendarle al alumno o alumna "trabajos" cuyo diseño y recorrido mejor vamos a soslayar. Estos trabajos son, en ocasiones, alternativos a los ejercicios o exámenes (a los que frecuentemente se les descalifica con el calificativo de "tradicionales"). En los denostados sistemas clásicos el profesor se solía encontrar con un "refrito" de varios libros (en ámbitos universitarios) o enciclopedias (en ámbitos de primaria o secundaria-bachillerato) que después de leerlos y escribirlos quizá quedase algo de "poso intelectual", o al menos quizá se habían fomentado otros caracteres perieducativos (capacidad de trabajo, disciplina, etc.). En los sistemas actuales (TIC's) no hay más que pagar la conexión a Internet, cortar y pegar. La presentación del trabajo seguramente es más espectacular, pero su impacto en el intelecto es más bien escaso; eso sí, casi siempre se suele disparar el número de aprobados. Puedo dar fe de que esto sucede hasta niveles de Máster Universitario (lamentablemente).

Cualquier profesor, casi de cualquier asignatura y nivel, puede hacer un sencillo experimento controlado consistente en que los alumnos lean un capítulo del libro de texto y hagan un resumen (que no lo haga el profesor, que suele ser lo habitual), con la extensión máxima de un DIN A4, por ejemplo, en el que se destaquen las ideas más importantes de ese capítulo, y razonen por qué consideran que son las más importantes. Lo más probable, independientemente del nivel educativo es que los resultados sean desalentadores (incluso ortográficamente hablando).

Por qué el empeño en que los alumnos hagan trabajos de pseudoinvestigación o específicos, cuando no saben ni resumir un capítulo de un libro. Puedo dar fe de que son escasos los alumnos que en último año de carrera son capaces de procedimentar un proceso o hacer una instrucción de trabajo. Probablemente es mejor proponerse metas mucho más modestas, que se puedan llevar a feliz término, que objetivos tan sugerentes que son irrealizables. ¿O es el propio hedonismo del sistema político-educativo? ¿Es para poder mentir diciendo aquello de que tenemos una juventud sobradamente preparada (para aspirar a ser consejero delegado de Coca-Cola, pero no para poner un taller de reparación de bicicletas)?

Esto de jugar a que nuestros alumnos sean investigadores encierra, además, una falacia que debería aclararse. Un investigador, después de finalizados los estudios reglados, ha de dedicar muchas horas al estudio para tener una formación amplia en la ciencia o rama en que quiere investigar, encaminado por alguien que esté haciendo investigación (no que solo la predique), y profundizar en un tema lo suficiente como para conocer el "*estado del arte*". Recibirá muchas lecciones de humildad al ver que la mayoría de sus brillantes e innovadoras ideas han sido ya desarrolladas e incluso abandonadas, ya que el mundo comenzó muchos años antes que él y varios miles de millones de personas pensando dan mucho de sí. Solo después de ese esfuerzo, cuando llegue a la frontera de lo desconocido, estará en condiciones de aportar algo nuevo, aportación que, dicho sea de paso, será modesta y periférica ya que, salvo cuatro mentes especialmente lúcidas, no se suele estrenar con un descubrimiento espectacular. Esto puede ser un resumen de lo que es una investigación; sostener lo contrario es engañar a los alumnos o buscarse una justificación fácil. Permítasenos añadir con respecto al encomiable deseo de que el alumno siga aprendiendo a lo largo de su vida, que no es muy meritorio que un químico siga aprendiendo química a lo largo de su vida: lo meritorio sería conseguir que un comercial de banca, un abogado o un médico lo haga, y esto probablemente no se fomenta encargándole que haga "pequeñas investigaciones" o trabajos de corta-pega de Internet. Casi todos los que están enamorados de su profesión es porque han tenido unos profesores que les han provocado ese enamoramiento.

Se propugna que en el nuevo sistema educativo el profesorado debe adquirir nuevas competencias centradas en ayudar al alumnado en su proceso de aprendizaje, con lo que se pierde su papel tradicional de difusor del conocimiento y transmisor de la información para pasar a convertirse en "facilitador de aprendizaje", "diseñador de situaciones medidas", "generador de habilidades de asesoramiento"; "propiciador de transferencias de aprendizaje", etc., etc. Palabras huecas, perfiles vacíos, en los que parece que todas las misiones encomendadas las deben hacer "otros", no aparece quién experimenta, crea, escribe libros o artículos, enseña a calcular y manejar o sencillamente educa con el ejemplo. ¿Puede ser que consciente o inconscientemente estemos propiciando que nuestra sociedad del futuro sean una manada de ovejitas berreantes? ¿El mundo de Huxley es al que nos encaminamos?

Se preconiza que el alumnado debe desarrollar nuevas competencias (?) que implican una actitud más activa y comprometida con su propio aprendizaje, en permanente adaptación a los cambios sociales, alentando su crecimiento personal y la

expansión de sus habilidades. Para ello se dice que es preciso transformar el escenario presencial (que se califica como "clásico") para ir hacia una metodología "más híbrida" que aproveche las potencialidades de las TIC's, que de este modo cobran un papel relevante en el proceso. El nuevo mito del vellocino de oro de las TIC's propagado hasta la saciedad debe presentarse como lo que es, una herramienta (comercial) hecha por otros y de la cual aspiramos a ser usuarios útiles: ni dota de nuevos conocimientos, ni hace más inteligente a quien la usa. Prescindiendo aquí de los aspectos que hacen referencia a los conocimientos precisos para el uso de las TIC's, y centrados en cuanto a elementos subordinados del proceso educativo, entendemos que el uso racional de las TIC's pueden favorecer la comunicación educativa y facilitar la relación interpersonal, pero queremos insistir en que lo importante no es la herramienta sino el fin que justifica su uso. Es importante entender que poder buscar información de una manera cómoda e incluso eficiente no implica necesariamente saber utilizarla adecuadamente, y ser incapaces de procesarla y elaborarla siendo únicamente "transladadores" de los contenidos a la impresora no tiene ningún mérito, a pesar de la llamada "*sociedad de la información*". El uso de las TIC's, y concretamente de Internet y redes sociales, está ligado en la juventud actual con el ocio y lo lúdico, así como a la comunicación interpersonal (las últimas estadísticas de 2011 indican que menos del 25% las utilizan con fines profesionales) lo cual puede ser una ventaja y también un inconveniente, tanto bajo el punto de vista del alumno como del profesor, quien puede caer en la tentación de dedicar excesivo tiempo a fomentar la "interacción con los alumnos" o a "pulir continuamente" los viejos enunciados en aras a unas pretendidas actividades educativas.

En la Universidad tradicionalmente se consideran inseparables las labores de docencia, estudio e investigación, a las que hay que añadir actualmente la gestión, la búsqueda de recursos económicos y la elaboración de documentación de gestión administrativa, con lo que el tiempo disponible es más bien escaso como para estar continuamente esclavizado por el correo electrónico, las plataformas, las correcciones de pruebas, etc.

Las condiciones de disposición al aprendizaje que seamos capaces de crear dentro y fuera del aula tienen mucho que ver con el tipo de relación educativa que seamos capaces de generar. En el alumnado universitario deberíamos distinguir, al menos, dos situaciones diferentes:

a) Por un lado, el absentismo para asistir a clase manifestado desde el principio de curso, incluso antes de conocer al profesor y su planteamiento educativo.
b) La actitud activa/pasiva que muestran aquellos alumnos que sí asisten a clase.

Con referencia a la primera situación, pueden encontrarse alumnos que desde el comienzo del curso deciden que es mejor ir al bar que a clase; otros que no van a clase de una determinada asignatura porque les coincide en horario con la academia o aquellos que les han dicho que tal asignatura es difícil y, por tanto, no asisten a clase hasta dos o tres años después, cuando ya han superado otras asignaturas, más sencillas de aprobar (sin considerar que no debería ser posible entender y aprobar una asignatura, digamos de tercero, sin haber aprobado previamente la correspondiente asignatura de primero), considerando que la organización universitaria es caprichosa

y, como en una frutería, se pueden elegir las asignaturas en el orden en que a uno le parezca. Por otro lado, como el sistema limitador del número de convocatorias por asignatura y la permanencia en los centros por regla general no se aplica, el único (e injusto) factor limitante sería el económico de matrícula, que además de estar lejos de los costos reales para el alumno, se encuentra en cierto modo pervertido por un sistema de becas en el que prima el salario percibido por el tutor y no los méritos académicos de quien recibe la beca.

Cuando se consideran las condiciones de disposición al aprendizaje, el clima y tipo de relación educativa que el profesor debe ser capaz de generar son vectores que pueden actuar como promotores y facilitadores de disposición al aprendizaje. Es difícil crear algún tipo de clima con alumnos que desde el primer día no asisten a clase o que han decidido abandonar una asignatura; sin embargo, muchos profesores preferimos mencionar la motivación de los alumnos, el estrés derivado de las situaciones académicas que es necesario disminuir, las dificultades en la comunicación e interacción profesor-alumno y, en definitiva, la gestión de las emociones por parte de los alumnos (parece ser que los profesores, con tasas de bajas por depresión superiores a las de los sanitarios, psiquiatras, policías y bomberos, no debemos gestionar las emociones, debemos tener una autoestima adecuada, un autocontrol satisfactorio y unas adecuadas relaciones interpersonales, todo ello a partir de una inexistente atención por parte de los responsables político-educativos).

Cuando leemos en muchas comunicaciones que las organizaciones y la propia sociedad está evolucionando en la dirección de primar el ser sobre el saber, es decir, personas con capacidad de liderazgo, sentido común, capacidad de autoaprendizaje, capacidad para prever necesidades, capacidad comunicativa, capacidad para la escucha, capacidad para estimular el trabajo en equipo, capacidad para la toma de decisiones, capacidad para afrontar el estrés, preocupación por la mejora continua, visión de futuro, espíritu innovador, etc., etc. dudamos entre la hipocresía social y una carta a los Reyes Magos, y solo se entiende cuando se mira quién es el autor de tan disparatadas propuestas.

Cuando nos referimos a la motivación activa/pasiva de los alumnos que sí asisten a clase, también sería necesario establecer unos considerandos previos para hacer una clasificación. Existen estudios universitarios (medicina, enfermería, fisioterapia, etc.) con fuerte demanda y elevadas calificaciones de corte en selectividad en los que, sin duda, los alumnos no necesitan de mucha motivación, ya se encuentran suficientemente motivados desde el Bachillerato. Pero existen multitud de carreras (especialmente las ciencias puras: exactas, físicas, químicas, geología y, en menor medida, biología, incluyendo las ingenierías) en las que la nota de corte no existe, dada la gran oferta y escasa demanda, donde hay alumnos que están en el aula debido a que sus padres les han dicho que tienen que seguir estudiando (y la selectividad, la verdad, es que no selecciona) junto con alumnos desencantados porque sus preferencias académicas eran otras, junto con repetidores de la asignatura y eventualmente junto con alumnos procedentes de Formación Profesional, de mayores de 25 años, o de 40 años, o de 45 años, etc., unos con cargas familiares y otros que comparten su tiempo con trabajos más o menos necesarios, etc. Con esta composición

no parece que se pueda motivar a "los alumnos" en el aula, máxime cuando en esta peculiar convergencia con el Espacio Europeo de Educación Superior tenemos más de 100 alumnos en la misma aula. Parece que tratar de que presten un mínimo de atención en una clase de las antiguamente denominadas "magistrales" ya es un éxito. Conseguir que estos alumnos "aprueben" al profesor en la "Encuesta de Fin de Curso" bien merece que se les apruebe, así que la consecuencia siempre parece ir hacia el mismo fin.

Para finalizar también debemos hacer referencia a las necesidades innovadoras que se consideran procedentes a nivel educativo universitario en cuanto a la evaluación, lo cual parece coherente con los elementos de cualquier proceso educativo. La mayoría de los mensajes que se manifiestan hacen referencia a la "necesidad de contextualizar una verdadera evaluación formativa en un proceso en que el alumnado se implica en una nueva forma de entender las relaciones en el aula, lo que a su vez nos habla de un mejor clima en el aula y, por tanto, de una mayor motivación por el aprendizaje". De esta manera se teoriza sobre que la evaluación deja de ser algo "punitivo" y "selectivo" cara al futuro del alumnado para convertirse en un instrumento más de aprendizaje para él. Naturalmente, se añade, una evaluación de estas características requiere el abandono del papel de profesor como el que controla el proceso para pasar a otra situación "*más compartida*" en la que además existen diferentes formas para evaluar…". Recuerdo que al final de un seminario reciente de Enseñanza por Proyectos me recomendaba el profesor que no hiciese una prueba o examen si no quería sufrir una decepción.

Un profesor utiliza la evaluación fundamentalmente por dos razones: una por la responsabilidad que, presuntamente, ha delegado la sociedad en él para que cuando le da el apto en una materia a un alumno significa que posee el mínimo necesario de conocimientos para serle útil a la sociedad, y la segunda razón, muy relacionada con la primera, para comprobar el grado de eficacia de sus enseñanzas, ya que una cosa es lo que se quiere enseñar, otra lo que enseña o aprende el alumno, otra lo que se construye y otra lo que se demuestra, y esto es necesario valorarlo dentro de la necesaria mejora continua. Ahora bien, si como recomiendan los actuales "gurús" de la educación el profesor debe ser "un guía y acompañante" en el proceso de aprendizaje, ya que "el verdadero protagonista" debe ser el alumno y la evaluación debe ser compartida (aunque seguramente mejor si no se hacen evaluaciones formales), probablemente el papel del profesor debe ser el de una pieza de mobiliario del aula, del que sin duda puede prescindirse.

Mientras en las Universidades más prestigiosas se intensifican las labores de los profesores en seminarios, tutorías, clases presenciales y de apoyo, corrección frecuente de pruebas y ejercicios, etc., en nuestros centros públicos se minimiza la función docente reduciéndola a la de "acompañante del proceso" y se pregunta (recomienda) en el "Cuestionario de Opinión del Alumnado sobre la Docencia de su Profesorado" cosas tales como si "*los criterios y procedimientos de evaluación se adecuan al planteamiento de la asignatura*" o "*si se tiene en cuenta la opinión del alumnado a la hora de establecer los procedimientos de evaluación*", etc., entre otras 25 cuestiones de semejante significación y sin ítems de honestidad intercalados.

Los efectos de esta falta de coordinación en los estudios superiores en nuestro país (llamada por algunos libertad, democracia, actualización o adecuación a los nuevos requisitos sociales) tardará en manifestarse, como corresponde a un organismo tan poco ágil como es la Universidad, pero la falta de iniciativas por parte de quienes reúnen juventud y formación universitaria es una buena prueba de que el camino no es el más adecuado, a pesar de que para evitar el llamado "fracaso escolar" (que no es tal) se haya optado por la solución, más fácil, de reducir filtros.

REFERENCIAS

1. K. Bujan, P. Aramendi, *La convergencia europea y la perspectiva del Profesorado,* Actas de VIII Congreso Interuniversitario de Organización de Instituciones Educativas. (C.I.O.I.E.), Universidad de Sevilla (2004).
2. R. Rodríguez, *Reformas de los sistemas educativos nacionales*, Netbiblo, A Coruña (2003).
3. Acuerdo de la Asamblea General de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE), *La Declaración de Bolonia y su repercusión en la estructura de las titulaciones en España* (julio de 2002).
4. W. Carr, S. Kemmis, *Teoría crítica de la enseñanza. La investigación-acción en la formación del profesorado,* Martínez-Roca, Barcelona (1998).
5. E. Corominas, *Revista de Educación*, **2001**, Vol. 325, 299-321.
6. M. de Miguel, *Adaptación de los planes de estudio al proceso de convergencia europea*, Dirección General de Universidades, Madrid (2004).
7. Z. Martínez de la Hidalga (Ed.), *Definición y perspectivas profesionales de la psicopedagogía*, Universidad de Deusto, Bilbao (2003).
8. Ph. Parmentier, L. Paquay, *En quoi les situaciones d'enseignement-apprentizzage favorisent-elles la construction de competentes?* (2002).
http://www.ipm.ucl.ac.ba
9. I. Seda Santana, *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, **2003**, 32(1), 105-130.
10. C. Castaño, *Análisis y evaluación de las actitudes de los profesores hacia los medios de enseñanza*, UPV-EHU, Bilbao (1994).
11. B. Cebreiro, C. Fernández, *Comunicar*, **2003**, Vol. 21, 57-61.
12. J. Salinas, *Comunicar*, **2003**, Vol. 21, 31-38.

ÍNDICE DE AUTORES

J. Abad López, 159, 275
G. Abellán Sáez, 101
J. Ablanque Ramírez, 373
J.M. Abraham, 435
M.I. Alcalde Adeva, 229
N. Alonso Alberca, 469
A. de Andrea González, 33, 41, 79, 151
C. Arribas Arribas, 301
C. Artigas Oliveras, 365
M.L. Azar, 435

M. Barragán García, 263
J.A. Barrio Uña, 263
R.M. Benito Zafrilla, 373, 395
D. Bermúdez Luque, 269
A. Blanco López, 197
F.J. Borondo Benito, 395

P. Cabildo Miranda, 319
M.A. Calvo Pascual, 125
A. Cámara Rascón, 213
J. Cano Escoriaza, 407
M. Caravaca Garratón, 159, 275
L. Cardellini, 419
J.J. Carmona Díaz, 269
J. Carnicer Murillo, 101
G.A. Carriedo Ule, 403
J.A. Cascales Pujante, 85
C.M. Castro Acuña, 221
M.D. Castro Guío, 183
J.D. Catalá Galindo, 159, 275
M.I. Cervellini, 455
M.N. Chasvin Orradre, 455
J. Clemente Gallardo, 407
M.R. Clemente Gallardo, 407
J.L. Contreras González, 263
J. Cuadros Margarit, 365
D. Curvale Casanitti, 205

L. Dinis Vizcaíno, 263
R. Domínguez Gómez, 357
I. Durán Torres, 49

C. Escolástico León, 189, 319
S. Esteban Santos, 175
R.M.A. Estrada Ramírez, 343

S. Fernández Garrido, 387
J.A. Fernández López, 57, 85
M.A. Fernández Sanjuán, 439
G. Ferrari Navarta, 205

J.J. Galán Díaz, 387
M.A. García del Cid, 301
D. García Rellán, 283

A. García Ruiz, 183
J. García Torrent, 213
P. Godino Gómez, 263
F. Godoy Tena, 41
R. Gómez Fernández, 183
A. Gómez Gómez, 79, 151
S. Gómez Ruiz, 347
M.L. González Arce, 311, 327, 335, 477
D. González de Cid, 205
M.N. González Delgado, 379
M. González Prolongo, 301
V. Gutiérrez Vicente, 63

M.C. Heredia Molinero, 357
B. Herradón García, 71
A. Herráez Sánchez, 403

A. Izquierdo Gil, 263

J. Jiménez Vicente, 63

P. Kelter, 113

M. Laguna Castrillo, 239
P. Lahuerta Peña, 403
D.L. Lamas, 93, 461
G. León Albert, 57, 85
R. Llopis Castelló, 135
J.A. Llorens-Molina, 135, 283
C. López García, 319
A. López-Ibarra Moreno, 447
A. Lorca Extremera, 263
J.C. Losada González, 373, 395
N. de Lucas Alonso, 229
T. Lupión Cobos, 427
A. Luquin Martínez, 239

F. Maicas Llorens, 447
N. Mainer, 435
C. Mans Teixidó, 17
M. Martín Sánchez, 11, 25, 247
M.T. Martín Sánchez, 25, 247
A.M. Martínez Martín, 49
J.A. Martínez Pons, 293
I. Martínez Ramírez, 263
L. Medic Pejic, 213
B. Miguel Hernández, 57, 85
E. Mohino Harris, 263
S. Mohino Harris, 263
J.A. Molina Bolívar, 269
P. Morales Bueno, 119
G. Morazzo, 455
J.G. Morcillo Ortega, 247
J.I. Moreno Sánchez, 57, 85
M.A. Muñoz, 455

J. Negro Vadillo, 63
T. Negro Vadillo, 63

J.J. Olmos Perelló, 447
J.A. Orosa García, 387
C. Orozco Barrenetxea, 379

P. Parente, 33
I. Paz Antolín, 143
M. Pérez, 461
J. Pérez Esteban, 175, 189
A. Pérez Serrano, 379
G. Pinto Cañón, 11, 25, 143

S. Prashar, 439
M.L. Prolongo Sarria, 25, 255

E. Querol Aragón, 213
M.A. Quijano Nieto, 357

C. Reyero Cortiña, 247
O. Rodríguez López, 263
F. Rodríguez Mora, 197

C. Salom Coll, 301
G. Sansone Bosque, 205
J. Satoca Valero, 447
L. Seidel Gómez de Quero, 373
I. Sierra Alonso, 347

R. Torralba Marco, 357
L.M. Trejo Candelas, 343
D. Tudela Moreno, 167

T. Ubieto Puértolas, 407

L. Vadillo Sacristán, 63
A. Valea Pérez, 311, 327, 335, 477
C. Vargas Fernández, 347
M. Verdeguer Sancho, 283
S. Vicente Cejuela, 63
O. Villarejo Villanueva, 263

M.A. Zambruno, 455

En este libro, auspiciado por el Grupo de "Didáctica e Historia de la Física y la Química" de las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química y el Grupo de Innovación Educativa de "Didáctica de la Química" de la Universidad Politécnica de Madrid, se recogen ideas, ejemplos y experiencias para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de estas dos ciencias en los distintos niveles educativos, así como su divulgación. Los trabajos se presentaron durante la Jornada sobre Enseñanza y Divulgación de la Química y la Física, celebrada en la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, el 12 de julio de 2012. En la elaboración del texto participaron 132 autores de Universidades, Centros de Educación Secundaria y otras entidades, de casi toda la geografía española y de otros países.

J. Abad, G. Abellán, J. Ablanque, J.M. Abraham, M.I. Alcalde, N. Alonso, A. de Andrea, C. Arribas, C. Artigas, M.L. Azar, M. Barragán, J.A. Barrio, R.M. Benito, D. Bermúdez, A. Blanco, F.J. Borondo, P. Cabildo, M.A. Calvo, A. Cámara, J. Cano, M. Caravaca, L. Cardellini, J.J. Carmona, J. Carnicer, G.A. Carriedo, J.A. Cascales, C.M. Castro, M.D. Castro, J.D. Catalá, M.I. Cervellini, M.N. Chasvin, J. Clemente, M.R. Clemente, J.L. Contreras, J. Cuadros, D. Curvale, L. Dinis, R. Domínguez Gómez, I. Durán, C. Escolástico, S. Esteban, R.M.A. Estrada, S. Fernández Garrido, J.A. Fernández López, M.A. Fernández Sanjuán, G. Ferrari, J.J. Galán Díaz, M.A. García del Cid, D. García Rellán, A. García Ruiz, J. García Torrent, P. Godino, F. Godoy, R. Gómez Fernández, A. Gómez Gómez, S. Gómez Ruiz, M.L. González Arce, D. González de Cid, M.N. González Delgado, M. González Prolongo, V. Gutiérrez Vicente, M.C. Heredia, B. Herradón, A. Herráez, A. Izquierdo, J. Jiménez Vicente, P. Kelter, M. Laguna, P. Lahuerta, D.L. Lamas, G. León, R. Llopis, J.A. Llorens, C. López García, A. López Ibarra, A. Lorca, J.C. Losada, N. de Lucas, T. Lupión, A. Luquin, F. Maicas, N. Mainer, C. Mans, M. Martín Sánchez, M.T. Martín Sánchez, A.M. Martínez Martín, J.A. Martínez Pons, I. Martínez Ramírez, L. Medic, B. Miguel, E. Mohino, S. Mohino, J.A. Molina, P. Morales Bueno, G. Morazzo, J.G. Morcillo, J.I. Moreno Sánchez, M.A. Muñoz, J. Negro, T. Negro, J.J. Olmos, J.A. Orosa, C. Orozco, P. Parente, I. Paz, M. Pérez, J. Pérez Esteban, A. Pérez Serrano, G. Pinto, S. Prashar, M.L. Prolongo, E. Querol, M.A. Quijano, C. Reyero, O. Rodríguez López, F. Rodríguez Mora, C. Salom, G. Sansone, J. Satoca, L. Seidel, I. Sierra, R. Torralba, L.M. Trejo, D. Tudela, T. Ubieto, L. Vadillo, A. Valea, C. Vargas, M. Verdeguer, S. Vicente, O. Villarejo, M.A. Zambruno.

ISBN 978-84-1545-224-9