

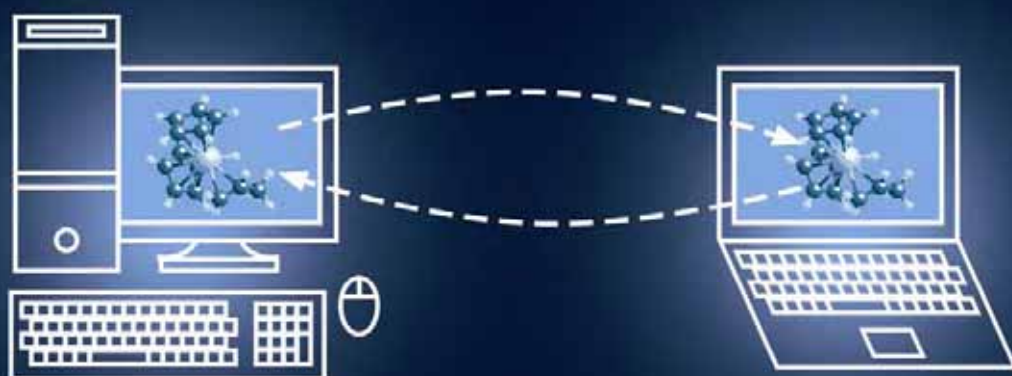


UNIVERSITAT DE BARCELONA

U

B

OPTIMIZACIÓN METODOLÓGICA DE ENTORNOS TELEMÁTICOS COOPERATIVOS COMO RECURSOS DIDÁCTICOS DE LA QUÍMICA



Gregorio Jiménez Valverde

TESIS DOCTORAL



UNIVERSITAT DE BARCELONA



Facultat de Formació del Professorat

Optimización metodológica de entornos telemáticos cooperativos como recursos didácticos de la química

Gregorio Jiménez Valverde

Memoria para optar al grado de Doctor



Programa de doctorado de Didáctica de las Ciencias
Experimentales y la Matemática
Bienio: 2000-02

Directora: Dra. Anna Llitjós Viza

Barcelona, 2008

Optimización metodológica de entornos telemáticos cooperativos como recursos didácticos de la química

MEMORIA PRESENTADA POR:

GREGORIO JIMÉNEZ VALVERDE

PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
POR LA UNIVERSITAT DE BARCELONA

BARCELONA, 2008

Agradecimientos

En primer lugar, quiero mostrar mi enorme gratitud hacia mi directora de tesis, la Dra. Anna Llitjós, por la orientación, consejo y disponibilidad que me ha brindado, por ser la guía que ha impedido que me apartara del camino y, muy especialmente, por la confianza que ha depositado en mí desde el primer momento.

Al Dr. Manel Puigcerver, por su inestimable asesoramiento durante la recta final de esta tesis y por la buena predisposición que siempre ha tenido hacia mi trabajo. También desearía agradecer a otros profesores del *Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i la Matemàtica* su colaboración en diferentes momentos de esta tesis, como a la Dra. Rosa Llobera (mi tutora durante los cursos de doctorado), la Dra. Paloma García (coordinadora de doctorado en el bienio 2000-02) y mis profesores del periodo de docencia: la Dra. Marina Castells, la Dra. Hortènsia Duran, el Dr. Josep Maria Núñez, la Dra. Núria Rosich y la Dra. Teresa Tilló, a quienes agradezco las facilidades que me brindaron durante dicho periodo.

A los diferentes editores y editoras de las revistas que han publicado los trabajos que forman parte de este compendio, por las muchas consideraciones que han tenido hacia mí, especialmente a los profesores Pedro Membiela, José Manuel Oliva, José Antonio Aguaded, Mercè Izquierdo, Andoni Garritz, Maruja Caruncho, Joan Aliberas y Roberto Martínez. Igualmente, mostrar mi agradecimiento a todos los árbitros/asesores que han participado en la revisión de los trabajos que forman esta tesis, porque, con sus comentarios y apreciaciones, han mejorado la calidad final de los mismos.

A los maestros y profesores que he tenido durante toda mi vida, por lo que he aprendido de todos ellos, y, especialmente, a los de química: unos, por despertar en mí la pasión por esta ciencia (Conchi Ortiz, Helena Llitjós y Paco González); otros, por mantenerla y avivarla (mis profesores de la *Facultat de Química* de la UB, especialmente los del *Departament de Química Analítica*, donde actualmente también ejerzo como profesor asociado). Al *Departament d'Educació* y a la *Universitat de Barcelona*, por las ayudas que me concedieron durante la elaboración de esta tesis: una licencia de estudios el primero y dos ayudas la segunda (investigadores noveles y finalización de tesis doctorales). También desearía agradecer al *Servei de Fotocòpies Gratuïtes* de la biblioteca de Física y Química (UB) la rapidez y eficiencia de su trabajo, y a las responsables de las bibliotecas de Física y Química y del Campus Mundet (Isabel Parés y Mercè Cardona, respectivamente), por la adquisición de los libros que propuse.

A todos mis ex-alumnos y ex-alumnas, verdaderos protagonistas de esta tesis y a mis compañeros de departamento (Flory Pérez, Montse Bolós, Juan Guerra, Genís Pascual y, especialmente, Eduard Martín), por la comprensión mostradas hacia mi persona durante todo este tiempo, y por la excelente acogida que realizaron del **BSCW** y de **Synergeia**.

A Christian y a Lluís, por hacer que las madrugadas que pasé redactando esta tesis fuesen más divertidas y menos solitarias. A Mayra, por traer la ilusión a mi casa y demostrarme que los sueños a veces también se cumplen. A Eva, por ser mi compañera de *olivis con canela* y compartir conmigo historias *neo-canadienses* y batallas de aristócratas. A Carlos, por tantos cafés prometidos y que –por el tiempo que esta tesis me ha quitado– no he podido compartir con él ni con otros amigos (lo mismo para Alberto y las sesiones de cine). A Diego, por las conversaciones entre funcionarios doctorandos y por su ayuda en Zaragoza. A Cristina y a Carla, que muchos años después de coincidir en York, ahora también coincidimos en nuestra profesión. A Óscar, con mis mejores ánimos para la tesis que él ahora empieza.

A mi familia, en especial a mis padres, por el cariño y esfuerzo con el que me criaron y con gratitud por la educación y el cariño que siempre recibí. Y finalmente (porque ha sido el último fichaje familiar), al personaje más pequeño de todos, aunque es el que consigue sacarnos las sonrisas más grandes: mi sobrina Paula, por hacerme mejor persona cada día.

A unos y a otros, GRACIAS.

Listado de acrónimos y abreviaturas

ARPANET	<i>Advanced Research Projects Agency Network</i>
BSCL	<i>Basic Support for Collaborative Learning</i> (Soporte Básico para el Aprendizaje Colaborativo)
BSCW	<i>Basic Support for Cooperative Work</i> (Soporte Básico para el Trabajo Cooperativo)
BUP	Bachillerato Unificado Polivalente
CAI	<i>Computer-Assisted Instruction</i> (Instrucción Asistida por Ordenador)
CD-ROM	<i>Compact Disc – Read Only Memory</i> (Disco Compacto de Memoria de Sólo Lectura)
CFGM	Ciclo Formativo de Grado Medio
CFGS	Ciclo Formativo de Grado Superior
CMC	<i>Computer-Mediated Communication</i> (Comunicación por Ordenador)
COU	Curso de Orientación Universitaria
CSCL	<i>Computer-Supported Collaborative Learning</i> (Aprendizaje colaborativo asistido por ordenador)
CSCW	<i>Computer-Supported Cooperative Work</i> (Trabajo cooperativo asistido por ordenador)
CSILE	<i>Computer-Supported Intencional Learning Environments</i>
DVD	<i>Digital Versatile Disc</i> (Disco Versátil Digital)
ECEM	Ensenyament de les Ciències i Educació Mediambiental
EDVAC	<i>Electronic Discrete Variable Automatic Computer</i>
EEES	Espacio Europeo de Educación Superior
EGB	Educación General Básica
ENIAC	<i>Electronic Numerical Integrator and Computer</i>
ESO	Educación Secundaria Obligatoria
FIC	Factor Individual de Corrección
FIT	<i>Fraunhofer Institute for Applied Information Technology</i>
FP	Formación Profesional
FTP	<i>File Transfer Protocol</i> (Protocolo de Transferencia de Ficheros)
GID	Grupo de Innovación Docente
GMD	<i>Germany's National Research Center for Information Technology</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i> (Lenguaje de Marcas Hipertextuales)

IES	Instituto de Educación Secundaria
ITCOLE	<i>Innovative Technology for Collaborative Learning and Knowledge Building</i>
LOCE	Ley Orgánica de Calidad en la Educación
LOCFP	Ley Orgánica de las Cualificaciones y de la Formación Profesional
LODE	Ley Orgánica reguladora del Derecho a la Educación
LOE	Ley Orgánica de Educación
LOGSE	Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo
LOPEG	Ley Orgánica de la Participación, la Evaluación y el Gobierno de los Centros Docentes
MIME	<i>Multipurpose Internet Mail Extensions</i> (Extensiones de Correo Internet Multipropósito)
MR	Mercè Rodoreda
MS(N)	Microsoft (<i>Network</i>)
MTEI	Media de los Totales de las Evaluaciones Individuales
n.d.	No disponible
NIE	Nota Individual para un Estudiante
PC	Puntuación de la Coevaluación
PLATO	<i>Programmed Logic for Automatic Teaching Operations</i>
PNT	Procedimiento Normalizado de Trabajo
RD	Real Decreto
RMN	Resonancia Magnética Nuclear
STAD	<i>Student Teams-Achievement Divisions</i> (Divisiones de los estudiantes en equipos de logros)
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/ Internet Protocol</i>
TGT	<i>Teams-Games-Tournaments</i> (Torneo de juegos por equipos)
TIC	Total Individual de la Coevaluación
TICs (TIC)	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UB	Universitat de Barcelona
UNIVAC	<i>UNIversal Automatic Computer</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i> (Localizador uniforme de recurso)
VSA	Valor de la SobreAutoevaluación
WYSIWYG	<i>What you see is what you get</i> (lo que ves, es lo que obtienes)

Índice

1. Introducción general	1
1.1. Tesis como compendio de publicaciones	3
1.2. Antecedentes personales y motivación	8
1.3. Justificación del tema	11
1.3.1. El aprendizaje cooperativo y las TICs en el sistema educativo reglado	14
1.4. Objetivos e hipótesis	23
1.5. Trabajos publicados no relacionados directamente con la tesis	26
1.6. Presentación de los trabajos que forman parte del compendio	27
1.7. Justificación del factor de impacto de las revistas	32
2. Recursos didácticos audiovisuales e informáticos	43
2.1. Trabajo 1	49
2.2. Trabajo 2	55
2.3. Trabajo 3	63
3. Producción cooperativa de hipermedia e hipertexto cooperativo	77
3.1. Trabajo 4	81
3.2. Trabajo 5	85
3.3. Trabajo 6	99
4. Entornos telemáticos cooperativos: BSCW y Synergeia	107
4.1. Aprendizaje cooperativo vs. colaborativo	109
4.2. <i>Groupware</i>	113
4.3. Los espacios compartidos de trabajo	115
4.4. Trabajo 7	119
4.5. Trabajo 8	121
4.6. Trabajo 9	125
4.7. Trabajo 10	135
4.8. Trabajo 11	155
4.9. Trabajo 12	179
4.10. Trabajo 13	183
4.11. Trabajo 14	189
4.12. Trabajo 15	197
4.13. Trabajo 16	203
4.14. Trabajo 17	209
4.15. Trabajo 18	213

5. Evaluación cooperativa y de entornos cooperativos	215
5.1. Problemas en la implantación de actividades cooperativas	217
5.2. MTEI, TIC y VSA de nuestro alumnado.....	219
5.3. Trabajo 19.....	221
5.4. Trabajo 20.....	235
5.5. Trabajo 21.....	251
5.6. Trabajo 22.....	267
6. Prácticas cooperativas y niveles de apertura	287
6.1. Trabajo 23.....	291
6.2. Trabajo 24.....	317
6.3. Trabajo 25.....	329
7. Resumen. Resultados y conclusiones	335
7.1. Resultados obtenidos y discusión	337
7.2. Conclusiones.....	344
8. Bibliografía y fuentes de información	347
Anexos	357
Anexo 1	359
Anexo 2	393
Anexo 3	399
Anexo 4	401
Contenido del anexo en CD-ROM	405

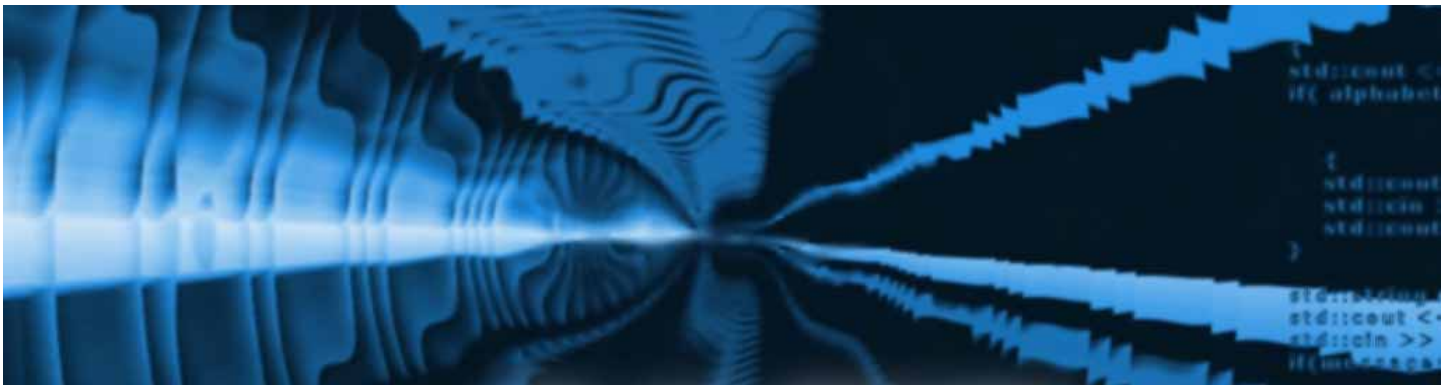
*To talk to others who are unseen and
far away is an experience which,
before the telephone, occurred only
in mythology. Gods, devils, and angels
talked from the sky across the world,
but not mere mortals.*

Ithiel de Sola Pool

1

Introducción general

- 1.1. Tesis como compendio de publicaciones
- 1.2. Antecedentes personales y motivación
- 1.3. Justificación del tema
- 1.4. Objetivos e hipótesis
- 1.5. Trabajos publicados no relacionados directamente con la tesis
- 1.6. Presentación de los trabajos que forman parte del compendio
- 1.7. Justificación del factor de impacto de las revistas



1.1. Tesis como compendio de publicaciones.

La presente tesis doctoral se presenta en la modalidad de **compendio de publicaciones**. Según la normativa reguladora de los procedimientos de elaboración, autorización, nombramiento del tribunal, defensa y evaluación de las tesis doctorales de la UB, aprobada por la Comisión de Doctorado de Consejo de Gobierno de 11 de mayo de 2005, "se podrán presentar en la UB tesis doctorales como compendio de publicaciones, siempre y cuando se cumplan los siguientes requisitos:

- a) *la tesis debe incluir una introducción general en la que se presenten los trabajos presentados y se justifique su temática.*
- b) *la tesis debe incluir un resumen global de los resultados obtenidos, de la discusión de estos resultados y de las conclusiones finales.*
- c) *entre la introducción y los resúmenes citados, o bien como anexo, se debe incluir una copia completa de los trabajos presentados, haciendo constar claramente el nombre y afiliación de todos los coautores de los trabajos y referencia completa de la revista en la que los trabajos se han publicado o, si están pendientes de publicación, la referencia completa de la revista a la que se han remitido para su publicación [...].*
- d) *en caso de que alguno de los trabajos presentados se haya publicado en una lengua diferente a las oficiales de la UB, se deberá adjuntar un resumen del trabajo en cuestión redactado en alguna de las lenguas oficiales de la UB. Si la tesis doctoral se ha redactado por completo en una lengua diferente a las oficiales de la UB, se deberá seguir el procedimiento establecido en la disposición adicional primera.*
- e) *los requisitos que pueda establecer a tal efecto la comisión de doctorado de la facultad."*

El apartado d) no de aplicación a la presente tesis, ya que ninguno de los trabajos presentados ha sido publicado en una lengua diferente a las oficiales de la UB. En cuanto al apartado e) cabe decir que la comisión de doctorado de la *Facultat de Formació del Professorat* de la UB no contempla ningún requisito adicional para este tipo de tesis.

Por lo que respecta a la estructura de la tesis, se ha optado por una distribución de los trabajos entre la introducción general y el resumen global. El alto número de trabajos presentados aconseja la agrupación de los mismos en capítulos temáticos y, por tanto, la estructura de la tesis es la siguiente:

- Una "**introducción general**" (capítulo 1) en la que se justifica la temática de la tesis, se definen las hipótesis y objetivos de la investigación y se presentan tanto los trabajos que forman parte del compendio (tabla 1) como los congresos o revistas que los han publicado, justificando el factor de impacto (o similar) de estas últimas.
- Cinco capítulos (del 2 al 6) que agrupan los 25 trabajos que forman parte de este compendio (tabla 2). La introducción de cada uno de estos capítulos puede incluir informaciones complementarias o adicionales tanto del tema del capítulo como de alguno de los trabajos que en él se incluyen, así como cuestiones terminológicas, notas sobre la publicación de alguno de los trabajos o resultados de la investigación no incluidos en los trabajos por motivos de espacio, por ejemplo.
- Un capítulo de "**resumen global**" (capítulo 7) en el que, de acuerdo con la normativa, incluye un resumen general de los resultados obtenidos y otro de la discusión de éstos y de las conclusiones finales.

Esta memoria concluye con los anexos, uno de ellos en formato CD-ROM.

Para finalizar, conviene justificar algunas peculiaridades derivadas del hecho de presentar esta tesis como compendio de publicaciones:

- La terminología utilizada, incluyendo siglas y acrónimos, puede no ser homogénea a lo largo de los trabajos que forman parte del compendio. Esto es debido a que cada trabajo ha de ceñirse a la línea editorial de la revista (o congreso) en la que va a ser publicado y eso comporta que, por ejemplo, nos refiramos a *Tecnologías de la Información y la Comunicación* como "TIC" en unos trabajos y "TICs" en otros, por lo que ambas expresiones podrán encontrarse a lo largo de esta memoria, si bien utilizaremos preferiblemente la versión en plural, para diferenciar el uso que también se le da a dicho acrónimo en el capítulo 5, TIC=Total Individual de la Coevaluación. La heterogeneidad en la terminología también puede deberse a la doble posibilidad de traducción de un término inglés: *shared workspaces* ha sido traducido como "espacios de trabajo compartido" en el trabajo 10, mientras que en resto de artículos aparece como "espacios compartidos de trabajo". Aun siendo preferible esta segunda expresión, consideramos que ambas pueden ser correctas, ya que en estos espacios tanto el trabajo como el propio espacio es compartido entre los miembros de un grupo. Otras cuestiones terminológicas requieren una profundización algo mayor que las breves discusiones que se hacen en algunos trabajos y, así, en la introducción del capítulo 3 se tratará con más detalle el uso de los términos "hipermedia", "multimedia" e "hipertexto", y en la introducción del capítulo 4 se hará lo propio sobre la denominación "aprendizaje cooperativo" vs. "aprendizaje colaborativo", diferencia comentada someramente en el trabajo 10.
- Presentar una tesis como compendio de publicaciones no equivale a redactar una tesis *convencional*, trocearla y publicar cada uno de esos fragmentos, ya que, en general, la publicación de un trabajo implica que lo publicado tenga sentido por sí mismo y no forzosamente en relación con los demás artículos. Aunque cada uno de los trabajos de este compendio trata fundamentalmente de un aspecto concreto de la investigación (evaluación, producción de hipermedia, descripción de las plataformas, antecedentes históricos) es difícil en ocasiones delimitar ese aspecto concreto sin hacer referencia a otros. Por ejemplo, el trabajo 10 se centra en uno de los entornos estudiados (BSCW) y, por tanto, se ha incluido en el capítulo 4, pero también incluye aspectos sobre la evaluación del entorno, propios del capítulo 5.
- En consonancia con lo explicado en el punto anterior, la relación que guardan algunos artículos entre sí hace que, en ocasiones, una misma idea pueda estar reflejada en dos trabajos, especialmente si éstos tienen una naturaleza distinta: no se profundiza lo mismo en un artículo de investigación que en una breve comunicación en un congreso (caso de los trabajos 5 y 6), de la misma manera que hay trabajos que sólo pretendían ser una introducción del tema que posteriormente se trataría en profundidad (caso de los trabajos 12 y 13). Todos estos aspectos serán comentados para cada trabajo en la presentación que se haga de los mismos, en el capítulo 1.
- Por último no quisiéramos dejar de comentar que, a pesar de ser el último trabajo publicado y de centrarse en aspectos evaluativos de la investigación, la primera parte del trabajo 22 describe, de manera resumida, la cronología de la investigación, relacionando los diferentes trabajos y temáticas de la investigación, por lo que se recomienda empezar la lectura de esta tesis por esta primera parte del trabajo 22.

Tabla 1. Compendio de publicaciones de esta tesis doctoral

Trabajo 1. Artículo de revista:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2006). Recursos didácticos audiovisuales en la enseñanza de la química: Una perspectiva histórica. *Educación en Química*, 17(2), 158-163.

Trabajo 2. Artículo de revista:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005). Recursos didácticos informáticos en la enseñanza de la química: Una perspectiva histórica. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 101(3), 47-53.

Trabajo 3. Artículo de revista:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2006). Una revisión histórica de los recursos didácticos audiovisuales e informáticos en la enseñanza de la química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), 1-14. Disponible en:

http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART1_Vol5_N1.pdf

Trabajo 4. Artículo de revista:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005). Una experiencia sobre hipertexto cooperativo en la clase de química. *Revista Iberoamericana de Educación*, 35(8). Disponible en:

<http://www.rieoei.org/experiencias95.htm>

Trabajo 5. Artículo de revista:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2006). Producción cooperativa de materiales hipermedia en espacios compartidos de trabajo: un caso de enseñanza de la Química. *Revista Iberoamericana de Educación*, 39(2). Disponible en: <http://www.rieoei.org/1547.htm>

Trabajo 6. Comunicación oral en congreso:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2006). Producción de materiales hipermedia sobre el agua en entornos telemáticos cooperativos. En *Educación Científica: Tecnologías de la Información y la Comunicación y Sostenibilidad. IV. Entornos Telemáticos en la Educación Científica*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.

Trabajo 7. Artículo de revista:

Jiménez, G. (2006). Synergieia: aprenentatge cooperatiu en línia a les escoles. *Funció Publicació*, 47, 8-9. Disponible en:

<http://www.gencat.cat/governacio-ap/publ/sumaris/fp47.pdf>

Trabajo 8. Artículo de revista:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005). BSCW: Trabajo cooperativo *on-line* en la clase. *Quark*. Disponible en: http://www.fq.profes.net/apieaula2.asp?id_contenido=45567

Trabajo 9. Comunicación oral en congreso:

Llitjós, A., Jiménez, G., Carandell, N. y Puigcerver, M. (2003). Aplicación de un entorno telemático para el trabajo cooperativo en la enseñanza de la química, en *V Taller Internacional de la Enseñanza de la Química*. La Habana: Universidad de La Habana.

Trabajo 10. Artículo de revista:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2006). Cooperación en entornos telemáticos en la enseñanza de la química. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 3(1), 115-133. Disponible en:

http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_1/Jiménez_y_Llitjos_2006.pdf

Trabajo 11. Capítulo de libro:

Llitjós, A., Colomer, M., García, P., Jiménez, G., Miró, A., Sanz, M.C. y Puigcerver, M. (2007). *Trabajo telemático cooperativo en Ciencias*. En P. Membiela (coord.) *Experiencias innovadoras de utilización de las NTIC en actividades prácticas de ciencias* (pp. 72-94). Vigo: Educación Editora (ISBN: 978-84-690-4622-7). Disponible en:

http://webs.uvigo.es/educacion.editora/volumenes/Libro_3/C4_Puigcerver.pdf

Trabajo 12. Artículo de revista:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005). Synergieia: Adaptación del BSCW al mundo educativo. *Quark*. Disponible en: http://www.fq.profes.net/apieaula2.asp?id_contenido=46049

Trabajo 13. Artículo de revista:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2006). Procesos comunicativos en entornos telemáticos cooperativos. *Comunicar. Revista de Medios de Comunicación y Educación*, 27, 149-154.

Tabla 1 (continuación).

Trabajo 14. Artículo de revista:

Jiménez, G.; Núñez, E. y Llitjós, A. (2006). Synergeia, un entorno telemático cooperativo en el área de ciencias. *Alambique*, 50, 84-90.

Trabajo 15. Artículo de revista:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005). Una experiència amb entorns telemàtics cooperatius a la classe de química. *Ciències*, 2, 6-11. Disponible en: <http://ddd.uab.cat/pub/ciencias/16996712n2p6.pdf>

Trabajo 16. Comunicación oral en congreso:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005). Entornos telemáticos para el trabajo cooperativo en los ciclos formativos de grado superior de la familia de química. En *Enseñanza de las Ciencias*, número extra VII, Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Disponible en: <http://www.blues.uab.es/rev-ens-ciencias/congres2005/material/comuni_orales/4_Procesos_comuni/4_3/Jimenez_173.pdf>

Trabajo 17. Póster en congreso:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2004). Entornos telemáticos interactivos para el trabajo cooperativo en los ciclos formativos de grado superior de la familia de química. En *La didáctica de las ciencias experimentales ante las reformas educativas y la convergencia europea* (pp. 565-568). Bilbao: Universidad del País Vasco. Servicio Editorial.

Trabajo 18. Comunicación oral en congreso:

Jiménez, G. (2006). BSCW i Synergeia: dos entorns telemàtics gratuïts per al treball cooperatiu *on line*. Aplicació a la didàctica de la química. En *2a presentació de llicències d'estudis retribuïdes, curs 2004-05*. Barcelona: Departament d'Educació.

Trabajo 19. Artículo de revista:

Jiménez, G. (2006). Obtención de notas individuales a partir de una nota de grupo mediante una evaluación cooperativa. *Revista Iberoamericana de Educación*, 38(5). Disponible en: <http://www.rieoei.org/1221.htm>

Trabajo 20. Artículo de revista:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2006). Deducción de calificaciones individuales en actividades cooperativas: una oportunidad para la coevaluación y la autoevaluación en la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 3(2), 172-187. Disponible en: http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_2/Jiménez_Llitjos_2006.pdf

Trabajo 21. Artículo de revista:

Jiménez, G., Llitjós, A. y Puigcerver, M. (2007). Evaluación de entornos para el aprendizaje cooperativo telemático: Synergeia. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42(1). Disponible en: <http://www.rieoei.org/1762.htm>

Trabajo 22. Artículo de revista:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2008). Optimización metodológica de entornos telemáticos cooperativos (BSCW y Synergeia) como recursos didácticos de la química en la producción de hipermedia. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(1) (aceptado para su publicación).

Trabajo 23. Artículo de revista:

Jiménez, G., Llobera, R. y Llitjós, A. (2005). Los niveles de apertura en las prácticas cooperativas de química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(3). Disponible en: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N3.pdf

Trabajo 24. Artículo de revista:

Jiménez, G., Llobera, R. y Llitjós, A. (2006). La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de apertura. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 59-70.

Trabajo 25. Artículo de revista:

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2004). Análisis volumétrico del agua del grifo: Cinco experiencias para la enseñanza secundaria post-obligatoria. *Química e Industria*, 51(9), 25-31.

Tabla 2. Título de los capítulos temáticos y distribución de trabajos en los mismos.

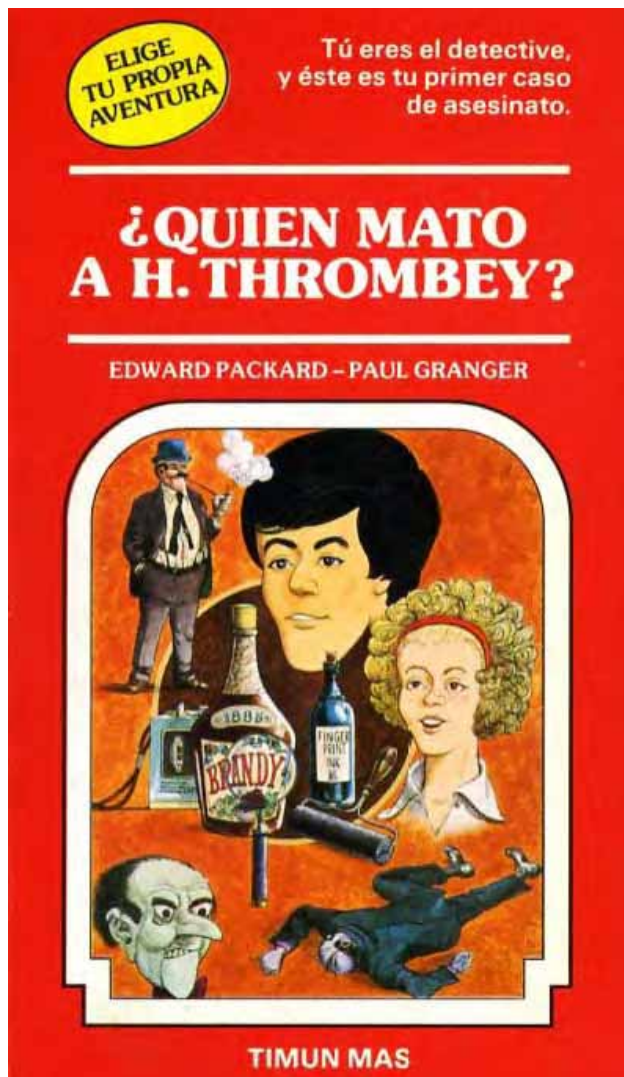
Capítulo 2	Recursos didácticos audiovisuales e informáticos: evolución hasta los entornos telemáticos cooperativos. Trabajos 1, 2 y 3.
Capítulo 3	Producción cooperativa de hipermedia e hipertexto cooperativo. Trabajos 4, 5 y 6
Capítulo 4	Entornos telemáticos cooperativos: BSCW y Synergeia. Trabajos 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18.
Capítulo 5	Evaluación cooperativa y de entornos cooperativos. Trabajos 19, 20, 21 y 22.
Capítulo 6	Niveles de apertura en las prácticas cooperativas de química. Trabajos 23, 24 y 25.

1.2. Antecedentes personales y motivación.

Tendría yo unos diez años cuando un día nuestra profesora de 5º de EGB nos habló del nuevo libro de lectura que teníamos que comprar para la asignatura de Lengua. En realidad no se trataba de comprar ninguno en concreto, sino que podíamos elegir cualquier libro de la serie *Elige tu propia aventura*, editados por Timun Mas. Esos libros no eran libros convencionales y la primera página de cada uno de estos libros lo dejaba claro con esta advertencia:

“¡No leas todo el libro seguido, desde el principio al fin! En sus páginas hallarás muchas y variadas aventuras. A medida que lo vayas leyendo, te verás obligado a elegir. De tu decisión depende que la aventura constituya un éxito o un fracaso. Tú serás el responsable del resultado final. Te corresponde a ti tomar las decisiones. Una vez que hayas elegido, sigue las instrucciones para averiguar qué sucede a continuación. Recuerda que no puedes volverte atrás. Recapacita antes de decidirte por una opción. Tu elección puede conducirte al desastre o... ¡a un magnífico final!” (Packard y Granger, 1983).

Esta advertencia evidenciaba que no eran libros que se leyeran enteros de principio a fin, ya que las decisiones a las que se veía obligado tomar el lector le conducían por páginas salteadas:



“El millonario Harlowe Thrombey te contrató para descubrir a la persona que intentaba matarle. Pero antes de que entrases en acción, alguien le echó arsénico en el coñac. ¡Y ahora te enfrentas a un caso de asesinato! Entre los sospechosos figuran su esposa Jane y sus sobrinos Charwell y Angela, herederos todos ellos de su enorme fortuna.

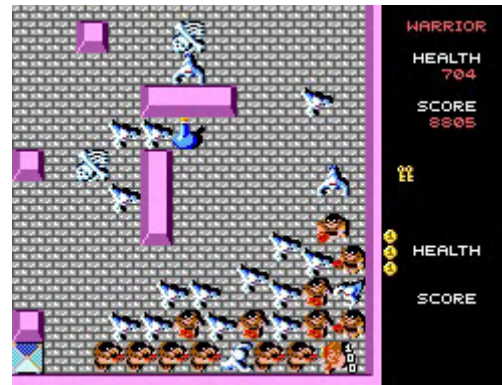
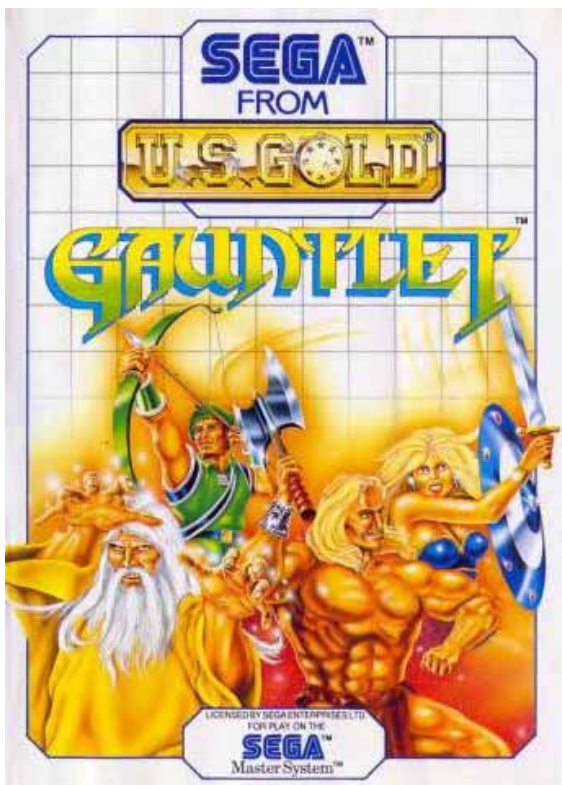
¿Cómo vas a resolver este misterio? Si inspeccionas la despensa, pasa a la página 48. Si interrogas a uno de los invitados a la última cena de Thrombey -el misterioso Dr. Robert Lipscomb-, pasa a la página 28” (Packard y Granger, 1983).

Figura 1. Portada del libro “¿Quién mató a H. Thrombey?”, de la colección *Elige tu propia aventura*, de la editorial Timun Mas.

Antes incluso de mi primer contacto con un ordenador o con Internet, podría considerarse que este fue mi primer contacto con el hipertexto, ya que la libertad del lector para tomar decisiones sobre sus itinerarios de lectura en libros como los mencionados es lo que se conoce como **hiperficción explorativa** (Pajares, 1997), modalidad de narrativa hipertextual, en la que cambian los conceptos tradicionales de lector y autor, ya que éste ha dejado en manos del primero el establecimiento de los nexos que guían sus trayectos de lectura, con lo que los dos roles se acercan.

También recuerdo haber pedido, con esos diez años, a la editorial Timun Mas las guías didácticas para educadores que ofrecían en las últimas páginas de estos libros (guías que recibí y que aún conservo, y con las que jugaba a ser profesor con mis primos). Poco tiene que ver eso con ninguna de las palabras claves de esta tesis, pero sí con el hecho de que años más tarde cumpliera mi sueño de ser profesor.

Resulta curioso que experimentara antes la **cooperación asistida por ordenador** que el aprendizaje cooperativo clásico, pero es que poco después de descubrir la hiperficción explorativa mi vecino se compró un *impresionante* ordenador Amstrad CPC con el juego *Gauntlet*. Ese juego, procedente de los salones recreativos y al que poco después también pude jugar yo en mi vídeoconsola Sega, permitía que hasta cuatro jugadores, encarnados en los roles de guerrero, valquiria, elfo y mago, participaran simultáneamente en una misma aventura, conduciendo a sus personajes por un sinfín de mazmorras medievales plagadas de enemigos y trampas y con la ayuda de llaves, amuletos y pociones mágicas y, muy especialmente, de sus propios compañeros de juego. Fue mi primera experiencia de cooperación informática, ya que este juego es un ejemplo de un videojuego cooperativo de aventuras (O'Malley y Scanlon, 1990) y, por tanto, cuenta con el ingrediente más importante de las actividades cooperativas: la interdependencia positiva, puesto que el éxito de un jugador dependía del de su compañero y, así, los participantes tenían que ayudarse mutuamente para superar los retos de la aventura. De hecho en las propias instrucciones del juego (USGold, 1990) se dice que "en un juego de dos jugadores, la cooperación ayuda a sobrevivir".



"Invoque la poderosa hacha de Thor, la guadaña de Thyra, la magia mítica de Merlín o las veloces flechas de Questor en su conquista del Calabozo de las Tinieblas. Abrase camino por las hordas de monstruos y legiones de demonios en este sorprendente juego electrónico de combate" (USGold, 1990).

Figura 2. Caja del juego "Gauntlet" para la videoconsola Sega Master System y captura de pantalla del mismo

Pero *Gauntlet* constituyó no sólo mi primera experiencia cooperativa con ordenadores, sino que también lo fue de lo que es un **espacio compartido** (aunque no *de trabajo*, como BSCW o Synergeia, sino *de juego*), ya que la perspectiva que ofrece este juego (vista cenital de las mazmorras) constituye, efectivamente, la visión de un espacio común para los 4 jugadores y, de hecho, la influencia que la representación de un espacio compartido puede tener en la cooperación ha sido objeto de estudio por O'Malley y Scanlon (1990), quienes encontraron que los juegos que presentan una vista de "espacio compartido" (como *Gauntlet*) propician mayor cooperación que aquellos videojuegos multijugador en los que cada jugador tiene una visión individualizada de su posición o espacio, es decir, juegos en los que un jugador percibe la presencia de un compañero de juego sólo si éste se encuentra en su misma área y, además, lo percibe desde su propio punto de vista.

Por último, y aunque con anterioridad había trabajado en grupo en el colegio y en el instituto, no fue hasta tercero de BUP donde sentí que, claramente, aprendía en **grupos cooperativos**. Fue en las clases de inglés, en las que la profesora organizaba las clases en grupos cooperativos, formados por estudiantes de ambos sexos y con diferente nivel de inglés ("*The sixteen eyes*" fue el nombre con el que bautizamos al primer grupo cooperativo al que pertencí). Esa forma de aprender fue nueva para mí –y para prácticamente todos mis compañeros– y reconozco que, especialmente al principio, no nos fue fácil a ninguno de nosotros cambiar hábitos individualistas y sentir que formábamos parte de un grupo y que o todos remábamos para llegar a buen puerto, o el barco se hundía con todos nosotros dentro.

Los libros de *Elige tu propia aventura*, el videojuego *Gauntlet* y las clases de inglés de tercero de BUP son los primeros recuerdos que asocio con algunas de las palabras clave de esta tesis, aunque el primer contacto real con los **entornos telemáticos cooperativos** fue en el año 2000. Mi directora de tesis, me explicó la línea de trabajo de su grupo de investigación, al cual yo aspiraba a pertenecer, puesto que había decidido realizar una tesis doctoral en didáctica de la química (acababa de aprobar las oposiciones de profesor de química de FP). En esa primera reunión, recuerdo a la Dra. Llitjós explicándome entusiasmada el entorno **BSCW**, navegando por dicha plataforma y mostrándome algunos trabajos hipermedia que realizaban sus estudiantes, el nivel de satisfacción de su alumnado a través de las encuestas que respondían... Sinceramente, en este primer encuentro no me enteré excesivamente qué era "eso del BSCW" y recuerdo que la directora ya me advirtió que para poder comprender el proyecto era imprescindible comenzar con una inmersión en el entorno BSCW. También es cierto que desde ese día comprendí que el sistema BSCW tenía un potencial educativo enorme.

Y ciertamente, no fue hasta que entré en el sistema, con mi propio nombre de usuario y contraseña, cuando pude ir viendo, poco a poco, el manejo y todas las posibilidades que BSCW ofrecía. Fue en ese momento cuando desaparecieron todas mis dudas acerca de realizar una tesis doctoral sobre ese campo. Aún así, fue necesario empezar el trabajo de campo de esta tesis, para meterme de lleno en la investigación con entornos educativos y entusiasarme tanto como mi directora de tesis en el tema.

Muchas cosas han cambiado desde que empecé a leer los libros de *Elige tu propia aventura*. Otras cosas no han cambiado tanto: sigo buscando y comprando libros de esa colección cuando tengo ocasión, y aún sigo jugando de vez en cuando con mi hermana a juegos cooperativos, como *Gauntlet* o *Golden Axe*. En lo profesional, el aprendizaje cooperativo se ha convertido en algo esencial en mis clases como profesor. Con todo esto –y con una tesis doctoral que añadir– resulta difícil olvidar otro de los recuerdos *cooperativos* de mi infancia: el "*todos para uno y uno para todos*", de la serie animada *D'Artacan y los tres mosqueperros*, y que sintetiza muy bien el verdadero espíritu cooperativo.

1.3. Justificación del tema.

En los últimos años se ha constatado un auge en el uso de los materiales hipermedia en la enseñanza de la química, llegándose a asignar a estos materiales el papel de catalizadores de un cambio en la docencia de esta disciplina (Jones y Smith, 1993) ya que pueden suplir carencias de los libros de texto en cuanto a interactividad, dinamismo y tridimensionalidad. Lejos de quedarse en soportes físicos sólo consultables en ordenadores personales, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (**TICs**) permiten al profesorado la posibilidad de proyectar estos materiales y presentaciones multimedia en las aulas.

Pero las TICs pueden ir más allá, ya que una aplicación interactiva, cooperativa y centrada en el estudiante de estas tecnologías puede jugar un papel esencial en la reestructuración del proceso de enseñanza, dejando atrás la omisión de la interacción social de la que adolecían los recursos didácticos informáticos hasta la década de los 80, momento en el que empezó la investigación del aprendizaje cooperativo con ordenadores. En esos momentos, Johnson y Johnson (1986) advirtieron que *"la manera como los estudiantes interaccionan entre ellos es un aspecto olvidado de la instrucción asistida por ordenador"*. Muchos de los investigadores del campo del aprendizaje cooperativo estaban interesados en si los beneficios del aprendizaje cooperativo en las clases se transferirían al aprendizaje en un ambiente informático, ya que si el aprendizaje cooperativo tendía a fomentar logros académicos mayores (Slavin, 1995), era posible pensar que el aprendizaje cooperativo asistido por ordenador (**CSCL**) tuviera también un impacto positivo en el rendimiento académico (Johnson, Johnson y Stanne, 1985). En ese mismo sentido se manifestaron Light y Mevarech (1992):

"desde los inicios de la década de los 80 ha habido un interés creciente en las posibilidades educativas del aprendizaje cooperativo y de la informática. En algunos aspectos, las ventajas educativas señaladas para ambos son similares, ya que se basan en teorías en el área de la cognición social y ponen énfasis en el papel de las interacciones de los estudiantes para conseguir mejoras en un amplio abanico de objetivos educativos, como el rendimiento académico, los procesos cognitivos, las habilidades metacognitivas, la motivación hacia el aprendizaje, la autoestima y el desarrollo social".

En efecto, los enfoques pedagógicos centrados en el estudiante están empezando a converger con el desarrollo de las TICs, lo que posibilita un mayor control y responsabilidad por parte de éste en el proceso docente, así como mayores posibilidades para la cooperación *on-line* (Stephenson, 2001). De hecho, algunos autores ya hablan de un nuevo paradigma educativo (Hiltz, 1998; Gros, 2002, Lipponen, 2002; Rovai, 2004), en el que el alumnado es ahora co-constructor de su propio conocimiento más que consumidor del mismo (Bruffee, 1993). El papel de profesorado también cambia y pasa a ser el guía del estudiante en el proceso que éste ha de llevar a cabo para construir su conocimiento, en vez del de ser el experto que transmite sus conocimientos (Cohen, 1994; Grasha, 1994; McFadzean y McKenzie, 2001)

Sin embargo, parte del profesorado puede no sentirse aún preparado para afrontar las exigencias que conlleva este giro en las prácticas educativas, debido a que el uso de las TICs requiere un mayor esfuerzo y volumen de trabajo que no siempre se ve recompensado (Capllonch, 2005; Gaud, 1999). Así tenemos que sólo el 36% de las aulas españolas de ESO, el 39% de las de Bachillerato y el 48% de las de Formación Profesional utilizan el ordenador en clase, aunque el 95% de los centros educativos españoles tienen acceso a Internet (Europa Press, 2006), y en la mayoría de los casos, el uso de ordenadores en clase se hace exclusivamente en el aula específica de informática: un 90% de los docentes catalanes de niveles no universitarios que

utilizan Internet en su actividad docente afirma que lo hacen desde el aula de informática (Mominó *et al.*, 2004). Si a esto le sumamos que aún es frecuente la figura central del profesorado en el proceso docente, con poca participación de los estudiantes en su propio aprendizaje, y teniendo en cuenta que la mayor parte del profesorado no ha recibido formación en el uso de Internet con finalidades educativas (por ejemplo, un 71,2% en el caso de docentes catalanes no universitarios), el resultado es que las TICs tienen una cabida limitada en este tipo de docencia y que, en el mejor de los casos, las TICs se convierten en un recurso para hacer mejor lo que ya se hacía, pero no para nada diferente (Mominó *et al.*, 2004).

A los docentes, por tanto, se les está pidiendo un doble esfuerzo: el uso de las TICs como herramienta docente (sólo un 36% de los docentes catalanes de la secundaria pública manifiesta usarlas como recursos didácticos, según fuentes del propio *Departament d'Educació*, 2003) y la integración de las mismas en una docencia centrada en el estudiante.

El CSCL es un enfoque que hace uso de las TICs como herramienta docente en un contexto centrado en el estudiante, la cooperación, normalmente empleando entornos telemáticos cooperativos y que nace de la unión del aprendizaje cooperativo clásico y del trabajo cooperativo asistido por ordenador (CSCW). En el CSCL confluyen, por tanto, el concepto clásico del aprendizaje cooperativo y las TICs (Dillenbourg *et al.*, 1996): debido a su dimensión comunicativa, Internet está siendo ampliamente usado para potenciar el aprendizaje cooperativo (Giordan, 2004), ya que permite superar las barreras espaciales y temporales y pone al alcance del alumnado una gran cantidad de recursos y de facilidades que permiten superar dichas barreras. Uno de los ejemplos más interesantes de las posibilidades que ofrece el CSCL para la cooperación entre estudiantes de diferentes países es el *e-twinning*, *Hermanamientos escolares en Europa* (www.etwinning.net).

El CSCL es un campo educativo que estudia cómo los estudiantes pueden aprender juntos con la ayuda de la informática (Stahl, Koschmann y Suthers, 2006) y que, utilizado adecuadamente, ofrece determinadas ventajas pedagógicas (Kaye, 1992; McConnell, 2000). La mayoría de las investigaciones y desarrollos sobre el CSCL se centran en el aprendizaje de los estudiantes, en las condiciones más propicias para lograrlo y en las herramientas a utilizar (Lipponen, 2002); sin embargo, Koschman (1996) subraya la necesidad de desarrollar herramientas que apoyen al profesorado interesado en trabajar desde este enfoque, ya que el éxito de las actividades que se dan en entornos telemáticos cooperativos depende también de si el docente asume los nuevos roles que le exige al profesorado la docencia en entornos virtuales: organizativo, social, intelectual o pedagógico (Mason, 1998):

- Como **organizador**, debe crear los espacios virtuales del curso, controlar la agenda del curso (si la hay), las reglas de procedimiento para participar en el foro y fomentar la participación del conjunto de estudiantes, por ejemplo. Además, ha de controlar que no haya fallos en el aspecto técnico (avisando a la persona responsable del sistema informático, si corresponde), como la falta de conexión, la lentitud del servidor, la incompatibilidad entre el software y el sistema operativo o la inestabilidad en las conexiones a Internet, ya que estos problemas pueden llegar a hacer frustrante la experiencia en aprendizaje telemático (Bullen, 1998; McConnell, 2000). Sin el rol organizativo, a muchos estudiantes de cursos *on-line* les faltarían las necesarias estructuras de apoyo y muy probablemente tendrían problemas durante el desarrollo del curso.
- El rol **social** implica enviar mensajes de bienvenida, notas de agradecimiento, respuestas rápidas a los comentarios de los estudiantes y, en general, mantener un tono positivo y amigable en los foros. Además deben ser capaces de reconducir discusiones y conseguir que haya un tono cordial en las intervenciones de los estudiantes en los foros. En cuanto al aprendizaje cooperativo telemático hay que tener en cuenta que habrá estudiantes que

deseen trabajar individualmente (Ragoonaden y Borledeau, 2000) y que pueden encontrar diversas maneras de convertir lo que se pretendía que fuera una actividad cooperativa en una colección de esfuerzos individuales (Kitchen y McDougall, 1999); otros que tengan una mínima experiencia en el aprendizaje cooperativo y que necesitarán ser conscientes de la necesaria interdependencia positiva que ha de establecerse entre los miembros del grupo; otros que eludirán sus responsabilidades individuales dentro del grupo, los llamados *polizones* (ver trabajo 19), y que intentarán sacar provecho del esfuerzo de sus compañeros; otros que voluntariamente asuman todo el protagonismo de la actividad y no permitan que sus compañeros participen... Las habilidades que presente el docente para guiar y moderar las interacciones dentro del grupo serán de vital importancia para el éxito del aprendizaje en el grupo. En este sentido, podríamos decir que un buen moderador es como un buen anfitrión, que sabe como unir a la gente con intereses comunes en una fiesta, sabe integrar a aquellos más tímidos que se esconden por las esquinas y saber restar protagonismo a aquellos que desean acaparar toda la atención.

- El rol **intelectual**, también llamado **pedagógico** (Berge, 1995), es el más importante de los tres, ya que incluye actividades de mayor nivel cognitivo, como formular y responder preguntas, reconducir discusiones, proporcionar *feedback*, establecer objetivos, explicar tareas, resumir los puntos más importantes abarcados, unificar temas, controlar discusiones, dirigir a los estudiantes a expertos en el tema externos al curso y, en general, supervisar y elevar el nivel intelectual del curso *on-line*. La instrucción telemática de alta calidad requiere saber cuándo se ha de pedir a los estudiantes que busquen más información, cuándo proporcionarles pistas o ayuda en la construcción del conocimiento, cuándo pedir una representación visual de las ideas, cuándo resumir una actividad o cuándo realizar una evaluación de la actividad de los estudiantes.

Según el rol intelectual o pedagógico, los tutores de cursos *on-line* deben, por tanto, crear situaciones en las que los estudiantes construyan conocimiento y lo compartan con expertos y otros compañeros que, a su vez, ofrecen una evaluación auténtica y un *feedback* oportuno (Bonk, Wisner y Lee, 2004).

De hecho, para Paavola, Lipponen y Hakkarainen (2002), la construcción del conocimiento constituye uno de los pilares del nuevo paradigma educativo en donde el aprendizaje es tratado de forma análoga a los procesos de investigación, en los cuales algo nuevo es creado, y el conocimiento inicial es sustancialmente enriquecido o transformado significativamente durante el proceso (Bereiter, 2002; Paavola, Lipponen y Hakkarainen, 2002). El conocimiento no existe en el mundo de uno o en las mentes individuales, sino que es un aspecto de participación en prácticas culturales (Brown, Collins y Duguide, 1989; Lave y Wenger, 1991). Esta visión del conocimiento está en contraposición con la visión más tradicional del mismo, consistente principalmente en un proceso de adquisición de "trozos" de conocimiento: el aprendizaje es una cuestión de construcción y adquisición individual y estos resultados se realizan a través de un proceso de transferencia (Sfard, 1998).

La construcción del conocimiento en los entornos cooperativos es un campo de investigación cuyos máximos representantes sean quizá los canadienses Scardamalia y Bereiter (Gros, 2004) y su proyecto CSILE (*Computer-Supported Intencional Learning Environments*). La construcción del conocimiento, según Scardamalia y Bereiter, es un proceso progresivo de producción y mejora de ideas que son importantes para una comunidad determinada. Lo importante, según estos autores, es que lo que la comunidad es capaz de conseguir mediante la cooperación de sus miembros es mayor que la suma de las contribuciones individuales de sus miembros (Scardamalia y Bereiter, 1994). El software CSILE ha ido evolucionando y actualizándose hasta llegar a la plataforma *Knowledge Forum* (Savli, 2006), que es una herramienta que permite la creación de espacios virtuales para la discusión y la

creación conjunta de materiales (Álvarez *et al.*, 2005). Además, otros entornos cooperativos, como Synergeia o FLE3, han incorporado aspectos del *Knowledge Forum* en algunas de sus funcionalidades (Muukkonen, Hakkarainen, y Lakkala, 2004). Así, por ejemplo, los foros del Synergeia ("espacios de construcción de conocimiento", véase capítulo 4), de manera similar a lo que ocurre en el *Knowledge Forum*, obligan al alumnado a indicar la categoría de sus intervenciones, lo que provoca que los estudiantes se alejen de la simple discusión pregunta-respuesta y se potencien las prácticas de las investigaciones progresivas.

De la misma manera que la interdependencia positiva es uno de los ingredientes principales del aprendizaje cooperativo clásico (véase capítulo 4), en el CSCL el reto para el profesorado es, como Salomon (1992) ha apuntado, crear una interdependencia telemática genuina:

"Para que se dé una cooperación genuina, se necesita una interdependencia genuina. En su ausencia, los grupos de trabajo no funcionan como deberían hacerlo, con independencia de las maravillosas herramientas informáticas que les sean facilitadas para trabajar. En otras palabras, los ordenadores pueden dar soporte a la cooperación siempre y cuando haya interdependencia, pero es poco probable que el ordenador produzca por sí mismo esta interdependencia".

Por tanto, del mismo modo que en el aprendizaje cooperativo clásico no es suficiente con juntar sillas y mesas y decir a los estudiantes que trabajen en grupo, en el CSCL no es suficiente el simple uso de herramientas que facilitan la cooperación telemática.

1.3.1. El aprendizaje cooperativo y las TICs en el sistema educativo reglado.

La enseñanza de la química en la educación secundaria ha experimentado cambios notables en las dos últimas décadas motivados no sólo por los cambios curriculares que han supuesto la LOGSE y la LOE, sino también por los resultados de la investigación didáctica y las nuevas tendencias en la enseñanza de las ciencias (Caamaño, 2001).

En efecto, con la aprobación en 2006, de la Ley Orgánica de Educación (LOE) se cierra, al menos de momento, una etapa de cambios legislativos en materia educativa, durante la cual se han aprobado hasta 6 leyes orgánicas educativas en los últimos 22 años:

- LODE:** Ley Orgánica reguladora del Derecho a la Educación (Ley 8/1985).
- LOGSE:** Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo (Ley 1/1990).
- LOPEG:** Ley Orgánica de la Participación, la Evaluación y el Gobierno de los Centros Docentes (Ley 9/1995).
- LOCFP:** Ley Orgánica de las Cualificaciones y de la Formación Profesional (Ley 5/2002).
- LOCE:** Ley Orgánica de Calidad en la Educación (Ley 10/2002).
- LOE:** Ley Orgánica de Educación (Ley 2/2006).

Aunque Cañal (2007) y Pozuelos y Travé (2007) han señalado que la investigación educativa es uno más de los posibles métodos de enseñanza y aprendizaje al alcance del docente, las investigaciones con innovaciones educativas en las aulas necesitan un marco legislativo y estructural que, aunque no lo favorezca, por lo menos no lo dificulte (APICE, 2007). En este sentido, otra de las maneras de justificar el impacto del trabajo en equipo, las TICs, la cooperación o, muy especialmente, el trabajo en

entornos cooperativos en la enseñanza de la química consiste en analizar la presencia de estos términos en los currículos oficiales vigentes.

En cuanto a la vigencia de los planes de estudio, cabe decir que aunque la LOE ha derogado la LOGSE, la LOPEG y la LOCE, en el curso 2007-08 conviven planes de estudio derivados tanto de la LOGSE como de la LOE, según lo dispuesto en el RD 806/2006, por el que se establece el calendario de aplicación de la LOE:

- **Educación Secundaria Obligatoria (ESO):** durante el curso 2007-08 son vigentes los planes de estudio de la LOGSE para segundo y cuartos cursos, pero para primero y tercero ya son de aplicación los previstos por la LOE. En el curso 2008-09 la LOE estará implantada LOE en toda la etapa.
- **Bachillerato:** durante el curso 2007-08 son vigentes los planes de estudio de la LOGSE. Los correspondientes a la LOE no se implantarán hasta el curso 2008-09 (1º de Bachillerato) y 2009-10 (2º de Bachillerato).
- **Formación Profesional (FP):** el artículo 18 del Real Decreto 806/2006, por el que se establece el calendario de aplicación de la LOE establece que a partir del curso 2007/08 empezarán a implantarse las nuevas titulaciones correspondientes a esta etapa educativa, pero mientras no se produzca dicha implantación, seguirán siendo vigentes los planes de estudio de la LOGSE, sin perjuicio de la potestad del Gobierno de actualizar títulos, de acuerdo con la LOCFP. De hecho, el Gobierno ha manifestado su intención de actualizar hasta 50 títulos de FP antes de 2008 (MRS, 2007).

Respecto a los planes de estudio propiamente dichos, hay que tener en cuenta que el desarrollo reglamentario de las leyes educativas marca unas *enseñanzas mínimas* (LOGSE y LOE) o *enseñanzas comunes* (LOCE), que conforman el currículo básico fijado por el Gobierno y cuya finalidad es garantizar la validez de los títulos académicos. Este currículo básico estatal constituye el 65% o 55% del currículo final, en función de si existe o no lengua cooficial en la Comunidad Autónoma, y es posteriormente completado por cada administración educativa en decretos autonómicos (tabla 3).

Tabla 3. Desarrollos reglamentarios de las *enseñanzas mínimas/comunes* de la LOGSE, LOCE y LOE y currículos oficiales en el ámbito de Cataluña

	LOGSE	LOCE	LOE
Currículo básico (enseñanzas <i>mínimas/comunes</i>)	ESO: RD 3473/2000 (modifica RD 1007/1991) BACH: RD 3474/2000 (modifica RD 1178/1992)	ESO: RD 831/2003 BACH: RD 832/2003	ESO: RD 1631/2006 BACH: borrador (MEC, 2007a)
Currículo oficial Cataluña	ESO: Decreto 179/2002 BACH: Decreto 182/2002	(No se llegaron a aprobar los proyectos de decreto al ser paralizada la LOCE)	ESO: Decreto 143/2007

A continuación procederemos, por tanto, a identificar –señalando con negrita- la presencia de los términos anteriormente citados en los currículos oficiales de la ESO, Bachillerato y FP de grado superior para el curso escolar 2007-08, en el ámbito de Cataluña, en lo que respecta a las enseñanzas de química o de las ciencias experimentales (cuando la química se trate de manera integrada con otras ciencias experimentales), así como en las instrucciones de inicio de curso y en los diferentes procesos selectivos de acceso a la función docente.

LOGSE

A) ESO: Área de Ciencias Naturales.

Objetivos generales. Al acabar la etapa, el alumnado debe ser capaz de:

2. Valorar actitudes científicas como la curiosidad, la objetividad, el rigor, el espíritu crítico, la perseverancia y el **trabajo en equipo** para cuestionarse las propias ideas y conclusiones, buscar evidencias y utilizarlas en la argumentación.

3. Actuar de forma que favorezca la sostenibilidad de las formas de vida y del medio ambiente, lo cual implica análisis, evaluación, imaginación creativa, negociación, **cooperación** y ejecución de **acciones** individuales y **colectivas**.

6. Buscar información en diferentes fuentes, muy especialmente a través de las **tecnologías de la información y de la comunicación**, y evaluar su idoneidad, organizarla de forma que facilite su consulta y recogerla adecuadamente en el momento de elaborar informes.

Contenidos

Procedimientos

1.3 Utilización de medios tecnológicos (**audiovisuales, informáticos y telemáticos**), de documentación impresa y de fuentes de transmisión oral de temática científica.

2.5 Uso de los **equipos informáticos** de adquisición, medida y tratamiento de datos experimentales.

3.1 Utilización de técnicas para captar y poner de relieve la información, especialmente de **tipo informático**.

Valores, normas y actitudes

3.4 Interés por utilizar los recursos propios de las **tecnologías de la información y la comunicación** en la realización de experiencias y trabajos

Objetivos terminales

3. Extraer las ideas básicas de textos y vídeos científicos y de **simulaciones interactivas por ordenador**; y analizar la información obtenida de esquemas, dibujos, fotografías, mapas topográficos y meteorológicos, modelos y maquetas.

15. Respetar críticamente las ideas de los otros y **cooperar en la realización de los trabajos en grupo**.

B) Bachillerato: Química

Objetivos generales. El alumnado, al finalizar la materia, debe ser capaz de:

7. Participar activamente en **equipos de trabajo en el laboratorio, en el aula y fuera del centro, y asumir la responsabilidad que, como miembro del grupo, le corresponde**.

Contenidos

Procedimientos

1.2 Extracción de información de diversas fuentes: encuestas, entrevistas, libros didácticos, revistas de divulgación y/o especializadas, vídeos, **CD-ROMs, Internet**.

2.3 Uso de las **técnicas** experimentales e **informáticas**.

Valores, normas y actitudes

1.5 Interés por la **utilización de los medios informáticos** que facilitan el trabajo en química.

1.7 Respeto a las aportaciones de los diferentes **miembros que constituyen un grupo de trabajo y colaboración con el equipo**.

C) Ciclos Formativos

Únicamente se hace el análisis para el Ciclo Formativo de Grado Superior de Química Ambiental, que es el que está directamente relacionado con la investigación de esta tesis (tabla 4).

Tabla 4. Presencia de las TICs y de la cooperación en el currículo oficial del Ciclo Formativo de Grado Superior de Química Ambiental, en el ámbito de Cataluña.

Crédito	Apartado	Cita
Crédito 1 Organización y gestión de la protección ambiental.	Contenidos de actitudes	6. Participación y cooperación en el trabajo en equipo : Coordinación y confianza con los compañeros que trabajan en las instalaciones de tratamiento.
Crédito 2 Control de emisiones a la atmósfera	Contenidos de actitudes	6. Participación y cooperación en el trabajo en equipo : Coordinación a la hora de ajustar los sistemas de tratamiento de gases y contaminantes atmosféricos.
Crédito 3 Control de residuos	Contenidos de actitudes	6. Participación y cooperación en el trabajo en equipo : Coordinación con los otros en las operaciones de reutilización y minimización de residuos.
Crédito 6 Seguridad química e higiene industrial.	Contenidos de actitudes	6. Participación y cooperación en el trabajo en equipo : Colaboración con otras empresas y organismos públicos en la elaboración, ejecución y seguimiento del mapa de riesgos y de los planes de prevención de incendios, explosiones e intoxicaciones. Apoyo a los compañeros en el cumplimiento de las normas de higiene y seguridad.
Crédito 7 Relaciones en el entorno de trabajo	Contenidos de procedimientos	6. Conducción de grupos de trabajo : Interpretación de las dinámicas internas y externas del grupo. Determinación de los objetivos de los grupos. Elección del estilo de liderazgo. Identificación de las pautas de conducta que tienen que adoptar los participantes. Dinamización y control de grupos.
	Contenidos de actitudes	8. Participación y cooperación en el trabajo en equipo : Colaboración con los otros miembros de la organización siempre que sea necesario. Reconocimiento que la participación y la cooperación son necesarias para la consecución de los objetivos de la empresa. Desarrollo del espíritu crítico. Aceptación de las opiniones y juicios de las otras personas para poder mejorar la calidad de cualquier aspecto laboral. Creación, entre los colaboradores, de la necesidad y conveniencia de trabajar en equipo. Fomento del uso de reuniones participativas.

LOE

Una de las principales novedades de los desarrollos curriculares que emanan de la LOE son las competencias básicas. Las competencias comprenden conocimientos, destrezas, actitudes, valores, etc. "que necesitan los seres humanos para sobrevivir, desarrollar sus capacidades, vivir y trabajar con dignidad, participar plenamente en el desarrollo, mejorar su calidad de vida, tomar decisiones debidamente informados y continuar aprendiendo (WCEFA, 1990) y cuya incorporación al currículo (RD 1631/2006, que fija el currículo básico de la ESO) "permite poner el acento en aquellos aprendizajes que se consideran imprescindibles, desde un planteamiento integrador y orientado a la aplicación de los saberes adquiridos".

A los clásicos contenidos y criterios de evaluación, los nuevos programas oficiales incorporan este nuevo elemento pedagógico y a la hora de hacer nuestro análisis para los currículos de la LOE, también deberemos prestar atención, por tanto, a las competencias básicas que establece el Real Decreto de mínimos (1631/2006), en especial a tratamiento de la información y competencia digital.

Esta ley, al igual que la LOCE, distingue a partir de tercer curso de la ESO la Física y Química de la Biología y Geología dentro de la materia de Ciencias Naturales (la LOGSE únicamente hablaba del área de Ciencias Naturales en toda la ESO).

A) ESO: Disposiciones Generales

Artículo 3.

Objetivos.

La educación secundaria obligatoria contribuirá a desarrollar las habilidades y las competencias que permitan a los chicos y a las chicas:

*b) Desarrollar y consolidar hábitos de esfuerzo, de estudio, de **trabajo individual y cooperativo** y de disciplina como base indispensable para un*

aprendizaje eficaz y para conseguir un desarrollo personal equilibrado.

*j) Desarrollar habilidades básicas en el uso de fuentes de información diversas, especialmente en el **campo de las tecnologías**, para saber seleccionar, organizar e interpretar la información con sentido crítico.*

Artículo 8. Materias

*8.2 En todas las materias se trabajarán la comprensión lectora, la expresión oral y escrita, la comunicación audiovisual, **las tecnologías de la información y la comunicación**, y la educación en valores*

B) ESO: Ciencias de la Naturaleza.

Objetivos.

La materia de Ciencias de la naturaleza de la educación secundaria obligatoria tiene como objetivo el desarrollo de las capacidades siguientes:

*3. Comprender mensajes de contenidos científico, elaborar y comunicar, utilizando el lenguaje oral y escrito y utilizando cuando hagan falta otros lenguajes y recursos, **especialmente los provenientes de las TIC**, que puedan ayudar a hacer la comunicación más eficaz.*

*5. **Cooperar en grupos** socialmente heterogéneos en la resolución de problemas abordables con los conceptos y procedimientos propios de las ciencias, demostrando iniciativa y creatividad en el planteamiento de propuestas y ayudando a los compañeros y compañeras en la regulación de las dificultades que se manifiestan.*

Competencias básicas y la aportación de las Ciencias de la Naturaleza a las mismas.

Tratamiento de la información y competencia digital.

La competencia en el tratamiento de la información incorpora varias habili-

dades, que van desde el acceso a la información hasta su transmisión, usando distintos soportes, incluyendo la utilización de las **tecnologías de la información y la comunicación** como elemento esencial para informarse, aprender y comunicarse.

Esta competencia se desarrolla en la búsqueda, captación, selección, registro y procesamiento de la información, con el uso de técnicas y estrategias diversas según la fuente y los soportes que se utilicen (oral, impreso, audiovisual, digital). [...] Transformar la información en conocimiento exige el dominio de las destrezas relacionadas con el razonamiento para organizarla, relacionarla, analizarla, sintetizarla y hacer inferencias y deducciones de distinto nivel de complejidad; en definitiva, comprenderla e integrarla en los esquemas previos de conocimiento. Significa, así mismo, comunicar la información y los conocimientos adquiridos usando, de manera creativa, recursos expresivos que incorporen, no solamente diferentes lenguajes y técnicas específicas, sino también las posibilidades que ofrecen las **tecnologías de la información y la comunicación**.

Esta competencia, que llamamos digital, también supone **usar las TIC** como herramienta en el uso de modelos de procesos (matemáticos, físicos, sociales, económicos o artísticos); para procesar y gestionar adecuadamente información abundante y compleja; para resolver problemas reales; para tomar decisiones; **para trabajar en entornos colaborativos**, ampliando los entornos de comunicación participando en comunidades de aprendizaje formales e informales; y para **generar producciones responsables y creativas**.

Para ser competente en este ámbito también se han de movilizar estrategias de uso ante los cambios de software y hardware que van surgiendo, así como hacer uso habitual

de los recursos tecnológicos disponibles para resolver situaciones reales (de aprendizaje, trabajo, ocio...) de manera eficiente. En especial, es necesario tener en cuenta que los textos son no lineales (**hipertexto**), interactivos y en formato **multimedia**, lo cual exige el uso de diferentes tipos de procesos de comprensión y de variadas estrategias para su uso en diferentes contextos comunicativos, que la misma tecnología potencia.

Competencia de aprender a aprender

[...] Se plantea el uso de técnicas que facilitan este autocontrol como las bases de orientación, los planes de trabajo, y obtener de ellos un rendimiento máximo y personalizado con la ayuda de diferentes estrategias y técnicas de estudio, **de trabajo cooperativo** y por **proyectos**, de resolución de problemas, de planificación y organización de actividades y tiempo de forma efectiva.

Incluye, además, habilidades para obtener información .tanto individualmente como en **colaboración** y, muy especialmente, para **transformarla en conocimiento propio**, relacionando e integrando la nueva información con los conocimientos previos y con la propia experiencia personal y sabiendo aplicar los nuevos conocimientos y capacidades en situaciones parecidas y contextos diversos.

[...] **Comporta ser capaz de autoevaluarse** y autorregularse, responsabilidad y compromiso personal, saber administrar el esfuerzo, aceptar los errores y **aprender de y con las otras personas**.

En síntesis, aprender a aprender implica la conciencia, gestión y control de las propias capacidades y conocimientos desde un sentimiento de competencia o eficacia personal, e incluye tanto el pensamiento estratégico, como **la capacidad de cooperar, de autoevaluarse**, y el manejo eficiente de un conjunto de

recursos y técnicas de trabajo intelectual, y todo esto se desarrolla por medio de experiencias de aprendizaje concientes y gratificantes, tanto individuales como colectivas.

Competencia de autonomía e iniciativa personal

Supone poder transformar las ideas en acciones, es decir, proponerse objetivos y planificar y **llevar a término proyectos** individuales o **colectivos**. Requiere, por lo tanto, poder reelaborar los planteamientos previos o elaborar nuevas ideas, buscar soluciones y llevarlas a la práctica. Además, analizar posibilidades y limitaciones, conocer las fases de desarrollo de un proyecto, planificar, tomar decisiones, actuar, **evaluar lo que se ha hecho y, autoevaluándose**, sacar conclusiones y valorar las posibilidades de mejora.

En la medida en que la autonomía y la iniciativa personal involucra a menudo a otras personas, esta competencia obliga a disponer de **habilidades sociales para relacionarse, cooperar y trabajar en equipo**: ponerse en el lugar del otro, valorar las ideas de otros, dialogar y negociar, la asertividad para hacer saber adecuadamente a las otras personas las propias decisiones, y **trabajar de forma cooperativa y flexible**.

Las competencias específicas centradas en convivir y habitar el mundo

Si queremos una mayor cohesión social, y una actitud responsable y participativa de las chicas y los chicos para con la comunidad escolar y el ámbito local es necesario, entre otras cosas, la concienciación de la pertenencia social y comunitaria, el conocimiento de los valores en los que se fundamenta la sociedad democrática y el de los derechos humanos, el respeto a la diversidad, el desarrollo de habilidades sociales, el funcionamiento participativo de la institución escolar, **el trabajo en equipo**, el uso del diálogo en la resolución de conflictos, el planteamiento crítico de los hábitos de

consumo y de los estilos de vida y el desarrollo de proyectos en común.

Instrucciones de inicio de curso (2007-08)

En las instrucciones de inicio de curso 2007-08 para los centros públicos de secundaria dependientes del Departament d'Educació (Resolución de 11 de julio de 2007), aparece un nuevo apartado "Tecnologías de la Información y la Comunicación" en el que se dan pautas para la incorporación de las TICs en las aulas:

"Para contribuir al desarrollo de las competencias básicas [...] es necesario que, siguiendo los contenidos de los currículos:

Las TIC se organicen para organizar, aplicar y presentar la información en diferentes formatos, para leer y escribir de manera individual y colectiva, para comunicarse y **publicar la información** para una audiencia determinada, facilitando la cantidad y calidad de los documentos producidos y **haciendo que el proceso de lectura y escritura sea más colaborativo**, interactivo y social, trabajando estrategias para la localización de la información, la obtención y el tratamiento de datos.

Las TIC sean un instrumento relevante en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias

[...]

Se reconozcan los valores que existen en los mensajes de los medios de comunicación e Internet e, igualmente, mostrarse críticos delante de la representación de la realidad que nos proporcionan, así como hacer un uso responsable de los medios tecnológicos y de la información, identificando los problemas éticos, culturales y sociales relacionados con las TIC (protección de datos, daños informáticos), y adoptando una actitud positiva en su utilización, que dé soporte al **aprendizaje individual y al colaborativo**."

Además, esta normativa asevera que las TICs son un "elemento de motivación, de dinamización, de innovación y de mejora en los procesos de enseñanza aprendizaje" y la sección concluye con una mención al cambio de rol en el proceso docente y al fomento del trabajo cooperativo: "Los cambios de rol que representa la aplicación de las TIC en el concepto de autonomía de aprendizaje implican también la organización de un espacio diferente donde el alumnado encuentre respuesta a sus necesidades y pueda desarrollar sus capacidades de aprendizaje. Se requiere facilidad de movimiento para realizar diferentes tipos de agrupamientos y organizar actividades diversas de manera simultánea, potenciando el trabajo en grupo cooperativo, combinando los trabajos desde el aula ordinaria, la biblioteca o el aula de informática". Queda claro, pues, la importancia que desde la Administración se da al trabajo cooperativo con TICs, así como al hecho de que éste sea llevado no sólo en el aula de informática, sino también en las aulas ordinarias.

LOCE

Entre la LOGSE y la LOE, fue aprobada la LOCE, de la cual se realizó el correspondiente desarrollo reglamentario que incluía las enseñanzas comunes, aunque sus planes de estudio nunca llegaron a implantarse. Realizaremos también el análisis de los planes de estudio de esta ley, pero restringiendo el mismo al currículo básico, ya que no se llegó a aprobar el currículo oficial para Cataluña.

Cabe destacar que una de las novedades más significativas de esta ley es la nueva asignatura de "Tecnologías de la Información y la Comunicación" en la modalidad de Ciencias y Tecnología del Bachillerato. Esta novedad no fue mantenida por la LOE que, sin embargo, introdujo otra materia científica "Ciencias para el mundo contemporáneo", común para todas las modalidades de Bachillerato.

A) ESO: Disposiciones Generales

Artículo 5. Objetivos

d) afianzar el sentido de **trabajo en equipo** y valorar las perspectivas, experiencias y formas de pensar de los demás.

h) Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, fundamentalmente mediante la adquisición de las destrezas relacionadas con las **tecnologías de la información y de las comunicaciones**, a fin de usarlas en el proceso de aprendizaje, para encontrar, analizar, intercambiar y presentar la información y el conocimiento adquiridos.

Anexo I

B) ESO: Ciencias de la naturaleza.

Objetivos

5. Utilizar de forma autónoma diferentes fuentes de información, incluidas las **nuevas tecnologías de la información y la comunicación**, con el fin de evaluar su contenido y adoptar actitudes personales críticas sobre cuestiones científicas y tecnológicas.

-Física y Química. Objetivos

6. Utilizar de forma autónoma diferentes fuentes de información, incluidas las **Tecnologías de la Información y la Comunicación**, con el fin de evaluar su contenido y adoptar actitudes personales críticas sobre cuestiones científicas y tecnológicas.

C) BACHILLERATO

Artículo 6. Objetivos

i) Profundizar en el conocimiento y en el uso habitual de las **tecnologías de la información y las comunicaciones** para el aprendizaje.

Artículo 10. Asignaturas específicas de la modalidad de Ciencias y Tecnología "**Tecnologías de la Información y de la Comunicación**"

Procesos selectivos

Las TICs no sólo aparecen en los currículos oficiales del alumnado, sino también en los procesos selectivos de ingreso a los cuerpos docentes y de inspectores. Así, por ejemplo, para acceder al cuerpo de Inspectores de Educación, encontramos en la parte C del temario (anexo III, Orden ECD/827/2004, de 22 de marzo; BOE de 31 de marzo de 2004) que el tema 6 precisamente exige conocimientos sobre la aplicación de las TICs en la enseñanza de las ciencias o de la especialidad correspondiente de FP a la que se opte:

6. Aplicación de las Tecnologías de la Información y Comunicación en la enseñanza y aprendizaje de la Biología y Geología o de la Física y la Química, en lo que se refiere a las asignaturas que hubiera impartido el aspirante (Especialidad de Ciencias)

6. Aplicación de las Tecnologías de la Información y Comunicación en la enseñanza y aprendizaje de la

Tecnología o de las especialidades de Formación Profesional, en lo que se refiere a las asignaturas que hubiera impartido el aspirante (Especialidad de Tecnología y Formación Profesional)

Por lo que respecta al temario actual para el acceso al cuerpo de profesores de enseñanza secundaria de las especialidades de Física y Química (Orden de 9 de septiembre de 1993, BOE de 21 de septiembre de 1993) y de Análisis y Química Industrial (Orden de 1 de febrero de 1996, BOE de 13 de febrero de 1996) no encontramos ninguna referencia a las TICs. Sin embargo, en el borrador que ha hecho público el Ministerio de Educación con los nuevos temarios que tiene previsto aprobar (MEC, 2007b), comprobamos que en la especialidad de Física y Química aparece un tema nuevo, el 76, relacionado con las TICs y la enseñanza de la Física y la Química:

76. Software para la enseñanza y el aprendizaje de la Física y de la Química. Recursos en Internet.

1.4. Objetivos e hipótesis.

Como se ha discutido en la sección 1.3, al profesorado se le exige actualmente el uso de las TICs en el aula y, además, en un contexto centrado en el estudiante. Este cambio en las prácticas educativas puede no ser fácil, ya que se requiere, por una parte, la cesión de parte de responsabilidad del proceso educativo al alumnado y, por otra, el uso de unas tecnologías que, en ocasiones, son totalmente novedosas para los docentes, quienes, además, deben cubrir el temario oficial de su asignatura, lo que puede provocar reticencias y temores a la hora de cambiar la metodología didáctica que han venido usando hasta el momento.

En la revisión histórica de recursos didácticos utilizados en la enseñanza de la química (capítulo 2) se verá que la introducción de un nuevo recurso didáctico en las aulas no necesariamente implica una mejora académica, bien sea por un uso didáctico inadecuado o mal planificado del recurso, o bien porque éste tiene, sencillamente, poca cabida en las aulas como soporte educativo. La revisión histórica de los primeros usos documentados de diferentes recursos didácticos audiovisuales e informáticos y la evolución de los mismos hasta los entornos telemáticos cooperativos es, de hecho, uno de los objetivos complementarios de esta investigación.

Ante la exigencia del uso de entornos cooperativos, incluso por parte de los currículos oficiales, el objetivo principal de esta investigación es la optimización de metodologías docentes en el uso y aplicación de entornos telemáticos cooperativos como recursos didácticos en clases presenciales de química.

Este proceso de optimización metodológica nos plantea una serie de preguntas:

¿Son realmente útiles o válidos para la cooperación telemática estos entornos?
¿Qué funcionalidades de estos entornos son útiles para la cooperación entre estudiantes?

¿Cómo pueden introducirse estos entornos en la clase de química? ¿Qué tipo de actividades puede realizar el alumnado, utilizando estos entornos como soporte informático, para que el trabajo realizado sea realmente cooperativo y no una suma de esfuerzos individuales?

¿Cómo tienen que estructurarse y organizarse estos entornos para que su gestión sea lo más sencilla posible para el docente? ¿Y para que resulten de fácil uso para el alumnado?

¿Qué variables relativas a los estudiantes (sexo, edad, conocimientos previos de informática, etc.) influyen en el uso de estas plataformas? ¿Qué condiciones son las más adecuadas para que los estudiantes puedan construir conocimiento en estos entornos?

¿Cómo se puede evaluar el trabajo en estos entornos y qué papel ha de jugar el alumnado?

Trataremos de dar respuesta a estas preguntas con la presente investigación, tomando como base de la misma la producción de proyectos hipermedia, en grupos cooperativos, y aumentando gradualmente la complejidad de los aspectos organizativos, con la finalidad de aprovechar las posibilidades que, para la cooperación telemática, ofrecen estos entornos.

Durante este proceso de optimización, se persigue aumentar el grado de autonomía de los estudiantes. Para ello, se crearán guías y tutoriales de las herramientas informáticas utilizadas (entorno telemático y editor HTML) para el alumnado, extendiéndose también al profesorado, para que los que se hallen interesados en el uso de estos entornos puedan crear y gestionar fácilmente, y sin un nivel previo de informática elevado, un entorno cooperativo en sus clases. El aumento

de la autonomía del estudiante debe permitir que éstos trabajen en grupos cooperativos sin una supervisión directa y continuada por parte del profesorado, lo que posibilita distribuciones en las que parte del alumnado trabaje autónomamente con los entornos telemáticos en el aula de informática, mientras que el resto del alumnado trabaje en el laboratorio con la supervisión directa del docente.

Con la producción cooperativa de hipermedia en estos entornos también se plantea el objetivo de desarrollar y potenciar habilidades grupales, como la negociación o la discusión de ideas, el desarrollo del espíritu crítico respecto de la información encontrada en Internet, así como el fomento de procesos cognitivos de alto orden y, en definitiva, la participación más activa del estudiante en la construcción de su propio conocimiento y la evaluación de su propio trabajo y el de sus compañeros, todo ello dentro del marco legislativo de la LOGSE y, especialmente, la LOE.

La metodología de la investigación y la evaluación del uso de los entornos cooperativos estudiados se encuentran detalladas en los trabajos 21 y 22, en las que se han tenido en cuenta las peculiaridades propias del CSCL.

En cuanto a las hipótesis de trabajo, éstas han sido las siguientes:

- Consideramos la plataforma BSCW como un soporte informático adecuado para el trabajo cooperativo *on-line* en general, y para la producción cooperativa de hipermedia en particular, ya que es un *groupware* basado en la propia red de Internet.
- La introducción de las TICs en el aula, como innovación didáctica, aumenta el interés de los estudiantes y disminuye la sensación de monotonía en comparación con las clases tradicionales.
- El trabajo en grupos cooperativos y la ayuda de tutoriales aumentan la autonomía y la responsabilidad del estudiante en el proceso docente.
- El uso de entornos telemáticos cooperativos favorece la reflexión individual, el desarrollo de habilidades grupales y una mayor implicación de cada miembro del grupo.
- La producción de hipermedia permite al alumnado crear y organizar mejor su propio conocimiento puesto que les hace pensar cómo representar una idea, cómo establecer relaciones entre ellas y cómo unir diferentes representaciones de las mismas.

Otras hipótesis complementarias:

- El entorno BSCW es un entorno flexible que permite su adaptación a diferentes unidades didácticas o asignaturas en los ciclos formativos de Química.
- A pesar del currículo oficial actual, el uso de los entornos telemáticos cooperativos como recursos didácticos en las aulas de química es minoritario debido a la falta de tiempo del profesorado para adaptar sus clases al uso de tales entornos y al esfuerzo que requiere el paso de una instrucción centrada en el docente y basada en la transmisión de contenidos a otra centrada en el estudiante y en la que éste debe construir su propio conocimiento.
- El alumnado no participa suficientemente en el proceso de evaluación en la práctica habitual de la enseñanza de la química.
- La publicación en Internet de los trabajos realizados por estudiantes anima a éstos a crear un producto de mayor calidad.

Con el lanzamiento de la plataforma Synergeia en el año 2003, entorno basado en BSCW, se incorporó este nuevo sistema a nuestra investigación. Synergeia es una versión de BSCW optimizada para contextos docentes, ya que ha incorporado nuevas

funcionalidades que potencian el trabajo cooperativo, como la "pizarra cooperativa" o la posibilidad de "negociar", ha eliminado diferentes utilidades con escasa aplicación docente y ha adaptado una serie de características para adecuarlas al mundo entorno educativo, como la conversión de los foros y carpetas estándar del BSCW en "espacios de construcción del conocimiento" y las carpetas de "curso" y "grupo", respectivamente. Y todo ello manteniendo las características básicas del BSCW, como son el trabajo en espacios compartidos, el servicio de eventos y el sistema de acceso mediante permisos, como se comentará en los trabajos 11 y 12.

1.5. Trabajos publicados no relacionados directamente con la tesis.

Antes de proceder a la presentación de los trabajos que forman parte de este compendio, se citan otros trabajos publicados previamente por el doctorando, a partir de su estancia en el *Departament de Química Analítica* de la UB, donde completó el Máster en Química Experimental. Estos trabajos han sido importantes para la propia formación permanente, y, de alguna manera, también para esta tesis, ya que muchos de los procedimientos necesarios para escribir estos trabajos previos (capacidad de resumir, analizar, relacionar ideas, redacción de escritos científicos, búsqueda bibliográfica, etc.) han sido también aplicados a los trabajos que componen esta memoria.

Estos trabajos (tabla 5) previos pueden consultarse en el anexo 1.

Tabla 5. Trabajos publicados no relacionados directamente con la tesis.

Trabajo 26. Comunicación oral en congreso:

Sastre, J.; Pueyo, M.; Jiménez, G.; Dagnac, T.; Vidal, M.; López-Sánchez, J.F.; Rubio, R. y Rauret, G (1999). Interactions between soil and pollutants in the zone affected by the toxic spill. En *Scientific basis for the Remediation of the Toxic Spill of the Aznalcóllar mine*, Sevilla.

Trabajo 27. Artículo de revista:

Vidal, M.; López-Sánchez, J.F.; Sastre, J.; Jiménez, G.; Dagnac, T.; Rubio, R. y Rauret, G. (1999). Prediction of the impact of the Aznalcóllar toxic spill on the trace element contamination of agricultural soils. *The Science of the Total Environment*, 242(1-3), 131-148.

Trabajo 28. Artículo de revista:

García-Manyes, S.; Jiménez, G.; Padró, A.; Rubio, R. y Rauret, G. (2002). Arsenic speciation in contaminated soils. *Talanta*, 58(1), 97-109.

1.6. Presentación de los trabajos que forman parte del compendio.

Trabajo 1: Recursos didácticos audiovisuales en la enseñanza de la química: Una perspectiva histórica (*Educación en Química*).

En este primer trabajo se realiza una revisión histórica de los primeros usos documentados en la didáctica de la química de los recursos didácticos audiovisuales más importantes, hasta llegar a los recursos multimedia y su fusión con la informática. Los recursos estudiados son la radio, la grabadora de audio, las diapositivas, los proyectores, las microformas, las películas, la televisión, los videocasetes, los videodiscos y los recursos multimedia.

Trabajo 2: Recursos didácticos informáticos en la enseñanza de la química: Una perspectiva histórica (*Anales de la Real Sociedad Española de Química*).

De manera análoga al primer trabajo, en este artículo se realiza también una revisión histórica de los primeros usos documentados en la didáctica de la química de los recursos didácticos informáticos, desde la era de los grandes ordenadores hasta la telemática, incluyendo la fusión de los recursos audiovisuales y los informáticos. Inicialmente, el artículo discute los diferentes usos de los recursos informáticos en la enseñanza de la química, agrupándolos en tres categorías: como soporte de la actividad didáctica, como medio principal de instrucción o como herramienta de trabajo, una vez formados como químicos o técnicos de laboratorio.

Trabajo 3: Una revisión histórica de los recursos didácticos audiovisuales e informáticos en la enseñanza de la química (*Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*).

En este último trabajo correspondiente al capítulo dos se datan y se describen en orden cronológico (agrupados por décadas) los primeros usos documentados de los recursos audiovisuales más importantes y de los avances de los sistemas informáticos aplicados en la enseñanza de la química. El escrito concluye con una valoración crítica de la aparición y el posterior uso de algunos de los recursos analizados: algunos fueron olvidados rápidamente mientras que otros han perdurado a pesar de haber sido superados por tecnologías con mayores prestaciones.

Trabajo 4: Una experiencia sobre hipertexto cooperativo en la clase de química (*Revista Iberoamericana de Educación*).

El trabajo 4 es un artículo breve, enviado a la Revista Iberoamericana de Educación como un trabajo de innovación, y que, lo que en su momento se pensó como un anticipo del trabajo 5, ahora se considera como un amplio resumen del mismo (véase trabajo 5).

Trabajo 5: Producción cooperativa de materiales hipermedia en espacios compartidos de trabajo: un caso de enseñanza de la Química (*Revista Iberoamericana de Educación*).

En el trabajo 5 se describe la parte de la producción de los proyectos hipermedia por parte del alumnado durante el proceso de optimización metodológica de los entornos telemáticos. Por ello, apenas se hace referencia a dicho proceso de optimización y, en ese aspecto, el artículo simplemente se limita a informar que la producción cooperativa de hipermedia se llevó a cabo con el soporte de un espacio compartido de trabajo. En el artículo se describe, por tanto, el tipo de proyecto hipermedia que tuvieron que realizar los estudiantes y la organización del mismo, y facilita la página web final donde pueden encontrarse estos proyectos (www.ionesenagua.com), así como la URL de los tutoriales del editor HTML

utilizados. Se explica el hipertexto/hipermedia cooperativo y la *hipercooperación diferida* en los trabajos de los estudiantes, los *ambientes de hipertexto cooperativo*, así como el concepto de *filtrado cooperativo*. También se explica el uso que se dará de los términos hipertexto/hipermedia, aunque esta cuestión se trata con más detalle en la introducción del capítulo 3. En cuanto a la evaluación de los proyectos, este trabajo recoge la parte de los cuestionarios que completaron los estudiantes del curso 2003-04 y que hace referencia directa a la producción cooperativa de hipermedia: cuatro ítems de un cuestionario Likert y una pregunta de respuesta abierta. El resto de cuestionarios y preguntas respondidas por este alumnado son recogidos en los trabajos 21 y 22.

Trabajo 6: Producción de materiales hipermedia sobre el agua en entornos telemáticos cooperativos (*Educación Científica: Tecnologías de la Información y la Comunicación y Sostenibilidad. IV. Entornos Telemáticos en la Educación Científica*).

En esta comunicación, presentada en los XXII Encuentros sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales celebrados en Granada, se expuso la producción de materiales hipermedia sobre el agua y, en relación con el trabajo 5, este escrito aporta un nuevo ejemplo de hipermedia cooperativo, una referencia al *b-learning* y, especialmente, la plantilla de evaluación de los proyectos web que se usó durante la investigación. Tal y como sucedía con el trabajo 4, la URL que se da para la consulta de los proyectos de los estudiantes es la dirección www.xtec.cat/~gjimene2/llicencia/students/, ya que el dominio www.ionesenagua.com aún no había sido registrado. Los proyectos son accesibles a través de ambas URLs.

Trabajo 7: Synergeia: aprenentatge cooperatiu en línia a les escoles (*Funció Publicació*).

Tal y como se explica a lo largo del trabajo 22, durante el proceso de optimización metodológica se creó una primera versión de los tutoriales de la plataforma Synergeia. Para dar la máxima difusión de estos tutoriales, se procedió a su publicación en la revista que reciben todos los funcionarios docentes catalanes: *Funció Publicació*. Este trabajo, por tanto, explica de manera muy general qué es BSCW y Synergeia, y da publicidad a esta primera versión de los tutoriales, con el fin de obtener *feedback* de los docentes que los usen en sus clases.

Trabajo 8: BSCW: Trabajo cooperativo *on-line* en la clase (*Quark*).

En este trabajo se describe el entorno BSCW y sus principales características, haciendo sólo una pequeña mención a su uso en el IES Mercè Rodoreda.

Trabajos 9 y 10.

Trabajo 9: Aplicación de un entorno telemático para el trabajo cooperativo en la enseñanza de la química (*V Taller Internacional de la Enseñanza de la Química*).

Trabajo 10: Cooperación en entornos telemáticos en la enseñanza de la química (*Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*).

El trabajo 9 comprende dos partes claramente diferenciadas: una en la que se aplicó el BSCW con estudiantes de Bachillerato y otra, con estudiantes de Formación Profesional. Es la segunda parte la que pertenece a esta investigación y, por tanto, nos estaremos refiriendo únicamente a ella al hablar de este trabajo.

Los trabajos 9 y 10 describen el proceso de optimización llevado a cabo durante los dos primeros cursos escolares (2001-02 y 2002-03), ambos utilizando el entorno BSCW. El primer año, de puesta a punto de la plataforma; y el segundo, de optimización de la misma a partir de la experiencia del curso anterior, con un especial énfasis en los aspectos organizativos del entorno: creación de carpetas, registro del alumnado en el entorno, organización de permisos de acceso. Se detallan los pasos dados por el docente para la gestión del entorno y, en cuanto a

los proyectos de los estudiantes, se comenta brevemente en qué consisten y cómo se evaluaron.

El trabajo 10 incluye además una breve introducción teórica sobre el aprendizaje cooperativo clásico y los sistemas *groupware* (ambos ampliados en la introducción del capítulo 4), las URLs de los tutoriales usados y de los proyectos de los estudiantes y un cuestionario Likert sobre determinados aspectos del estudio.

Trabajos 11 y 12.

Trabajo 11: Trabajo telemático cooperativo en Ciencias (*Experiencias innovadoras de utilización de las NTIC en actividades prácticas de ciencias*).

Trabajo 12: Synergeia: Adaptación del BSCW al mundo educativo (*Quark*).

Tanto en el trabajo 11 como en el 12 se realiza una descripción de Synergeia a través de una comparación con el entorno BSCW, destacando las diferencias que presenta Synergeia respecto de éste, es decir, se explican sus nuevas funcionalidades (pizarra cooperativa, negociación) y las modificaciones de aquellas ya existentes en BSCW (foros, tipos especiales de carpetas, simplificación de roles). En ambos trabajos se describe el Synergeia en términos comparativos respecto del BSCW porque el trabajo 11 es un texto en el que se explica en primer lugar el BSCW y nos valemos de esa primera explicación para comentar las novedades que presenta Synergeia, y porque el trabajo 12 es la continuación del artículo 8, también dedicado al BSCW. Como se explica en el trabajo 22, este artículo 8 sirvió para dar información sobre las versiones preliminares de los tutoriales de Synergeia, de tal manera que éstos se pudieran mejorar gracias a los comentarios recibidos los docentes que los utilizaron.

En el caso del trabajo 11, sólo se tiene en cuenta el apartado correspondiente al Synergeia (apartado 4.5.1. del capítulo), por ser el de responsabilidad directa del doctorando.

Trabajo 13: Procesos comunicativos en entornos telemáticos cooperativos (*Comunicar. Revista de Medios de Comunicación y Educación*).

En este trabajo se describen las principales características del sistema Synergeia, pero sin realizar ninguna comparación con el entorno BSCW, y centrándonos en diferentes aspectos de la comunicación por ordenador (CMC) en este entorno: la comunicación del entorno con los usuarios (sistema de eventos), la comunicación asincrónica entre usuarios (espacios de construcción del conocimiento), comunicación sincrónica entre usuarios (pizarra cooperativa) y la comunicación para el acuerdo y la toma de decisiones (función de negociación).

Trabajos 14 y 15.

Trabajo 14: Synergeia, un entorno telemático cooperativo en el área de ciencias (*Alambique*).

Trabajo 15: Una experiència amb entorns telemàtics cooperatius a la classe de química (*Ciències*).

En estos dos artículos se presenta, en forma de experiencia educativa, el trabajo en el entorno Synergeia de los estudiantes de Química Ambiental para producir proyectos hipermedia y la evaluación de éstos, todo ello correspondiente al tercer año de la investigación educativa de esta tesis.

Mientras que el trabajo 14 también incluye otras dos experiencias con el entorno Synergeia, llevadas a cabo con estudiantes de la ESO y de Bachillerato, el trabajo 15, redactado en catalán, ofrece con algo más de detalle una descripción de los proyectos hipermedia y de las características del entorno Synergeia. Ambos artículos indican las direcciones electrónicas de consulta de los proyectos hipermedia generados y de los tutoriales de Synergeia y del editor HTML utilizados, si bien las del trabajo 15 corresponden a las URLs previas a los registros de los

dominios de primer nivel www.synergieia.info y www.ionesenagua.com, si bien son igualmente válidas (véase el comentario para el trabajo 6).

En el caso del trabajo 15, sólo nos referiremos a él en lo concerniente al apartado correspondiente con estudiantes del IES Mercè Rodoreda, ya que esa experiencia educativa es la que corresponde con la investigación principal de esta tesis.

Trabajos 16, 17 y 18.

Trabajo 16: Entornos telemáticos para el trabajo cooperativo en los ciclos formativos de grado superior de la familia de química (*Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*).

Trabajo 17: Entornos telemáticos interactivos para el trabajo cooperativo en los ciclos formativos de grado superior de la familia de química (*La didáctica de las ciencias experimentales ante las reformas educativas y la convergencia europea*).

Trabajo 18: BSCW i Synergieia: dos entorns telemàtics gratuïts per al treball cooperatiu *on line*. Aplicació a la didàctica de la química (*2a presentació de llicències d'estudis retribuïdes, curs 2004-05*).

En estas tres participaciones en congresos, se ofrece una visión general y resumida de la investigación sobre los entornos BSCW y Synergieia llevada a cabo hasta esos momentos. El trabajo 16 corresponde a la comunicación presentada en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, celebrado en septiembre de 2005 en Granada, mientras que los trabajos 17 y 18 corresponden a los resúmenes enviados a los XXI Encuentros sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales (Donostia, 2004) y a las 2ª jornadas de presentación de licencias retribuidas de estudios (Barcelona, 2006), respectivamente.

Trabajos 19 y 20.

Trabajo 19: Obtención de notas individuales a partir de una nota de grupo mediante una evaluación cooperativa (*Revista Iberoamericana de Educación*).

Trabajo 20: Deducción de calificaciones individuales en actividades cooperativas: una oportunidad para la coevaluación y la autoevaluación en la enseñanza de las ciencias (*Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*).

En los artículos 19 y 20 se discute sobre la necesidad de evaluar la responsabilidad individual en las actividades cooperativas, y se propone un método para obtener una nota individual a partir de la nota obtenida por un grupo. Dicho método consiste en una evaluación cooperativa, en la que los estudiantes realizan una autoevaluación y una evaluación entre iguales, o coevaluación, de cada miembro del grupo, con lo que se obtiene un factor de corrección individualizado que permite obtener notas individuales.

El artículo 19 realiza una revisión bibliográfica exhaustiva sobre la autoevaluación y la evaluación entre iguales, y el ejemplo que aporta para ilustrar el método propuesto está extraído de uno de los grupos cooperativos que realizaron el proyecto hipermedia en el tercer año de la investigación. El artículo 20, por su parte, enfoca la evaluación cooperativa hacia la enseñanza de las ciencias y el ejemplo que aporta pertenece al Crédito de Síntesis, asignatura en la que también nuestros estudiantes trabajan cooperativamente. Además, este trabajo incluye, en su anexo, el modelo de plantilla de evaluación del método propuesto.

Trabajos 21 y 22.

Trabajo 21: Evaluación de entornos para el aprendizaje cooperativo telemático: Synergieia (*Revista Iberoamericana de Educación*).

Trabajo 22: Optimización metodológica de entornos telemáticos cooperativos (BSCW y Synergieia) como recursos didácticos de la química en la producción de hipermedia (*Enseñanza de las Ciencias*).

El objetivo de estos dos artículos es ofrecer el resultado de la evaluación del sistema Synergeia al final de la fase de investigación con estudiantes. Los resultados de la evaluación llevada a cabo están repartidos en estos dos trabajos: aquellas partes que se compararon con los resultados obtenidos por otros estudiantes extranjeros que también utilizaron Synergeia se encuentran en el trabajo 21, mientras que el trabajo 22 recoge el resto de resultados no comparados con estudiantes extranjeros. Además, este trabajo 22 incluye una comparación de algunos de los datos del tercer año de investigación (Synergeia) con los datos obtenidos durante los dos primeros años (BSCW).

Como se comentó con anterioridad, el trabajo 22 describe, de manera resumida, la cronología general de la investigación, relacionando los diferentes trabajos y temáticas de la investigación, y las fases de la investigación: en la primera, nuestro alumnado produjo cooperativamente proyectos hipermedia sobre iones en agua y completó una serie de cuestionarios. En la segunda, se analizaron las respuestas obtenidas y se crearon unos tutoriales de Synergeia, mejorados a partir del *feedback* de los docentes que utilizaron las versiones preliminares de dichos tutoriales.

Trabajos 23 y 24.

Trabajo 23: Los niveles de apertura en las prácticas cooperativas de química (*Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*).

Trabajo 24: La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de apertura (*Enseñanza de las Ciencias*).

En estos dos trabajos se describe la investigación educativa sobre el uso de los niveles de apertura como medida de atención a la diversidad en las prácticas cooperativas de química. Hay que tener en cuenta que la heterogeneidad que muestra inicialmente nuestro alumnado en el laboratorio se debe, principalmente, a los diferentes estudios cursados: título de bachillerato con o sin formación en química, prueba de acceso o estudios universitarios previos, aunque también es destacable, en ocasiones, la experiencia laboral previa en el campo del análisis químico que puedan tener los estudiantes.

Este estudio fue llevado a cabo de manera paralela a la optimización metodológica de entornos telemáticos: mientras una mitad del alumnado trabajaba en el aula de informática con el entorno telemático en el proyecto hipermedia, la otra mitad estaba en el laboratorio de química, realizando algunas de las prácticas descritas en el trabajo 25 y utilizando diferentes agrupamientos y los niveles de apertura para mejorar el rendimiento de los estudiantes. El trabajo 23 se centra más en el aprendizaje cooperativo dentro de las prácticas de laboratorio, mientras que el trabajo 24 lo hace en el concepto de los niveles de apertura..

Trabajo 25: Análisis volumétrico del agua del grifo: Cinco experiencias para la enseñanza secundaria post-obligatoria (*Química e Industria*).

Este artículo, referenciado por los artículos 23 y 24, describe algunas de las volumetrías que sirvieron de base para la investigación sobre los niveles de apertura. En el texto se proporcionan cinco métodos volumétricos de análisis para determinar la alcalinidad, la dureza, los cloruros, el oxígeno disuelto y la materia orgánica de una muestra de agua del grifo. Estas cinco volumetrías pueden ser llevadas a cabo en niveles post-obligatorios de la enseñanza secundaria ya que son sencillas y cubren los cuatro tipos de volumetrías, según el tipo de reacción (ácido-base, complejación, precipitación y redox) y los tres tipos según el método operativo (directa, indirecta y por retroceso).

1.7. Justificación del factor de impacto de las revistas.

El factor de impacto fue creado en los años 60 por Eugene Garfield (Ferreiro y Ugena, 1992), presidente del *Institute for Scientific Information* (ISI), actualmente llamado *Thomson Scientific* (www.thomsonisi.com). En 1975, el ISI empezó a publicar el volumen *Journal of Citation Reports* (JCR) como parte del *Science Citation Index* (SCI) y del *Social Science Citation Index* (SSCI) (Garfield, 1994). Aunque inicialmente fue únicamente un indicador de uso interno en el ISI, en la actualidad es el indicador bibliométrico más utilizado como medida de la importancia de una publicación y sirve para cuantificar la visibilidad de las revistas académicas en función de las citas recibidas a los artículos que se publican en ellas. Se obtiene dividiendo el número total de citas recibidas durante un año determinado, por los artículos publicados en los dos años precedentes, entre el total de artículos publicados en dichos años, y el resultado representa el promedio de citas recibidas por los artículos publicados por una revista en dicho periodo.

En las bases de datos del ISI se encuentra la bibliografía científica de mayor sofisticación y calidad metodológica, difusión, visibilidad e impacto internacional. El hecho de que publicar en una revista indexada por el ISI se haya convertido en un signo intrínseco de calidad, que es valorado positivamente por los más diversos sistemas de evaluación, ha provocado que las revistas cubiertas por el ISI atraigan los mejores artículos de investigación. De ahí que pueda presumirse que en sus bases de datos estén los mejores trabajos, de forma que también pueda estimarse que las citas obtenidas adquieran un especial valor. Sin embargo, la mayor parte de las revistas del ámbito pedagógico, a pesar de la calidad científica de los artículos que publican, no se encuentran indexadas por el ISI y, por tanto, no tienen factor de impacto. En el área de la enseñanza de las Ciencias, por ejemplo, sólo cuatro revistas extranjeras aparecen en sus listados: *International Journal of Science Education*, *Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching* y *Research in Science Education*; y sólo una de didáctica de la química, *Journal of Chemical Education*. Se hace necesario, en este caso, el uso de otros índices bibliométricos alternativos, o bien la justificación de los criterios de calidad que siguen las revistas para considerar su importancia.

Entre los índices o factores alternativos creados por otros organismos, destacamos los siguientes:

- IN-RECS (Índice de impacto de las Revistas Españolas de Ciencias Sociales, <http://ec3.ugr.es/in-recs>). Se trata de índice bibliométrico, creado por el grupo de investigación EC³ (Evaluación de la ciencia y de la comunidad científica) de la Universidad de Granada, que ofrece información estadística a partir del recuento de las citas bibliográficas con el fin de determinar la relevancia, influencia e impacto científico de las revistas españolas de ciencias sociales, de los autores que publican en las mismas y de las instituciones a que estos se adscriben. La base de datos del IN-RECS se alimenta a partir de la indexación sistemática de las referencias bibliográficas citadas en los artículos publicados en más de 100 revistas españolas de las principales disciplinas que conforman el dominio de las ciencias sociales (Antropología, Biblioteconomía y Documentación, Economía, Educación, Geografía, Sociología, Psicología y Urbanismo) y que tengan un mínimo de 6 años de antigüedad.
- Índice medio de citación recibido por cada revista entre los años 2000, 2001 y 2002 como indicador del uso y el prestigio de la revista en ese periodo. Este índice ha sido elaborado por el Centro de Información y Documentación Científica del (CINDOC) del Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) (<http://www.cindoc.csic.es/investigacion/informes1.html>).

- ICDS (índice Compuesto de Difusión Secundaria) del Departamento de Innovación, Universidades y Empresa de la *Generalitat de Catalunya* (http://www10.gencat.net/dursi/ca/re/aval_rec_sist_siar.htm). Este índice se calcula en función de la indexación de la revista en determinadas bases bibliométricas, según la categoría a la que pertenece la revista.
- Listas CARHUS del Departamento de Innovación, Universidades y Empresa de la *Generalitat de Catalunya* (http://www10.gencat.net/dursi/ca/re/aval_rec_sist_pc05.htm). Las revistas indexadas en estas listas son clasificadas en cuatro niveles, de más a menos significativo (A, B, C y D), en función de diversos criterios, como la tradición y el itinerario histórico de la publicación, determinados parámetros de calidad objetivos, la presencia de la revista en bases de datos internacionales o su ICDS.
- La Secretaría de Estado para las Universidades, a través de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva, ha presentado un informe en el que se presentan los criterios para la categorización de las revistas españolas de Humanidades y también establece cuatro categorías: A+, A, B o C, según si se cumplen o no una serie de requisitos objetivos (<http://www2.ub.edu/or5/INFORMEPROVISIONALCRITERIOSHUMANIDADES.pdf>).

En cuanto a los parámetros objetivos considerados con mayor frecuencia, tanto para el cálculo de alguno de los índices anteriores o como únicos criterios de calidad de una revista, podemos citar: presencia internacional en el consejo editorial/asesor/científico, resúmenes de los artículos en otros idiomas, evaluación "ciega" de los artículos (es decir, manteniendo el anonimato del autor), porcentaje elevado de artículos de investigación, periodicidad fija de la publicación o la indexación en bases bibliométricas.

En este sentido, por ejemplo, la Dirección General-Presidencia de la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora considera los criterios recogidos en la tabla 6 como aquellos mínimos que debe reunir un medio de difusión de la investigación (revista, libro, congreso) para que lo publicado en el mismo sea reconocido como "de impacto", y, de esta manera, evaluar la actividad científica del personal universitario, de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 1086/1989.

Tabla 6. Criterios mínimos que debe reunir un medio de difusión de la investigación (revista, libro, congreso) para que lo publicado en el mismo sea reconocido como «de impacto» (Resolución 17 de noviembre de 2006, BOE 280 de 23/11/2006).

Criterios que hacen referencia a la calidad informativa de la revista como medio de comunicación científica

1. Identificación de los miembros de los comités editoriales y científicos.
2. Instrucciones detalladas a los autores.
3. Información sobre el proceso de evaluación y selección de manuscritos empleados por la revista, editorial, comité de selección, incluyendo, por ejemplo, los criterios, procedimiento y plan de revisión de los revisores o jueces.
4. Traducción del sumario, títulos de los artículos, palabras clave y resúmenes al inglés, en caso de revistas y actas de Congresos.

Tabla 6 (continuación).

Criterios sobre la calidad del proceso editorial

5. Periodicidad de las revistas y regularidad y homogeneidad de la línea editorial en caso de editoriales de libros
6. Evaluaciones previas de lo publicado por expertos ajenos al equipo editorial
7. Anonimato en la revisión de los manuscritos
8. Comunicación motivada de la decisión editorial, por ejemplo, empleo por la revista/editorial/comité de selección de una notificación motivada de la decisión editorial que incluya las razones para la aceptación, revisión o rechazo del manuscrito, así como los dictámenes originales (o retocados por la redacción) emitidos por los expertos externos.
9. Consejo de redacción, o comité de redacción integrado por director, secretario y algunos vocales.
10. Consejo asesor, formado por profesionales e investigadores de reconocida solvencia, sin vinculación institucional con la revista o editorial, y orientado a marcar la política editorial y someterla a evaluación y auditoría.

Criterios sobre la calidad científica de las revistas

11. Porcentaje de artículos de investigación, más del 75% de los artículos deberán ser trabajos que comuniquen resultados de investigación originales.
12. Autoría: grado de endogamia editorial, más del 75% de los autores serán externos al comité editorial y virtualmente ajenos a la organización editorial de la revista.

Además de los puntos anteriores, se valorará particularmente que la revista contenga una sección fija con información estadística acerca del número de trabajos recibidos y aceptados. Así mismo, se tendrá especialmente en cuenta la progresiva indización de las revistas en las bases de datos internacionales especializadas.

A continuación se ofrece, para cada una de las revistas en las que se ha publicado alguno de los trabajos que conforman esta tesis, la información relativa a su factor de impacto, de acuerdo con los índices anteriores, los criterios de calidad de la publicación, así como otra información de interés de la misma (tablas 7 a 18). También se incluye la información equivalente para el capítulo de libro que forma parte del compendio de esta tesis (tabla 19) y los trabajos presentados en Congresos (tablas 20 a 24).

Tabla 7. Índice de impacto y criterios de calidad de la Revista Eureka.

Nombre	Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias
ISSN	ISSN: 1697-011X
Editor	Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia-EUREKA. Cádiz (España)
Breve descripción	Revista electrónica gratuita que se difunde a través de la red, dedicada a temas relacionados con la educación científica dentro y fuera del aula. Sus trabajos pretenden cubrir un amplio espectro del sistema educativo, que va desde la educación infantil hasta la universitaria, con una atención especial a aquellas formas de educación científica que se realizan de una manera no formal o extraacadémica.
Ámbito de difusión	Internacional
Tirada	Distribución electrónica
Periodicidad	Cuatrimestral
Idioma	Español. Algunos artículos se publican, además, en su idioma original
Resúmenes	En el idioma original del artículo y en inglés
Página web	http://www.apac-eureka.org/revista/index.htm
Índice de Impacto	No aparece en la bases de datos del INRECS, del CARHUS o del CINDOC, ni dispone de ICDS. La revista tiene una antigüedad inferior a seis años.
Indexación	DOAJ, ULRICHS, Latindex, Dialnet, CREDI, EBSCO y e-revist@s
Proceso de Revisión	Revisión por doble ciego
Consejo Asesor	Ver anexo 2
Artículos publicados	Cooperación en entornos telemáticos en la enseñanza de la química (trabajo 10). Deducción de calificaciones individuales en actividades cooperativas: una oportunidad para la coevaluación y la autoevaluación en la enseñanza de las ciencias (trabajo 20).

Tabla 8. Índice de impacto y criterios de calidad de la Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias.

Nombre	Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC)
ISSN	ISSN 1579-1513
Editor	Universidad de Vigo (España)
Breve descripción	REEC es una revista científica cuatrimestral a través de la red dedicada a la innovación e investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales en los diferentes niveles educativos (infantil, primaria, secundaria, universidad). La finalidad principal de esta revista es contribuir a la mejora educativa dando a conocer las innovaciones e investigaciones realizadas en la enseñanza de las ciencias a la comunidad de profesores e investigadores en didáctica de las ciencias experimentales.
Ámbito de difusión	Internacional
Tirada	Distribución electrónica
Periodicidad	Cuatrimestral
Idioma	Español, portugués, catalán, vasco, gallego, francés, italiano e inglés
Resúmenes	En el idioma original del artículo y en inglés
Página web	http://www.saum.uvigo.es/reec/
Índice de Impacto	No aparece en la bases de datos del INRECS, del CARHUS o del CINDOC, ni dispone de ICDS. La revista tiene una antigüedad inferior a seis años.
Indexación	DOAJ, ULRICHS, Latindex, Dialnet, CREDI
Proceso de Revisión	Revisión por doble ciego
Comité Editorial	Ver anexo 2
Artículos publicados	Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de química (trabajo 23). Una revisión histórica de los recursos didácticos audiovisuales e informáticos en la enseñanza de la química (trabajo 3).

Tabla 9. Índice de impacto y criterios de calidad de la Revista Iberoamericana de Educación.

Nombre	Revista Iberoamericana de Educación (RIE)
ISSN	1022-6508 ¹ / 1681-5653
Editor	Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (España)
Breve descripción	La Revista Iberoamericana de Educación (RIE) es un foro multidisciplinar de reflexión y debate sobre las grandes tendencias educativas contemporáneas, con especial incidencia en el área iberoamericana. La versión digital de la RIE pone al alcance de la Comunidad Educativa Iberoamericana los contenidos de su versión impresa de forma gratuita. Además, dispone de diversas secciones diseñadas para la participación y el intercambio de ideas y experiencias entre sus lectores.
Ámbito de difusión	Internacional
Tirada	2000 ejemplares (versión impresa)/Distribución electrónica (versión digital)
Periodicidad	Cuatrimestral (versión impresa) / Quincenal (boletines digital)
Idioma	Español y portugués
Resúmenes	Sólo en el idioma original del artículo
Página web	http://www.rieoei.org
Índice de Impacto	<ul style="list-style-type: none"> • INRECS (2005): 0,085 • CARHUS (2005): Categoría B • ICDS (2005): 4,1000
Indexación	Entre otras, se encuentra indexada en las bases de datos Latindex, IRESIE, DOAJ, CINDOC, ABES, SUDOC... La lista completa de las bases de datos en la que se encuentra indexada se puede consultar en: http://www.rieoei.org/indexacion.htm
Proceso de Revisión	La selección de los artículos se realiza mediante el "arbitraje ciego" de un mínimo de dos miembros del Comité Editorial
Comité Editorial	Ver anexo 2
Artículos publicados	Una experiencia sobre hipertexto cooperativo en la clase de química (trabajo 4). Obtención de notas individuales a partir de una nota de grupo mediante una evaluación cooperativa (trabajo 19). Producción cooperativa de materiales hipermedia en espacios compartidos de trabajo: un caso de enseñanza de la Química (trabajo 5). Evaluación de entornos para el aprendizaje cooperativo telemático: Synergeia (trabajo 21).

¹ La Revista Iberoamericana de Educación tiene 2 ISSN: uno para la versión impresa de la revista (1022-6508) y otro para la versión digital (1681-5653). En la actualidad, todo el contenido de la versión impresa se vuelca en la digital, y, por tanto, el ISSN1681-5653 cubre el total de los contenidos, lo que ha posibilitado que, desde enero de 2007, la revista está indexada en la base DOAJ, *Directory of Open Access Journals*, al ser accesible de forma telemática todo su contenido.

Tabla 10. Índice de impacto y criterios de calidad de la revista Comunicar.

Nombre	Comunicar
ISSN	1134-3478
Editor	Grupo Comunicar (España)
Breve descripción	Comunicar es una revista científica de ámbito iberoamericano que pretende fomentar el intercambio de ideas, la reflexión y la investigación entre dos ámbitos que se consideran prioritarios para el desarrollo de los pueblos: la educación y la comunicación. Profesionales del periodismo y la docencia en todos sus niveles tienen en este medio una plataforma para fomentar la comunicación y la educación, como ejes neurálgicos de la democracia, la consolidación de la ciudadanía y el progreso intelectual y cultural.
Ámbito de difusión	Internacional
Tirada	2000 ejemplares
Periodicidad	Semestral
Idioma	Español y portugués
Resúmenes	En el idioma original del artículo y en inglés
Página web	http://www.revistacomunicar.com/
Índice de Impacto	<ul style="list-style-type: none"> • INRECS (2005): 0,019 • CARHUS (2005): Categoría C • IDCS (2005): 4,1000
Indexación	Entre otras, se encuentra indexada en las bases de datos Latindex, Red AyLC, ULRICHS, Dialnet, ISOC y en la Red Iberoamericana de Revistas de Comunicación y Cultura.
Proceso de Revisión	Revisión por doble ciego
Consejo Científico Asesor	Ver anexo 2
Artículos publicados	Procesos comunicativos en entornos telemáticos cooperativos (trabajo 13).

Tabla 11. Índice de impacto y criterios de calidad de la revista Alambique.

Nombre	Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales
ISSN	1133-9837
Editor	Editorial Graó, de IRIF, SL (España)
Breve descripción	Alambique es una revista dirigida al profesorado de ciencias de cualquier nivel, que busca ofrecer nuevas propuestas didácticas basadas en los resultados de la investigación y en la experimentación en el aula, aportando una bibliografía asequible al profesorado. Pretende ser también un instrumento de comunicación entre docentes de ciencias, escrita para ellos y por ellos. Y, aunque no nació con esa intención específica, ha resultado ser también un referente extraordinariamente útil para la formación inicial de los futuros profesores y profesoras de ciencias.
Ámbito de difusión	Internacional
Tirada	3001 ejemplares
Periodicidad	Trimestral
Idioma	Español
Resúmenes	En español e inglés
Página web	http://alambique.grao.com
Índice de impacto	<ul style="list-style-type: none"> • INRECS (2005): 0,085 • CARHUS (2005): Categoría A • IDCS (2005): 4,0542 • CINDOC (media 2000-2002): 0,149
Indexación	Carhus, CINDOC (ISOC), Dialnet, In-RECS, Latindex y Redined
Proceso de Revisión	Los artículos son revisados por tres expertos pertenecientes al consejo asesor manteniendo el anonimato del autor.
Consejo asesor	Ver anexo 2
Artículos publicados	Synergeia, un entorno telemático cooperativo en el área de ciencias (trabajo 14).

Tabla 12. Índice de impacto y criterios de calidad de la revista Enseñanza de las Ciencias.

Nombre	Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y experiencias didácticas
ISSN	0212-4521
Editor	ICE de la <i>Universitat Autònoma de Barcelona</i> con la colaboración del <i>Vicerektorat d'Investigació de la Universitat de València</i> (España)
Breve descripción	Enseñanza de las Ciencias es un vehículo de comunicación entre los profesionales del campo de la enseñanza de las matemáticas y las ciencias experimentales de España e Iberoamérica, tanto de las investigaciones que se realizan en el ámbito iberoamericano, como de los investigadores de otros países que han podido, a través de ella, dar a conocer sus trabajos al público de habla hispana.
Ámbito de difusión	Internacional
Tirada	1600 ejemplares
Periodicidad	Cuatrimestral
Idioma	Español
Resúmenes	En español e inglés
Página web	http://blues.uab.es/rev-ens-ciencias/
Índice de impacto	<ul style="list-style-type: none"> • INRECS (2005): 0,085 • CARHUS (2005): Categoría A • IDCS (2005): 4,0542 • CINDOC (media 2000-2002): 0,445
Indexación	Entre otras, se encuentra indexada en las bases de datos Latindex, Dialnet, Iresie (Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa), ISOC, Psychological Abstracts, e-psyche.
Proceso de Revisión	Revisión por doble ciego
Consejo asesor	Ver anexo 2
Artículos publicados	La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de apertura (trabajo 24). Optimización metodológica de entornos telemáticos cooperativos (BSCW y Synergeia) como recursos didácticos de la química en la producción de hipermedia (trabajo 22). El certificado de aceptación para su publicación se encuentra en el anexo 3.

Tabla 13. Índice de impacto y criterios de calidad de la revista Educación en Química.

Nombre	Educación Química
ISSN	0187-893X
Editor	Facultad de Química de la UNAM (México)
Breve descripción	Revista publicada por la Universidad Nacional Autónoma de México, dirigida a toda Iberoamérica, con el fin de mejorar la enseñanza de la Química.
Ámbito de difusión	Internacional
Tirada	1000 ejemplares
Periodicidad	Trimestral
Idioma	Español e inglés
Resúmenes	En inglés
Página web	http://www.fquim.unam.mx/sitio/edquim/index.html
Índice de impacto	<ul style="list-style-type: none"> • CARHUS (2005): Categoría D • IDCS (2005): 1,4961
Indexación	Entre otras, se encuentra indexada en las bases de datos Latindex, Dialnet. La revista se encuentra registrada y sus artículos aparecen indexados en el <i>Chemical Abstracts</i> bajo el coden EUQUIM.
Proceso de Revisión	Revisión por doble ciego
Consejo editorial I	Ver anexo 2
Artículos publicados	Recursos didácticos audiovisuales en la enseñanza de la química: Una perspectiva histórica (trabajo 1).

Tabla 14. Índice de impacto y criterios de calidad de la revista Quark.

Nombre	Quark
ISSN	1575-376X
Editor	Editorial SM
Breve descripción	La revista Quark, dirigida al profesorado de Física y Química de secundaria, se define como "El lugar idóneo para publicar tus trabajos: investigaciones, experiencias didácticas, artículos de opinión..."
Ámbito de difusión	Nacional
Tirada	Distribución electrónica
Periodicidad	No periódica
Idioma	Español
Resúmenes	Ninguno
Página web	http://www.fg.profes.net/apieaula.asp
Índice de impacto	No aparece en la bases de datos del INRECS, del CARHUS o del CINDOC, ni dispone de ICDS. La revista tiene una antigüedad inferior a seis años
Indexación	No aparece recogida en ninguna base bibliométrica
Proceso de Revisión	"Los trabajos serán revisados por otros profesores especialistas, que podrán sugerir mejoras al autor"
Consejo editorial	n.d.
Artículos publicados	Synergeia: Adaptación del BSCW al mundo educativo (trabajo 12). BSCW: Trabajo cooperativo <i>on-line</i> en la clase (trabajo 8).

Tabla 15. Índice de impacto y criterios de calidad de la revista Química e Industria.

Nombre	Química e Industria
ISSN	0033-6521
Editor	Asociación Nacional de Químicos de España (Anque) y el Consejo General de Colegios Oficiales de Químicos
Breve descripción	Revista del sector de la industria química en la que se publican artículos sobre las siguientes temáticas: industria química, investigación y desarrollo en tecnología química, la historia y la docencia de la química y nuevas tecnologías, como la ingeniería ambiental, la tecnología de alimentos y la biotecnología.
Ámbito de difusión	Internacional
Tirada	15000 ejemplares
Periodicidad	Mensual
Idioma	Español
Resúmenes	En español e inglés
Página web	http://www.anque.es/index.php?t=1&f=revista
Índice de impacto	n.d.
Indexación	Dialnet, Latindex, Chemical Abstracts, Geological Abstracts, GeoRef, ICYT, Pascal, IATA
Proceso de Revisión	Consejo de redacción
Consejo de redacción	Ver anexo 2
Artículos publicados	Análisis volumétrico del agua del grifo: Cinco experiencias para la enseñanza secundaria post-obligatoria (trabajo 25).

Tabla 16. Índice de impacto y criterios de calidad de la revista Anales de la RSEQ

Nombre	Anales de la Real Sociedad Española de Química (Anales RSEQ)
ISSN	1575-3417
Editor	Real Sociedad Española de Química
Breve descripción	Anales de la RSEQ tiene por finalidad divulgar entre la comunidad de químicos españoles y de otros países de habla hispana los conocimientos de Química tanto a nivel universitario como en la enseñanza secundaria. Publica artículos científicos de revisión de temas específicos de interés escritos por autores españoles y de habla hispana expertos en ese campo concreto (sección de ciencia). Igualmente, la revista publica artículos de interés para los profesionales de la enseñanza secundaria, tanto prácticos como de opinión (sección de aula y laboratorio).
Ámbito de difusión	Internacional
Tirada	n.d.
Periodicidad	Trimestral
Idioma	Español
Resúmenes	Ninguno
Página web	http://www.rseq.org/ultinum.htm
Índice de impacto	n.d.
Indexación	Dialnet, Latindex, ICYT, Revicien
Proceso de Revisión	Consejo de redacción
Comité Editorial	Ver anexo 2
Artículos publicados	Recursos didácticos informáticos en la enseñanza de la química: Una perspectiva histórica (trabajo 2).

Tabla 17. Índice de impacto y criterios de calidad de la revista Funció Publicació

Nombre	Funció Publicació
ISSN	0214-0020
Editor	Secretaria d'Administració i Funció Pública de la Generalitat de Catalunya (España)
Breve descripción	Revista gratuita dirigida a los trabajadores y funcionarios de la Generalitat.
Ámbito de difusión	Autonómico (Cataluña)
Tirada	140000 ejemplares y distribución electrónica
Periodicidad	Trimestral
Idioma	Catalán
Resúmenes	Ninguno
Página web	http://www10.gencat.net/pls/gov_publicacions/p30.en.linia?codi_pub=207&p_enlinia=1
Índice de impacto	n.d.
Indexación	Cartoteca de Catalunya
Proceso de Revisión	Consejo de redacción
Consejo de redacción	Ver anexo 2
Artículos publicados	Synergeia: aprenentatge cooperatiu en línia a les escoles (trabajo 7).

Tabla 18. Índice de impacto y criterios de calidad de la revista *Ciències*

Nombre	<i>Ciències</i>
ISSN	1699-6712
Editor	<i>Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica (CRECIM) Universitat Autònoma de Barcelona con el soporte del Departament d'Educació Generalitat de Catalunya.</i>
Breve descripción	Revista dirigida al profesorado de ciencias experimentales de primaria y secundaria de Cataluña.
Ámbito de difusión	Autonómico (Cataluña)
Tirada	Distribución electrónica
Periodicidad	Trimestral
Idioma	Catalán
Resúmenes	En catalán
Página web	http://antalya.uab.es/crecim/revista_ciencies/revista/index.htm
Índice de impacto	No aparece en la bases de datos del INRECS, del CARHUS o del CINDOC, ni dispone de ICDS. La revista tiene una antigüedad inferior a seis años
Indexación	La revista está indexada en las bases de datos RACO (<i>Revistes Catalanes amb Accés Obert</i>) y DDD-UAB (Depósito Digital de Documentos de la Universitat Autònoma de Barcelona).
Proceso de Revisión	Consejo de redacción
Consejo de redacción	Ver anexo 2
Artículos publicados	Una experiència amb entorns telemàtics cooperatius a la classe de química (trabajo 15).

Tabla 19. Características del capítulo de libro correspondiente al trabajo 11.

Editorial	Educación Editora (Vigo)
Breve descripción	Es una editorial centrada en la edición a través de la red de libros de investigación, reflexión o innovación educativa. Su finalidad principal es contribuir a la mejora educativa dando a conocer las reflexiones, innovaciones ó investigaciones a la comunidad de profesores e investigadores. Todo el proceso de revisión, edición y publicación se realiza vía correo electrónico y a través de la red, permitiendo de esta manera agilizar la edición, y que un amplio público pueda acceder de manera rápida y gratuita a las publicaciones.
Página web	http://webs.uvigo.es/educacion.editora/
Libro	Experiencias innovadoras de utilización de las NTIC en actividades prácticas de ciencias
ISBN	978-84-690-4622-7
Editor	Pedro Membiela
Capítulo publicado	Trabajo telemático cooperativo en Ciencias (trabajo 11).
Autores	Anna Llitjós, Miquel Colomer, Paloma García, Gregorio Jiménez, Antoni Miró, Maria Cristina Sanz, Manel Puigcerver

Tabla 20. Características del V Taller Internacional de la Enseñanza de la Química.

Congreso	V Taller Internacional de la Enseñanza de la Química http://www.fq.uh.cu/investig/qieg/taller1circular.htm
Organización	Facultad de Química, Universidad de La Habana (Cuba)
Fecha	5-8 Noviembre 2003
Lugar	Ciudad de La Habana (Cuba)
Proceso de revisión	Comité Organizador
Comité Organizador	Ver anexo 2
Participación	Comunicación oral: Aplicación de un entorno telemático para el trabajo cooperativo en la enseñanza de la química (trabajo 9).

Tabla 21. Características de los XXI Encuentros sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Congreso	XXI Encuentros sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales http://www.sc.ehu.es/tewcdce
Organización	APICE y Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales de la Universidad del País Vasco.
Fecha	8-10 Septiembre 2004
Lugar	Donostia
Proceso de revisión	Revisión por doble ciego
Comité Científico	Ver anexo 2
Participación	Póster: Entornos telemáticos interactivos para el trabajo cooperativo en los ciclos formativos de grado superior de la familia de química (trabajo 17).

Tabla 22. Características del VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias.

Congreso	VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/htm/aa.htm
Organización	Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat de València, Universidad de Granada.
Fecha	7-10 Septiembre 2005
Lugar	Granada
Proceso de revisión	Revisión por doble ciego
Comité Científico	Ver anexo 2
Participación	Comunicación oral: Entornos telemáticos para el trabajo cooperativo en los ciclos formativos de grado superior de la familia de química (trabajo 16).

Tabla 23. Características del congreso 2ª presentación de licencias de estudio.

Congreso	2ª presentación de licencias de estudio retribuidas. Curso 2004-05
Organización	<i>Subdirecció General de Formació Permanent i Recursos Pedagògics (Departament d'Educació - Generalitat de Catalunya).</i>
Fecha	15 de marzo de 2006
Lugar	Barcelona
Proceso de revisión	n.d.
Comité Científico	n.d.
Participación	Comunicación oral: BSCW i Synergeia: dos entorns telemàtics gratuïts per al treball cooperatiu <i>on line</i> . Aplicació a la didàctica de la química (trabajo 18).

Tabla 24. Características de los XXII Encuentros sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Congreso	XXII Encuentros sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales http://wzar.unizar.es/actos/edce/presenta.html
Organización	APICE y Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Zaragoza.
Fecha	13-16 Septiembre 2006
Lugar	Zaragoza
Proceso de revisión	Revisión por doble ciego
Comité Científico	Ver anexo 2
Participación	Comunicación oral: Producción de materiales hipermedia sobre el agua en entornos telemáticos cooperativos (trabajo 6).

2

Recursos didácticos audiovisuales e informáticos: evolución hasta los entornos telemáticos cooperativos

- 2.1.Trabajo 1
- 2.2.Trabajo 2
- 2.3.Trabajo 3



Actualmente nos parece imposible pensar que un docente sólo se limite a sus explicaciones orales en sus clases, prescindiendo de cualquier recurso didáctico (o medio de enseñanza). Aunque para algunos autores hasta la propia voz del docente sería un recurso didáctico (Reiser y Gagné, 1983), comúnmente asociamos la idea de recurso didáctico a un objeto físico. Área (2004) entiende un recurso didáctico como *"un objeto físico que vehicula información codificada mediante formas y sistemas de símbolos que proporcionan al sujeto una determinada experiencia de aprendizaje"*. Escudero (1983) habla de *"recurso tecnológico que articula en un determinado sistema de símbolos ciertos mensajes con propósitos instructivos"* para referirse a los recursos didácticos. En la definición de Escudero, los recursos didácticos no se limitan únicamente a objetos físicos y, es que, por ejemplo, los ordenadores personales son soportes físicos que, sin el software adecuado, tienen un escaso valor como recurso didáctico. Para ambos autores, sin embargo, en un medio de enseñanza debe existir algún sistema simbólico según el cual el recurso didáctico representa otra realidad diferente a la de él mismo, que comunica una información y que está creado con una finalidad instructiva. Area (2004) ha clasificado los recursos didácticos según el soporte tecnológico y sistema simbólico de representación de la información predominante en el mismo (tabla 25).

Tabla 25. Tipos de recursos didácticos.

Manipulativos: pertenecen a esta categoría los objetos y los recursos reales (minerales, microscopios, animales, plantas, pelotas, cuerdas, etc.) y los recursos manipulativos simbólicos (juegos, juguetes, figuras geométricas, modelos moleculares, etc.).

Textuales: en esta categoría se incluyen todos los recursos que utilizan principalmente códigos verbales como sistema simbólico predominante, apoyados en representaciones simbólicas. Aunque actualmente el significado de "textual" va más allá del papel como soporte físico, ya que también incluye soportes como los monitores de un ordenador, se consideran recursos didácticos textuales los producidos en papel impreso (guías didácticas y solucionarios para el profesorado, libros de texto para el alumnado, carteles, cómics, etc.).

Visuales: recursos que codifican sus mensajes principalmente a través de representaciones icónicas. La imagen es, por tanto, la principal modalidad simbólica a través de la cual presentan el conocimiento. Pueden estar acompañados de sonido. Ejemplos de este tipo de recursos: la televisión, el vídeo, el proyector de diapositivas, el retroproyector, las películas...

Auditivos: recursos y materiales que utilizan el sonido como modalidad de codificación predominante. La música, la palabra real o los sonidos de la naturaleza representan algunos de los códigos más habituales a través de los cuales se presentan los mensajes en este tipo de recursos. Ejemplos: la radio, el casete, el reproductor de mp3...

Informáticos/Digitales: caracterizados porque posibilitan desarrollar, utilizar y combinar indistintamente cualquier modalidad de codificación simbólica de la información. A esta categoría pertenece no sólo el ordenador (hardware) sino también el software, la telemática e Internet y otras tecnologías, agrupadas bajo la denominación genérica de TICs.

¿Por qué los recursos didácticos son tan importantes en la enseñanza? Area (2004) propone estas razones:

1. *Los recursos didácticos son uno de los componentes sustantivos de la enseñanza.*
En todo proceso docente los recursos didácticos se configuran como uno de los elementos de este proceso, puesto que interaccionan con el resto de componentes curriculares (objetivos, contenidos, competencias básicas, actividades de evaluación) condicionando y modulando la prefiguración de ellos.
2. *Los recursos didácticos son parte integrante de los procesos comunicativos que se dan en la enseñanza.*
Los recursos didácticos son los canales a través de los cuales se ponen en contacto el profesor y sus estudiantes, y entre los propios estudiantes, condicionando los mensajes y las relaciones que se establecen entre ellos.
3. *Los recursos didácticos ofrecen al estudiante experiencias de conocimiento difícilmente al alcance por la lejanía en el tiempo o en el espacio, por ejemplo.*
Los recursos didácticos permiten acceder a sucesos, fenómenos o situaciones ocurridas en la antigüedad o en lugares remotos. Un vídeo sobre la toma de muestra de unas aguas en una depuradora industrial o sobre el funcionamiento interno de un espectrofotómetro de absorción molecular está propiciando que el alumnado acceda a realidades que difícilmente podría conocer.
4. *Los recursos didácticos potencian actividades intelectuales en los estudiantes.*
La obtención de conocimiento a través de los recursos didácticos exige en los estudiantes la decodificación de los mensajes representados. Cada recurso, por la naturaleza de su sistema simbólico, por su manera de representación y estructuración de los mensajes, exige que el alumnado active diferentes estrategias y operaciones cognitivas para que el conocimiento que ofrece sea comprendido, almacenado significativamente y posteriormente recuperado y utilizado.
5. *Los recursos didácticos son, además, un vehículo expresivo para comunicar las ideas, sentimientos, opiniones de los estudiantes.*
Los recursos didácticos no sólo permiten acceder a realidades, situaciones o conceptos nuevos, sino que también posibilitan a los estudiantes manifestarse y expresar sus conocimientos, actitudes y sentimientos. Un proceso docente que combine diferentes formas de representación del conocimiento a través del uso de diferentes modalidades de codificación enriquece las posibilidades expresivas de nuestro alumnado a la vez que incrementa sus habilidades cognitivas en relación a los procesos docentes en los que no existe esta combinación de diferentes formas de representación del conocimiento.
6. *Los recursos didácticos pueden mantener estable e inalterable la información.*
Los recursos didácticos pueden conservar permanentemente la información y el conocimiento que de ellos se extrae. Frente a la palabra oral, el recuerdo humano o la vivencia de situaciones, los recursos didácticos permiten acceder, siempre que se desee, a mensajes, conceptos, situaciones, sentimientos... que han quedado registrados en sus páginas, CD-ROM o ficheros informáticos.
7. *En los centros educativos, los recursos didácticos no sólo han de ser recursos para facilitar el aprendizaje, sino que tienen que convertirse en objeto de conocimiento para los estudiantes.*
El último argumento para justificar la importancia y el interés que tienen los recursos didácticos, especialmente los digitales (TICs), es que, como se ha comentado anteriormente, las TICs forman parte de los currículos oficiales y, por tanto, han de convertirse en objeto de estudio para los estudiantes, de una manera integrada o explícita.

A continuación, y como paso previo al estudio de la optimización metodológica de los entornos BSCW y Synergeia, se presentan tres trabajos relacionados con la evolución histórica de los recursos didácticos audiovisuales y digitales (informáticos) hasta los entornos telemáticos cooperativos. En estos tres trabajos, tal y como se indicó en su presentación, se describen los primeros usos documentados en la enseñanza de la química de diferentes recursos didácticos. Antes, sin embargo, convendría aclarar que el comentario que se hace de la palabra *groupware* en el trabajo 3 ("software que facilita el aprendizaje cooperativo *on-line*") será objeto de una detallada explicación en la sección 4.3 de esta memoria.

Recursos didácticos audiovisuales en la enseñanza de la química: una perspectiva histórica

Gregorio Jiménez-Valverde*; Anna Llitjós-Viza

Abstract (Audiovisual teaching aids in chemical education: a historical perspective)

This article consists on a historical review of the first uses of the most important audiovisual teaching aids in chemical education: radio, tape recorder, slides, projectors, microforms, films, television, video-tapes, video-discs and multimedia. The article concludes with a summarization of the effects these teaching aids have had on instructional practices, and a prediction regarding the effect Information and Communication Technologies will have on such practices over the next years.

Internet, DVD, mp3, multimedia, etc. son términos relativamente nuevos pero que ya forman parte de nuestro vocabulario y, lejos de ser ajenas al mundo educativo, estas herramientas son usadas habitualmente por el profesorado de química como recursos didácticos en sus clases, puesto que las posibilidades que ofrecen son múltiples y muy potentes, especialmente los telemáticos (Tissue, 1996). Las tecnologías de la información y comunicación (TICs) han logrado integrar los recursos audiovisuales clásicos, aunque éstos siguen siendo utilizados de manera autónoma. Olvidemos por un momento la Sociedad del Conocimiento y echemos la vista atrás para hacer un repaso histórico a los recursos audiovisuales utilizados en la didáctica de la química durante el siglo pasado y que constituyen los precursores de algunas de las nuevas tecnologías. Describiremos y dataremos los primeros usos documentados, en la didáctica de la química, de los siguientes recursos audiovisuales: radio, grabadoras de audio, diapositivas, proyectores, microfilms, cámaras de fotografía, películas (16 mm y 8 mm), televisión, vídeo-cassettes, vídeo-discos y multimedia. Para una revisión crítica de los recursos didácticos actuales en la enseñanza de la química, el lector puede consultar a Llitjós *et al.* (1997) y si lo que se desea es volver la vista atrás hasta el siglo XIX, el lector queda invitado a consultar el artículo escrito por Williams (1996) en donde describe cuatro recursos didácticos (no audiovisua-

les, obviamente) usados a mediados del siglo XIX en la didáctica de la química.

Recursos auditivos

En 1924, Killifer (1924) describe el primer uso didáctico de la radio en la enseñanza de la química. En concreto, se trataban de charlas sobre temas de química (colorantes, petróleo, cuero, nutrición...), de unos 10-15 minutos de duración, que se emitían dentro de programas de variedades en los que también había cabida para música, noticias y concursos. Killefer no sería el único en dejar constancia del uso de la radio en la didáctica de la química puesto que, años más tarde, Snell y Snell (1936) explican su experiencia sobre el programa radiofónico "Science in Your Home" en la que los oyentes formulaban sus preguntas por teléfono y recibían la respuesta a través de sus transistores. Más adelante aumentaría el número de programas radiofónicos dedicados a la enseñanza de la química ("The World is Yours", "Adventures in Science", "Hayden Planetarium", "Science Forum" o "Science in the News", por citar algunos) que se emitían en diferentes horarios y dirigidos tanto para jóvenes estudiantes como para adultos (Elder y Bartlett, 1941).

En el año 1956 se describe, por primera vez, un uso didáctico a la grabadora de audio (Burrt, 1956). En este artículo, Burrt explica su experiencia docente utilizando una grabadora para grabar sus propias clases de Radioquímica y del éxito que tiene este sistema entre sus estudiantes, ya que luego pueden ir a su despacho a escuchar de nuevo la grabación y completar sus apuntes. El autor indica que es igualmente efectivo con los estudiantes que no pudieron asistir a su clase, ya que en la grabación el profesor procura que también quede patente la información visual generada durante la clase, especialmente lo escrito en la pizarra. Para la instrucción del laboratorio, habría que esperar hasta el 1964 cuando Lagowski (1966) explica la investigación que, sobre el uso de las grabaciones auditivas en el laboratorio, ha realizado. En concreto se trata de una grabación magnetofónica sobre cómo deben los estudiantes utilizar una balanza analítica. Curiosamente, tal y como veremos más adelante, el uso de la balanza analítica mereció igualmente especial atención tanto para las películas como para la televisión, puesto que estos dos recursos audiovisuales se centran, en sus primeras aplicaciones, en el uso de la balanza analítica.

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y la Matemática. Universidad de Barcelona. Paseo de la Vall d'Hebron, 171. Edificio Llevant 08035 - Barcelona. España.

Correo electrónico: gjimene2@xtec.net; anna.llitjos@ub.edu

Recibido: 18 de marzo de 2005; aceptado: 8 de julio de 2005.

Recursos audiovisuales: imagen fija

Aunque se venían usando con anterioridad según el propio autor explica, en 1929 Taft (1929) publica un artículo sobre un sistema de proyección en pantalla que usa en sus clases de química. Este sistema de proyección es un precursor de los actuales proyectores y recibía el nombre de “Balopticon”. En función del modelo usado, el “Balopticon” permite proyectar tanto diapositivas como pequeños objetos opacos que pueden permitir al profesorado proyectar diferentes experimentos.

Filliger (1931) describe varios experimentos que pueden llevarse a cabo con la ayuda de estos proyectores. Por ejemplo, describe una experiencia en la que se pone de manifiesto la diferencia del grado de ionización de tres ácidos (clorhídrico, fosfórico y acético) cuando se añade cada uno de estos tres ácidos, en idéntica concentración, a tres cápsulas de Petri con cantidades iguales de mármol. La diferente evolución del dióxido de carbono generado indica velocidades de reacción diferentes y, por tanto, grados de ionización distintos. En un experiencia similar del mismo autor en la que se desea mostrar al alumnado la influencia del tamaño de partícula en la velocidad de reacción, se añade ácido clorhídrico sobre diferentes vidrios de reloj situados sobre el proyector y que contienen zinc de diferente tamaño de partícula, desde zinc en polvo a zinc granulado. Filliger reporta una notable mejora de la visualización de estas reacciones por parte de todos sus estudiantes, especialmente de los que están situados al final del aula.

En esta misma época empiezan a aparecer artículos que describen cómo realizar diapositivas, como el que escribió Wilson (1931) sobre cómo crear baratas diapositivas con texto a partir de celofán o la exhaustiva revisión que hizo Alyea (1939) sobre cómo crear y exponer diapositivas. Más adelante, las diapositivas serían usadas conjuntamente con cintas de audio, por ejemplo, para asistir a los estudiantes con el tratamiento de datos en las prácticas de laboratorio (Barry y Carter, 1972). En 1971, Hubinger y Schultz (1971) describen un método visual que combina dos proyectores de diapositivas sincronizados, de tal manera que cuando en un proyector se está haciendo el intercambio de diapositivas, el otro ya está mostrando su diapositiva en la misma pantalla: con esto se consigue crear secuencias animadas sin las pausas que los proyectores de diapositivas generan al pasar de una diapositiva a otra. Según la propia experiencia de los autores, este acoplamiento sincronizado de dos proyectores de diapositivas es especialmente útil para ilustrar determinados conceptos dinámicos o espaciales, como las polarizaciones progresivas de las fuerzas de London o mecanismos de reacción tridimensionales.

En 1975, Carraher (1975) describe una curiosa fusión de las diapositivas con otro recurso audiovisual: el cómic. Para

este autor, un buen método para introducir algunos conceptos químicos en clase consiste en elaborar diapositivas utilizando personajes de cómics, para llamar la atención y despertar el interés del alumnado. Así, por ejemplo, para el tema de Termodinámica, el autor creó diapositivas con las imágenes del Hombre Energía o los Gemelos Entropía (Orden y Desorden).

A pesar de que ya habían aparecido artículos que describían diferentes aparatos ópticos para realizar determinadas proyecciones, como el mencionado “Balopticon” o una modificación de un “Delineascope” para hacer demostraciones de la actividad óptica de sustancias (Noller, 1949), no hubo que esperar mucho para que apareciera un artículo en donde sí se hablaba de los proyectores *estándar* como recurso didáctico (Slabaugh, 1951). Slabaugh en su artículo ofrece una serie de experimentos que se pueden llevar a cabo en una cápsula de Petri encima de un proyector: la electrólisis del agua, la acción de parejas de metales, aspectos cualitativos de la actividad óptica o la fuerza relativa de ácidos. Este último experimento consiste en colocar encima de un proyector cinco cápsulas de Petri en las que se ha depositado soluciones diluidas de ácido clorhídrico, sulfúrico, acético, cítrico y bórico. Cuando se añade pequeñas cantidades de zinc en cada cápsula de Petri se puede deducir fácilmente la actividad relativa de cada ácido a partir de la cantidad de burbujas de hidrógeno que aparecen en cada cápsula. De todos modos, la experiencia más llamativa descrita por Slabaugh quizá sea la simulación del movimiento aleatorio de las moléculas de gas, según la teoría cinético-molecular. Para realizarlo, se toma una docena de trozos de sodio metálico, de aproximadamente 2 mm de diámetro y se depositan en un cristalizador que contiene una pequeña cantidad de agua y que está situado encima del proyector. El grado de actividad de la reacción hace que el metal vaya reaccionando con el agua y que tome una forma esférica viajando a una velocidad de 10 a 20 cm/s sobre la superficie del agua. En los extremos del cristalizador, el menisco del agua actúa como barrera y hace que el globo de sodio retroceda con un ángulo de reflexión aparentemente igual al ángulo de incidencia. La estela de la turbulencia causada por este movimiento deja un rastro del camino que sigue la esfera metálica, pero esta estela rápidamente desaparece de tal manera que la mayor parte de la superficie del agua permanece en reposo. La presencia de fenolftaleína en el agua produce una estela muy coloreada que añade espectacularidad al experimento.

Posteriormente, se describirían otros usos didácticos de los proyectores, como una curiosa adaptación de un proyector para ser colocado encima de un pH-metro para poder de esa manera proyectar la señal generada (Hoff, 1964). Rápidamente, los proyectores se convierten en recursos muy

utilizados (Alyea, 1962; Walker, 1964) y se publican artículos con gran cantidad de información sobre los tipos de proyectores disponibles y su uso en la enseñanza de la química (Barnard, 1968a).

Las microformas (nombre genérico que reciben todos los sistemas que utilizan micro imágenes) fueron igualmente utilizadas en el campo de la educación química. Tenemos constancia de su uso en un artículo de 1969, en donde Barnard (1969) analiza el uso de microfilms como sistema de almacenaje y posterior consulta de gran cantidad de espectros químicos.

Acabamos este apartado haciendo mención a una curiosa aplicación de la fotografía en la didáctica de la química: se trata del primer uso documentado de las hoy famosas cámaras de fotografiar Polaroid. Hausser (1949), en su artículo, detalla el montaje necesario y el procedimiento a seguir para acoplar una cámara Polaroid a un microscopio y los usos didácticos que esta combinación puede tener.

Recursos audiovisuales: imagen en movimiento

La primera referencia que hemos encontrado al uso de películas en la didáctica de la química data del año 1941 (Durban, 1941). Se trata de una película de 16 mm sin sonido sobre cómo utilizar una balanza analítica y que, a juicio del autor, presentaba tres ventajas sobre el modelo tradicional de enseñanza: acortaba el tiempo necesario para que los estudiantes manejasen correctamente una balanza, incrementaba la eficacia de la explicación sobre cómo usar la balanza y, por último, hacían más interesante para el alumnado el estudio del análisis cuantitativo. Pronto aparecerían más películas para la enseñanza de la química (Slaugh, 1959).

En el año 1956 se usó por primera vez la televisión para transmitir clases de química en circuito cerrado de televisión (Smith, 1956). Este artículo describe la experiencia de la Universidad de Park (Pensilvania), sobre la puesta en marcha de un circuito cerrado de TV en un curso de química general y trata aspectos como el equipamiento audiovisual utilizado, la organización de los alumnos, la preparación del profesorado como “actores” y el equipo técnico. El proyecto fue evaluado positivamente y pronto surgieron nuevas experiencias televisivas para las clases teóricas de química (Glemser, 1958).

La primera clase práctica emitida por circuito cerrado de televisión vuelve a ser el uso de una balanza analítica (Hayes *et al.*, 1958). En otros casos, la televisión se utilizaba para mostrar al alumnado instrumentos químicos situados en laboratorios de investigación a los cuales no podían acceder (Kenney *et al.*, 1960).

El potencial educativo que ofrecía la televisión no pasó desapercibido y años más tarde, cuando la tecnología lo permitió, se grababan clases en vídeo-cassettes (Barnard *et*

al., 1968a). Cuatro años antes ya se habían usado los vídeo-cassettes como mejora en las transmisiones en directo de algunas clases, pero no como método para grabar íntegramente una clase y posterior reproducción (Brasted, 1964). Se empieza a hablar de “modern chemistry classrooms” (Barnard *et al.*, 1968b) como aulas en donde se combina el uso de proyectores, diapositivas, grabadoras de audio, televisión, vídeo-cassettes y películas, incluyendo el nuevo formato de 8 mm (Barnard, 1968b), y proliferan los artículos que hacen referencia a técnicas avanzadas de producción de películas o de emisiones televisivas (Barnard y Tressel, 1969) y nuevas películas, videocassettes o audio-diapositivas para la enseñanza de la química (Douville y Schlessinger, 1980). De hecho, la gran utilidad de los recursos audiovisuales ha favorecido que algunos profesores elaboren sus propios materiales audiovisuales (Llujós *et al.*, 1994).

En 1984 aparecen los vídeo-discos en la enseñanza de la química (Russell, 1984). Russell compara el uso de las cintas de video en la instrucción en el laboratorio con el uso de vídeo-discos. Explica la diferencia entre uno y otro sistema mediante una analogía, según la cual la diferencia entre los vídeo-discos interactivos y las cintas de vídeo es la misma que la diferencia que hay entre la instrucción asistida por ordenador y un libro de texto: el estudiante se ve más inmerso en el proceso de aprendizaje. En el artículo también se citan las ventajas que ofrece la instrucción pregrabada de una experiencia de laboratorio:

1. La demostración (experimento) siempre sale bien.
2. Se sabe con exactitud cuánto tiempo durará el experimento.
3. Se puede reducir drásticamente el tiempo de un experimento, ofreciendo de manera seguida un “antes” y un “después” que pueden estar muy separados en el tiempo.
4. Las demostraciones que suceden en pequeña escala, pueden ser amplificadas utilizando la técnica del *zoom*.
5. Las demostraciones grabadas de experimentos peligrosos no guardan ningún tipo de peligro.

Smith y Jones (1989) indican, además, la ventaja que supone el poder estudiar fenómenos químicos que suceden demasiado rápidos como para ser estudiados a tiempo real utilizando la cámara lenta (por ejemplo, la explosión de pólvora). Nosotros añadiríamos una última ventaja: la instrucción pregrabada favorece los aspectos de sostenibilidad, puesto que no hay consumo de productos químicos ni desgaste de los materiales o instrumentos utilizados.

La tecnología audiovisual con las tecnologías informática y telemática

A finales de la década de los 80 la tecnología audiovisual se fusiona con la tecnología informática: los ordenadores pue-

den ser usados para generar algunas de las mismas imágenes que aparecen en los libros con la ventaja añadida de ser interactivos y de poder responder de manera diferenciada a cada estudiante. Los ordenadores ya son capaces de generar algo más que líneas rectas y los gráficos sencillos empiezan a ser reemplazados por gráficos digitalizados, aunque los equipos informáticos no son aún lo suficientemente potentes como para integrar el vídeo (Smith y Jones, 1989).

A principios de 1993, la tecnología informática permite ya integrar vídeo a pantalla completa gracias, en especial, a los avances en las tarjetas de vídeo de los PCs (Whitnell *et al.*, 1994). Se pueden crear presentaciones que conjugan vídeos, texto, gráficos y sonido... es el inicio de la multimedia. Para Salinas (1996) "multimedia se refiere normalmente a vídeo fijo o en movimiento, texto, gráficos, audio y animación controlados por un ordenador [...] es la combinación de hardware, software y tecnologías de almacenamiento incorporadas para proporcionar un entorno multisensorial de información". Los sistemas multimedia, flexibles y asociados a la idea de interacción, comienzan a ser utilizados en la didáctica de la química, llegándose a hablar incluso de un cambio en la enseñanza de la química, catalizado por la tecnología multimedia (Jones y Smith, 1993). Un material multimedia técnicamente excelente no tiene por qué ser un buen material didáctico multimedia y, de hecho, muchos de los primeros materiales multimedia que se crearon para la docencia partían de libros, o de enciclopedias, que se troceaban para crear una interactividad a partir de los mismos documentos escritos, ejercicios e ilustraciones (Llitjós, 2000). Se editan guías y se publican artículos con pautas para el correcto diseño didáctico de material multimedia (Robinson, 2004). Se estudia, incluso, el uso conjugado de la tecnología multimedia con el aprendizaje cooperativo (Pence, 1993) con resultados positivos y se integra la tecnología multimedia con el hipertexto, creando hipermedia (Tissue, 1996). Debido a que los materiales hipermedia no están constreñidos a la linealidad, los estudiantes tienen la oportunidad de elegir los enlaces y, en consecuencia, los itinerarios que más les puedan interesar y esta libertad de elección favorecerá la individualización del proceso de aprendizaje. Incluso se describen experiencias de hipermedia cooperativo (Jiménez y Llitjós, 2005), en las que estudiantes de diferentes promociones académicas son capaces de cooperar en el tiempo a través de enlaces hipertexto en materiales multimedia creados por ellos mismos.

Algunos de estos programas informáticos multimedia ayudan a establecer relaciones entre los tres niveles de representación de la materia: macroscópico, microscópico y simbólico, ya que el alumnado puede observar simulaciones de fenómenos químicos, a distintas escalas, en especial la microscópica (Calcaterra *et al.*, 2005).

Según Prendes y Fernández (2001), existen dos tipos de multimedia según el soporte: multimedia en soporte físico y en línea. Las aplicaciones multimedia en soporte físico (*off-line*) corresponden, básicamente, a los CD-ROM y DVD y tienen gran impacto en la didáctica de la química porque, por primera vez, permiten la simulación de actividades de laboratorio en ordenadores (Clark, 1997) y porque permiten proyectar en las pantallas del aula imágenes y vídeos de alta calidad sobre diferentes temas de química (Illman, 1994). El soporte en línea corresponde a la fusión de la tecnología audiovisual con la tecnología telemática (Internet). Con los primeros navegadores y las conexiones de banda estrecha, las aplicaciones multimedia en soporte en línea iniciales se limitan a visualización de imágenes fijas o pequeños archivos de vídeo de baja resolución (Tissue *et al.*, 1995). En estos momentos el soporte en CD-ROM ofrece todavía mayor velocidad de transferencia de datos, pero las aplicaciones multimedia (e hipermedia) en Internet ya ofrecen ventajas sobre los soportes físicos: rapidez de actualización de contenidos, menos costes de distribución, acceso al material en cualquier momento y desde cualquier lugar con cobertura telefónica (Tissue, 1996). Con la llegada de las conexiones de banda ancha, que permiten distribuir vídeo a tiempo real con mayor calidad, el potencial educativo que ofrece la tecnología multimedia aumenta y no es difícil encontrar cursos a distancia (Boschmann, 2003), laboratorios virtuales (Martínez-Jiménez *et al.*, 2003) o páginas web con soporte hipermedia para la visualización de nano-materiales o modelos moleculares en tres dimensiones (Ong *et al.*, 2000; Thomas *et al.*, 2001).

Conclusión

A lo largo del siglo XX hemos podido observar una vertiginosa evolución en los recursos audiovisuales utilizados por el profesorado de química. El uso de algunos de ellos no ha dejado de ser puntual, como las microformas o el videodisco, debido a que han sido superados rápidamente por tecnologías posteriores, como el CD-ROM o el DVD. Otros recursos, como la radio y las películas, han quedado igualmente obsoletos, pero han tenido una vida útil más larga debido a que, al ser más antiguos, la tecnología que los superó tardó más tiempo en ser creada, como la televisión. En cambio, el vídeo, a pesar de ser superado en prestaciones por el DVD o el CD-ROM o de estar integrado en contenidos telemáticos, actualmente sigue siendo utilizado ampliamente de manera autónoma en la enseñanza de la química.

Una de las principales conclusiones que podemos extraer a la vista de la historia de los recursos audiovisuales es que la expectación que han creado los primeros usos de estos recursos no ha sido generalmente correspondida con el alcance que tuvieron éstos. Cuando se introduce un nuevo

recurso didáctico en las escuelas, existe un gran interés inicial y mucho entusiasmo sobre los efectos que éste pudiera tener sobre la práctica educativa. Sin embargo, este entusiasmo e interés se va difuminando con el tiempo y finalmente el recurso didáctico innovador acaba teniendo poco impacto en la práctica educativa. Por ejemplo, en 1913, Edison proclamaba que “los libros pronto quedarán obsoletos en las escuelas... Es posible enseñar cualquier rama del conocimiento humano con películas. Nuestro sistema escolar cambiará completamente en los próximos diez años” (citado por Saettler, 1968). La predicción de Edison fue, sencillamente, incorrecta, ya que los cambios que él predijo no tuvieron lugar. La misma suerte corrieron los vaticinios entusiastas de algunos expertos audiovisuales cuando afirmaron, a principios de los años 30, que la radio revolucionaría la educación (Reiser, 2001). Contrariamente a estas predicciones, la radio tuvo un impacto muy pequeño en la educación (Cuban, 1986).

En cuanto a la televisión, a partir de la segunda mitad de los años 60 empezó a disminuir el interés de ésta en el mundo educativo. Muchos de los usos didácticos de la televisión, en sus primeros años, eran de una mediocre calidad educativa, ya que la mayor parte de programas consistían en la emisión de una clase magistral (Reiser, 2001).

A pesar del escaso impacto educativo que tuvieron los recursos informáticos en la década de los 80, sería una imprudencia por nuestra parte aventurar qué nos deparará el futuro de los sistemas audiovisuales (muy ligados a los sistemas informáticos y telemáticos en la actualidad) en la enseñanza de la química. A las previsibles mejoras en los sistemas de almacenamiento, compresión y reproducción audiovisual hay que añadir la innegable importancia que ya han adquirido los sistemas multimedia *on-line*. Las TICs prometen mucho más que una simple mejora de la enseñanza, ya que una aplicación adecuada de éstas tiene el potencial de poder cambiar la naturaleza cualitativa del proceso de enseñanza: por vez primera, las TICs permiten una interacción entre estudiantes y entre éstos y el profesorado que va más allá de la simple interacción estudiantes-contenido que ofrecían los recursos audiovisuales anteriores, como las películas, la televisión educativa o la radio (Reiser, 2001; Sherry, 1996).

Para finalizar, señalaremos algunas características destacadas de este posible cambio en el modelo educativo en el que la tecnología multimedia (*off-line* y *on-line*) ha de jugar un papel destacado:

- El modelo docente pasa de la clase magistral, donde el alumnado adopta un rol pasivo, a un modelo de clase centrado en el alumnado, donde éste tiene que adoptar un rol más activo y crear su propio conocimiento. Los recursos informáticos multimedia favorecen la personali-

zación de la instrucción, a través de la interacción estudiante-ordenador, y esta la interactividad de los materiales multimedia exigirá del alumnado un compromiso mayor con el proceso de aprendizaje. La creación de materiales hipermedia, como ejemplo de actividad centrada en el estudiante, permite a éstos crear y organizar su propio conocimiento además de estimularlos a pensar cómo representar una idea, cómo establecer relaciones entre ellas y cómo unir diferentes representaciones de las mismas. El profesorado, que cede parte de su responsabilidad en el proceso de aprendizaje al alumnado en este nuevo paradigma educativo, sigue siendo una figura imprescindible, pues guía y controla al alumnado en su proceso de aprendizaje y de selección de la información, ya que la gran cantidad de información a la que tienen acceso los estudiantes no está totalmente codificada.

- En el nuevo paradigma educativo adquiere protagonismo el aprendizaje a través del trabajo cooperativo. Los sistemas multimedia proporcionan oportunidades para este tipo de aprendizaje, tanto a través de experiencias de aprendizaje cooperativo con material multimedia *off-line* como, especialmente, con material multimedia *on-line*. Los recursos informáticos permiten al alumnado poder aprender de manera colaborativa salvando las distancias geográficas y temporales (CSCL, *Computer-Supported Collaborative Learning*). ▀

Bibliografía

- Alyea, H.N., Lantern slide technics, *J. Chem. Educ.*, **16**[7], 308-312, 1939.
- Alyea, H.N., Tested overhead Projection Series, *J. Chem. Educ.*, **39**[1], 12-15, 1962.
- Barnard, W.R., Overhead projectors, *J. Chem. Educ.*, **45**[5], 341-346, 1968a.
- Barnard, W.R., 8mm projectors in the modern Chemistry classroom, *J. Chem. Educ.*, **45**[2], 1968b.
- Barnard, W.R., Microforms in chemical education, *J. Chem. Educ.*, **46**[4], 254-256, 1969.
- Barnard, W.R.; Bertaut, E.F y O'Connor, R., Television for the modern Chemistry classroom, part I, *J. Chem. Educ.*, **45**[9], 617-620, 1968a.
- Barnard, W.R.; Lagowski, J.J. y O'Connor, R., The modern Chemistry classroom, *J. Chem. Educ.*, **45**[1], 63-70, 1968b.
- Barnard, W.R. y Tressel, G., Advanced film-TV production techniques I, lighting, *J. Chem. Educ.*, **46**[7], 461-464, 1969.
- Barry, R.D. y Carter, R.A., Evaluation of general Chemistry slide-audio tape programs, *J. Chem. Educ.*, **49**[7], 495-496, 1972.
- Boschmann, E., Teaching Chemistry via distance education, *J. Chem. Educ.*, **80**[6], 704-708, 2003.
- Brasted, R.C., The general Chemistry program at the University of Minnesota, *J. Chem. Educ.*, **41**[3], 139-142, 1964.
- Burrt, B.P., The tape recorder as a teaching aid, *J. Chem. Educ.*, **33**[3], 139, 1956.
- Calcaterra, A.; Antonietti, A. y Underwood, J., Cognitive style, hypermedia navigation and learning, *Computers Educ.*, **44**[4], 441-457, 2005.
- Carraher, C.E., Comic books – another visual aid in teaching Chemistry, *J. Chem. Educ.*, **52**[10], 654, 1975.

- Clark, R. W., A review of Corel's ChemLab CD-ROM, *Chem. Educator*, **2**[1], 1-5, 1997.
- Cuban, L., *Teachers and machines: The classroom use of technology since 1920*, Teachers College Press, Nueva York, 1986.
- Douville, J.A. y Schlessinger, B.S., Teaching of chemical literature: a list of audiovisual materials, *J. Chem. Educ.*, **57**[11], 796-797, 1980.
- Durban, S.A., Teaching weighing technic with the aid of a motion picture film, *J. Chem. Educ.*, **18**[11], 520, 1941.
- Elder, A.L. y Bartlett, K.G., Science programs for adult radio listeners, *J. Chem. Educ.*, **18**[4], 190-192, 1941.
- Fillinger, H.H., The projection of lecture experiments, *J. Chem. Educ.*, **8**[9], 1852-1855, 1931.
- Glemser, O., Closed circuit TV in the Chemistry auditorium, *J. Chem. Educ.*, **35**[10], 573-574, 1958.
- Hauser, E.A., The Polaroid Land camera – A new tool for education and research, *J. Chem. Educ.*, **26**[4], 224-225, 1949.
- Hayes, J.R.; Schempf, J.M. y Murnin, J.A., Balance instruction by television, *J. Chem. Educ.*, **35**[12], 615, 1958.
- Hoff, D.B., Overhead projection with the pH meter, *J. Chem. Educ.*, **41**[12], 662, 1964.
- Hubinger, H. y Schultz, H.P., Time-lapse multiple slide projection as an instructional aid, *J. Chem. Educ.*, **48**[9], 618-620, 1971.
- Illman, D. L., Multimedia tools gain favor for Chemistry presentations, *Chem. & Eng. News*, **72**[19], 34-40, 1994.
- Jiménez, G.; Llitjós, A. (2005). Una experiencia sobre hipertexto cooperativo en la clase de química. *Revista Iberoamericana de Educación* (versión digital). OEI: <http://www.rieoei.org/experiencias95.htm> (consulta: 06/07/2005).
- Jones, L.L. y Smith, S.G., Multimedia technology: A catalyst for change in chemical education, *Pure & Appl. Chem.*, **65**[2], 245-249, 1993.
- Kennedy, M.E.; Toomey, R. F. y Martin, J. R., Closed-circuit television as a supplement to the general Chemistry program, *J. Chem. Educ.*, **37**[5], 256-257, 1960.
- Killeffer, D.H., Chemical education via radio, *J. Chem. Educ.*, **1**[3], 43-48, 1924.
- Lagowski, J.J., Audio aids in laboratory teaching, *J. Chem. Educ.*, **43**[9], 501, 1966.
- Llitjós, A., Hacia el siglo XXI: Comunicación audiovisual de la química, en *Aspectos didácticos de Física y Química*, ICE Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 2000, p. 145-170.
- Llitjós, A.; Borsese, A.; Colomer, M.; García, P.; Gil, J.J.; Morales, M.J. y Sánchez, M.D. Recursos didácticos en la enseñanza de las ciencias, en Jiménez, R. y Wamba, A.M. (Eds.), *Avances en la didáctica de las Ciencias Experimentales*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva, Huelva, 1997, p. 369-395.
- Llitjós, A.; Estopà, C. y Miró, A., Elaboración y utilización de audiovisuales en la enseñanza de la química, *Enseñanza de las Ciencias*, **12**[1], 57-62, 1994.
- Martínez-Jiménez, P.; Pontes-Pedrajas, A.; Polo, J. y Climent-Bellido, M.S., Learning in Chemistry with virtual laboratories, *J. Chem. Educ.*, **80**[3], 346-352, 2003.
- Noller, C. R., Apparatus for lecture demonstration of optical activity, *J. Chem. Educ.*, **26**[5], 269-270, 1949.
- Ong, E. W.; Razdan, A.; Garcia, A.A.; Pizziconi, V.B.; Ramakrishna, B.L. y Glaunsinger, W.S., Interactive nano-visualization of materials over the Internet, *J. Chem. Educ.*, **77**[9], 1114-1115, 2000.
- Pence, E., Combining cooperative learning and multimedia in general Chemistry, *Education*, **113**[3], 375-380, 1993.
- Prendes, M.P. y Solano, I.M., Multimedia como recurso para la formación, *Actas de las III Jornadas Multimedia Educativo*, Barcelona, 25-26 junio 2001. p. 460-470.
- Reiser, R. A., A History of Instructional Design and Technology: Part I: A History of Instructional Media, *ETR&D*, **49**[1], 53-64, 2001.
- Robinson, W.R., Cognitive theory and desing of multimedia instruction, *J. Chem. Educ.*, **81**[1], 10-12, 2004.
- Russell, A.A., From videotapes to videodiscs: from passive to active instruction, *J. Chem. Educ.*, **61**[10], 866-868, 1984.
- Salinas, J., Multimedia en los procesos de enseñanza-aprendizaje: elementos de discusión, *Encuentro de Computación Educativa*, Santiago de Chile, 2-4 mayo 1996.
- Saettler, P., *A history of instructional technology*, McGraw-Hill, Nueva York, 1968, p. 68.
- Sherry, L., Issues in distance learning, *Int. J. Educ. Telecom.*, **1**[4], 337-365, 1996.
- Slabaugh, W.H., The overhead projector and chemical demonstrations, *J. Chem. Educ.*, **28**[11], 579-580, 1951.
- Slabaugh, W. H., Trends in instruction of Chemistry by films and television, *J. Chem. Educ.*, **36**[12], 588-590, 1959.
- Smith, G.W., An experiment in teaching general Chemistry by closed-circuit television, *J. Chem. Educ.*, **33**[6], 257-263, 1956.
- Smith S.G. y Jones, L.L., Images, imagination, and chemical reality, *J. Chem. Educ.*, **66**[1], 8-11, 1989.
- Snell, F.D. y Snell, C.T., Popular chemical education by radio, *J. Chem. Educ.*, **13**[3], 115-117, 1936.
- Taft, R., Increasing the usefulness of the short focus projection lantern, *J. Chem. Educ.*, **6**[10], 1638-1643, 1929.
- Thomas, H.; Paasch, S.; Machill, S.; Thiele, S.; Herzog, K.; Hemmer, M.; Gasteiger, J. y Salzer, R., Internet-assisted exercises in structural analysis, *Fresenius J. Anal. Chem.*, **371**[1], 4-10, 2001.
- Tissue, B.M., Applying hypermedia to chemical education, *J. Chem. Educ.*, **73**[1], 65-68, 1996.
- Tissue, B.M.; Yip, C.W. y Wong, Y.L., NCSA Mosaic: An Internet and hypermedia browser, *J. Chem. Educ.*, **72**[6], A116-A117, 1995.
- Walker, R.A., Teaching basic chemistry concepts with the overhead projector, *J. Chem. Educ.*, **41**[12], 663-665, 1964.
- Whitnell, R.M.; Fernandes, E.A.; Almassizadeh, F.; Love, J.J.C.; Dugan, B.M.; Sawrey, B.A. y Wilson, K.R., Multimedia Chemistry lectures, *J. Chem. Educ.*, **71**[9], 721-725, 1994.
- Williams, W.D., Some nineteenth century Chemistry teaching aids, *Chem. Educator*, **1**[3], 1-9, 1996.
- Wilson, J.L., Lantern slides from cellophane, *J. Chem. Educ.*, **8**[11], 2212-2213, 1931.

Recursos informáticos en la enseñanza de la química: una perspectiva histórica.

En la actualidad, no es ninguna novedad indicar que estamos pasando de un modelo de sociedad industrial a un modelo de sociedad de la información, de la comunicación y del conocimiento, por ello nuestro mundo gira alrededor de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs). Internet, mp3, DVD, multimedia... son términos relativamente nuevos pero que ya forman parte de nuestro vocabulario y, lejos de ser ajenos al mundo educativo, una aplicación innovadora de este tipo de herramientas está modificando la concepción de la enseñanza, de las estrategias y de las técnicas de desarrollo que aplicamos, de los roles del profesorado y de los estudiantes. Simultáneamente, la enseñanza avanza hacia un modelo que se aleja cada vez más de la "clase magistral" como base de la instrucción, en la cual la figura del profesor es el centro del sistema, y se dirige hacia un modelo que fomenta la participación del alumnado como medio fundamental del aprendizaje ("*student-centered learning*"), en el cual el profesorado ejerce de guía en dicho proceso. Esta nueva escuela ha de facilitar que el alumnado adquiera unas habilidades básicas que le permitan interactuar con los nuevos elementos culturales de comunicación, sabiendo seleccionar y utilizar el exceso de información que nos rodea para no ser un "analfabeto tecnológico", aunque se debe aceptar que, generalmente, el alumnado tiene una mayor predisposición y facilidad para interactuar con las TIC que el profesorado.

En cuanto a los recursos informáticos, el uso de los ordenadores en la enseñanza de la química puede agruparse en dos grandes categorías: como soporte de la actividad didáctica o como medio principal de instrucción [1].

▣ Como soporte de la actividad didáctica

En general, el profesorado puede utilizar los ordenadores para preparar materiales educativos tales como programas, textos, pruebas escritas, informes o presentaciones multimedia. El profesorado (y el alumnado) de química pueden utilizar software genérico, libre o comercial, en la clase de química [2]: hojas de cálculo (MS Excel o Lotus 1-2-3) para realizar una curva



¹Gregorio
Jiménez Valverde

¹IES MERCÈ RODOREDA -
L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona)
gjimene2@xtec.net

²Departament de Didàctica de les
Ciències Experimentals i la
Matemàtica. Universitat de Barcelona



²Anna Llitjós
Viza

de valoración o para realizar cálculos matemáticos, procesadores de texto (MS Word) o editores HTML (MS Frontpage o Macromedia Dreamweaver) con los que los alumnos pueden realizar trabajos y proyectos, que luego quizá expongan en clase utilizando un programa para crear diapositivas (MS PowerPoint), en las que posiblemente hayan tenido que retocar alguna imagen (PhotoShop). Los estudiantes más avanzados puede incluso utilizar paquetes estadísticos y matemáticos (Mathcad, Matlab) para resolver complejas ecuaciones cuánticas o pueden realizar un pequeño programa en FORTRAN para calcular el trabajo de compresión en un gas de Van der Waals [3-5]. La informática permite, además, otros usos específicos en el campo de la enseñanza de la química, como la visualización estructuras moleculares [6], el modelaje y simulación de moléculas [7-10], la simulación de procesos químicos [11,12] o la visualización de vídeos sobre química [13-15]. La informática en combinación con la telemática amplía, aún más, el abanico de posibilidades que se le presenta al profesorado y no es difícil encontrar referencias al uso de Internet o de otras TICs en la enseñanza de la química: Internet como fuente de información [16-21], uso didácticos de los foros de discusión [22] y del correo electrónico [23], uso de tutoriales en formato de página web [24-27], soporte telemático para las clases de laboratorio o control remoto de instrumentación [28,29], visualización de materiales a través de Internet [30], aplicaciones multimedia o hipermedia a través de la red [31-33], el control y adquisición de datos de un instrumento a través de una página web [34], o la realización ejercicios o informes y confección de exámenes basados en páginas web [35-39]. Además, Internet permite al profesorado y alumnado poder colaborar o cooperar superando las barreras espaciales y temporales [40-46].

▣ Como medio principal de instrucción.

Esta categoría comprende aquellas modalidades de intervención preferente del ordenador para instrucción individual o en grupo, en sustitución o ayuda del profesorado. Es lo que se conoce como CAI ("*Computer-Assisted Instruction*") o Instrucción Asistida por

Ordenador) y que, en palabras de Lower [47], se define como "el uso de un ordenador como la herramienta principal para la docencia, en contraste con su uso como soporte de la actividad didáctica". Nuevamente, Internet permite ampliar las posibilidades de la Instrucción Asistida por Ordenador haciendo posible, por ejemplo, la distribución de cursos de química *on-line* [48-55] y, aunque la educación a distancia originalmente fue concebida para hacer llegar la enseñanza a estudiantes que vivían en zonas alejadas de centros educativos, las nuevas posibilidades que brindan las TICs han atraído la atención de una fracción significativa del alumnado de áreas urbanas con centros educativos cercanos a sus domicilios. Para muchos de estos estudiantes, el trabajo o las responsabilidades familiares son un impedimento para seguir un curso de manera presencial y optan por la telemática como medio de instrucción a distancia [47].

Asimismo, podríamos considerar un tercer uso de los ordenadores en la enseñanza de la química, especialmente si hablamos de educación superior (estudios universitarios directamente relacionados con la química y ciclos formativos de grado superior de la rama de química, por ejemplo). A esta tercera categoría pertenece el conocimiento informático que los estudiantes necesitan haber adquirido durante su formación académica para poder incorporarse con éxito en el mercado laboral como químicos o técnicos de laboratorio [2]. La enseñanza química debería preparar al alumnado para su futuro como químicos o técnicos en química y lo debe hacer proveyéndoles de los conocimientos y las habilidades necesarias para ejercer sus trabajos como profesionales; de la capacidad de razonamiento crítico y de aplicación adecuada de sus conocimientos. Cualquiera que sea el ambiente que les rodee en sus futuras profesiones, probablemente una parte importante de su trabajo estará relacionada con el uso de ordenadores: redacción de informes, uso de hojas de cálculo, control informático de instrumental de laboratorio, elaboración de presentaciones, por ejemplo. Por tanto, es trabajo del profesorado de química de niveles superiores, en especial, el de proporcionar a nuestros estudiantes la información necesaria para que estén preparados en el altamente competitivo mundo laboral en el que están a punto de entrar [56]. De hecho, los recursos informáticos deben convertirse en objeto de conocimiento para todos (independientemente de su nivel educativo), puesto que las instituciones educativas no pueden mantenerse al margen de la sociedad del conocimiento en la que vivimos caracterizada por un alto desarrollo tecnológico. La informática, como parte de las TICs, ocupa una parte sustancial en nuestra cultura y eso implica que las instituciones educativas deben incorporar estas tecnologías no sólo como recurso didáctico para mejorar la enseñanza, sino también para evitar que nuestro alumnado se convierta, como se comentó anteriormente, en analfabetos tecnológicos y disfruten de un menor número de posibilidades en nuestra sociedad.

La informática es una ciencia relativamente joven y

todos los recursos que esta tecnología pone al alcance del profesorado de química hubiesen sido considerados ciencia-ficción hace sólo unas décadas. ¿Cómo hemos llegado hasta aquí? ¿Cuál ha sido la evolución del uso de los recursos didácticos informáticos en la enseñanza de la química? Olvidemos por un momento la Sociedad del Conocimiento y echemos la vista atrás para hacer un repaso histórico a los recursos informáticos utilizados en la didáctica de la química. Nuestro viaje empieza hace justo sesenta años...

LOS INICIOS DE LA INFORMÁTICA

Podríamos decir que los padres 'espirituales' de la informática son Turing y Von Neumann puesto que el primero dio una definición teórica de algoritmo en 1937 y el segundo escribió en 1945 un texto en el cual esbozaba la descripción de lo que sería la arquitectura básica de un ordenador moderno. De hecho, este documento de Von Neumann marca el final de la época de las grandes calculadoras y supone el inicio de la era de los ordenadores [57].

La construcción del primer ordenador enteramente electrónico tuvo lugar en 1946. Eckert y Mauchly construyeron una enorme criatura a la que llamaron "ENIAC" (*Electronic Numerical Integrator and Computer*) y que se instaló en Filadelfia. Para tener una idea de la magnitud de esta máquina, baste decir que sus 30 toneladas ocupaban una superficie de 167 m², que la temperatura de la habitación donde estaba instalada alcanzaba fácilmente los 50°C, y además, que Filadelfia sufría apagones cuando entraba en funcionamiento. Otros computadores pertenecientes a esta primera generación fueron el "EDVAC" (1949) y el "UNIVAC" (1951). Los computadores de esta primera generación utilizaban válvulas electrónicas de vacío (el "ENIAC" tenía más de 17000) y carecían de sistema operativo. Al ser dispositivos pensados y financiados casi exclusivamente con fines militares, no fueron utilizados nunca en el campo educativo.

LOS GRANDES COMPUTADORES

En 1959, Kilby presentó el primer circuito integrado, chip, formado por un conjunto de transistores interconectados con resistencias, en una pequeña pastilla de silicio y metal. Con el chip nacería la segunda generación de computadores: IBM 360/91 o CDC 7600, por ejemplo. El chip de silicio permitió la fabricación de computadores de menor tamaño, más veloces y más baratos y en 1971 la empresa Intel introduciría el microprocesador y, gracias a él, se crearon ordenadores más potentes.

Tenemos constancia, a través de dos artículos sin firmar en la revista "*Chemical and Engineering News*" del año 1969 de dos aplicaciones del uso de ordenadores pertenecientes a la segunda generación de computadores en la enseñanza de la química [58,59]: un programa desarrollado por Gasser y Emmons en el Quincy

College (Illinois) para ayudar a los estudiantes en la identificación de compuestos, en un curso de análisis orgánico cualitativo y PLATO (*Programmed Logic for Automatic Teaching Operations*), un sistema informático para la enseñanza de la química orgánica desarrollado por Bitzer en la Universidad de Illinois. El sistema PLATO fue en cierta medida pionero en la enseñanza de la química y, aunque sus posibilidades eran limitadas, era capaz tanto de generar en la pantalla de un TV el espectro RMN de una molécula establecida por el estudiante, como de invitar al alumnado a jugar en diversos juegos para aprender química [60]. El sistema PLATO tuvo cierto éxito al tratarse del primer recurso didáctico "activo" e interactivo [61-64], al que luego seguirían otros programas también interactivos, como el que presentaron Eskinazi y Macero [65] para la enseñanza del pH. De hecho, la popularidad que en su día tuvo el sistema PLATO se refleja en el hecho que actualmente es posible encontrar software derivado del sistema PLATO, como el programa TenCore.

En los inicios de la década de los 70, la cantidad de programas informáticos destinados a la enseñanza de la química era todavía muy pequeña, 8 programas en 1970 [66], aunque encontramos ejemplos tanto para la química orgánica [67], la química general [68] y la química física [66]. Una de las ventajas señaladas en la bibliografía de estos primeros sistemas informáticos era la de permitir una cierta individualización del proceso de enseñanza [62,68-69]. Además del aumento de la participación activa del estudiante, la Instrucción Asistida por Computador permite al alumnado sentirse menos intimidado ante un ordenador que ante su profesor [70-71] y prepararse mejor para comprender las explicaciones en clase, cuando se utilizan tutoriales informáticos previos a las clases magistrales [64].

La informática también llegó al laboratorio, donde no sólo se utilizó para controlar instrumentos sino también para realizar simulaciones [64,68-69]. Las ventajas que para Castleberry et al. suponía la realización de simulaciones informáticas de prácticas de laboratorio justificaba su uso: (1) la capacidad de compresión/expansión temporal que ofrecen los computadores permite mostrar a los estudiantes en tiempos razonables experimentos que en el mundo real ocurrirían en periodos muy cortos o muy largos de tiempo; (2) la simulación evita el peligro que supone la realización de experimentos a gran escala para el alumnado novato; (3) la simulación puede permitir el uso virtual de instrumentación muy cara o sofisticada, no disponible en el laboratorio real [69].

Aunque las experiencias relatadas en estos primeros artículos sobre el uso de la informática en clases de química tenían un impacto positivo en el alumnado [2], lo cierto es que los estudios realizados tenían unos intervalos de confianza pocas veces convincentes y el resultado más común de estos trabajos era que no se encontraba "una diferencia significativa" entre la

instrucción tradicional y la asistida por computadores [47]. De todos modos, a pesar de los sistemas especializados como PLATO, el potencial educativo de la informática en la enseñanza de la química estaba lejos todavía de un nivel adecuado, puesto que todavía existían muchas dificultades que tendrían que superarse para que el nivel fuese óptimo: no había una estandarización del *hardware* utilizado, existía una distribución prácticamente nula del *software*: cada docente o investigador creaba sus propios programas y éstos eran incompatibles en otros ordenadores; y un inexistente sistema de compensaciones hacia los autores, lo cual no ayudaba a motivarlos para crear más *software*.

MICROCOMPUTADORES Y ORDENADORES PERSONALES

En diciembre de 1975 apareció el que sería considerado por muchos como el primer microcomputador: el Altair 8800 (producido por MITS), que a pesar de ser relativamente barato (\$400), requería elevados conocimientos de programación y utilizaba lenguaje máquina, además de tener que ser montado por el propio usuario, puesto que se vendía en kits. En 1977, Apple Computers lanzó al mercado el Apple II, primer computador con gráficos a color y carcasa de plástico que adquiriría gran éxito. En 1981, IBM lanzó el IBM Personal Computer, con el objetivo de introducirlo en los hogares y tres años después Apple lanza su famoso Macintosh, que disponía de un atractivo interfaz gráfico.

En 1978, durante la *Fifth Biennial Conference on Chemical Education*, Bill Butler y Scott Owen se dejaron ver con un Commodore PET (microcomputador lanzado en 1977) y con un Apple II, con los que realizaron diversas demostraciones de programas para la enseñanza de la química. Estos microcomputadores podían realizar prácticamente las mismas funciones que los computadores pertenecientes a la anterior generación, pero tenían un precio más asequible: entre \$700 y \$2000 [72]. La llegada de los microcomputadores hizo posible que muchos investigadores y profesores empezaran a experimentar con aplicaciones informáticas, lo que luego repercutiría en el número de aplicaciones que habría disponibles. Moore y Moore estimaron que, en agosto de 1983, existían aproximadamente unos 400 programas informáticos relacionados con la enseñanza de la química (muy diferente a los 8 que Tabutt había cuantificado en 1970) [73]. El proyecto informático más ambicioso en la primera mitad de la década de los 80 es el proyecto "SERAPHIM": recopilación de software para la enseñanza de la química [71]. Proliferan los programas informáticos destinados a la simulación de actividades en el laboratorio [74-77] y algunos autores [78] hablan incluso de "*microcomputer revolution*" en la enseñanza de la química. Los datos de los escasos estudios realizados sobre el impacto de la Instrucción Asistida por Computador en la enseñanza de la química indican que es una herramienta "positiva" [79].

MULTIMEDIA

El final de la década de los 80 supone el inicio de una vertiginosa carrera, aún vigente, en la que la potencia de los equipos informáticos y sus precios discurren en sentidos opuestos, pasando de los primitivos procesadores 8086 y 286 a los potentes Pentium IV o AMD Athlon, capaces de superar los 3 GHz. Además, en los últimos años de esta década se produce la fusión de la tecnología informática con la tecnología audiovisual y los ordenadores empiezan a ser usados para generar algunas de las imágenes que aparecen en los libros, con la ventaja añadida de ser interactivos y de poder responder de manera diferenciada a cada alumno/a. Los ordenadores ya son capaces de generar algo más que líneas rectas y los gráficos sencillos empiezan a ser reemplazados por gráficos digitalizados, aunque los equipos informáticos no son aún lo suficientemente potentes como para integrar el vídeo [13]. Empiezan a aparecer algunos de los programas de usuario más clásicos, como los primeros procesadores de texto o las hojas de cálculo, que pronto serán de mucha utilidad en la enseñanza de química. Los nuevos planes de estudio universitarios contemplan asignaturas independientes de la aplicación de la informática en la química, como el caso de la Universidad de Barcelona que, en el plan de estudios de 1992 de la licenciatura de Química, incorpora la asignatura "Aplicación de la Informática a Problemas de Química" y cuyo programa contiene fundamentos de programación en FORTRAN, hojas de cálculo y editores de texto [80].

A principios de 1993, la tecnología informática permite ya integrar vídeo a pantalla completa gracias, en especial, a los avances en las tarjetas de vídeo de los PCs [81] y poco después, en 1994, se generaliza la incorporación de dispositivos de lectura de CD-ROM en los ordenadores personales, favoreciendo el impulso de los sistemas multimedia, con los cuales es posible crear presentaciones que conjugan vídeos, texto, gráficos y sonido... Para Salinas, "multimedia se refiere normalmente a vídeo fijo o en movimiento, texto, gráficos, audio y animación controlados por un ordenador [...] es la combinación de *hardware*, *software* y tecnologías de almacenamiento incorporadas para proporcionar un entorno multisensorial de información" [82]. Los sistemas multimedia, flexibles y asociados a la idea de interacción, comienzan a ser utilizados en la didáctica de la química, llegándose a hablar incluso de un cambio en la enseñanza de la química, catalizada por la tecnología multimedia [83]. Un material multimedia técnicamente excelente no tiene por qué ser un buen material didáctico multimedia y, de hecho, muchos de los primeros materiales multimedia que se crearon para la docencia partían de libros, o de enciclopedias, que se troceaban para crear una interactividad a partir de los mismos documentos escritos, ejercicios e ilustraciones [84]. Se editan guías y se publican artículos con pautas para el correcto diseño didáctico de material multimedia [85].

La tecnología multimedia incorpora el hipertexto, creando hipermedia [32]. Debido a que los materiales hipermedia no están constreñidos a la linealidad, los estudiantes tienen la oportunidad de elegir los enlaces y, en consecuencia, los itinerarios que más les puedan interesar y esta libertad de elección favorecerá la individualización del proceso de aprendizaje. Diferentes estudios realizados [86-89] consideran un gran avance en tecnología educativa a los sistemas hipermedia, ya que:

1. los sistemas hipermedia permiten el acceso de manera no lineal a grandes cantidades de información.
2. la interacción con el material didáctico hipermedia puede ser auto-dirigida.
3. los sistemas hipermedia son atractivos para el alumnado.
4. el hipertexto representa una forma natural de representación respecto al funcionamiento de la mente humana; de hecho, el hipertexto representa los procesos mentales humanos mejor que otras herramientas instruccionales informáticas [87].

Algunos de estos programas informáticos multimedia ayudan a establecer relaciones entre los tres niveles de representación de la materia: macroscópico, microscópico y simbólico, ya que el alumnado puede observar simulaciones de fenómenos químicos, a distintas escalas, en especial la microscópica [88].

Prendes y Fernández, clasifican los multimedia en dos tipos según el soporte: multimedia en soporte físico y en línea [91]. Las aplicaciones en soporte físico corresponden, básicamente, a los CD-ROM y DVD y tienen gran impacto en la didáctica de la química porque, por primera vez, permiten la simulación de actividades de laboratorio en ordenadores [12] y porque permiten proyectar en las pantallas del aula imágenes y vídeos de alta calidad sobre diferentes temas de química [92]. De acuerdo con Rusell, las ventajas que ofrece la instrucción pregrabada de una experiencia de laboratorio son las siguientes [93]:

1. La demostración (experimento) siempre sale bien.
2. Se sabe con exactitud cuánto tiempo durará el experimento.
3. Se puede reducir drásticamente el tiempo de un experimento, ofreciendo de manera seguida un "antes" y un "después" que pueden estar muy separados en el tiempo.
4. Las demostraciones que suceden en pequeña escala, pueden ser amplificadas utilizando la técnica del zoom.
5. Las demostraciones grabadas de experimentos peligrosos no guardan ningún tipo de riesgo.

Smith y Jones indican, además, la ventaja que supone el poder estudiar fenómenos químicos que suceden demasiado rápidos como para ser estudiados a tiempo real, utilizando la cámara lenta; por ejemplo, la explosión de pólvora [13]. Se puede añadir una ventaja más: la instrucción pregrabada favorece los aspectos

de sostenibilidad, puesto que no hay consumo de productos químicos ni desgaste de los materiales o instrumentos utilizados.

La tecnología multimedia no sólo será aprovechada por el profesorado para preparar presentaciones más atractivas para sus estudiantes, sino que también éstos sacarán provecho de los sistemas multimedia para crear sus propias presentaciones e informes [94]. De hecho, si tenemos en cuenta que los estudiantes adquieren y retienen el conocimiento cuando participan activamente en su construcción [95], la creación de materiales multimedia permite a los estudiantes construir y organizar su propio conocimiento [96]. En palabras de Wisnudel: "*students experience knowledge as a human creation and have opportunities to develop complex mental skills, for example, decomposing a topic into subtopics, gathering data from a variety of resources, organizing diverse and contradictory information, formulating questions, and traslating information into knowledge*" [97]. Algunos estudios han explorado la posibilidad de hacer que los alumnos construyan conocimiento creando materiales multimedia, y los resultados han sido alentadores [83].

LA TELEMÁTICA

El soporte en línea como método de distribución de los materiales multimedia, corresponde a la fusión de la tecnología audiovisual con la tecnología informática y con la tecnología telemática (Internet). Con anterioridad a la llegada de los sistemas multimedia, la informática y la telemática ya se habían fusionado por primera vez en el año 1950, cuando se realizan las primeras transmisiones de datos entre ordenadores gracias a la utilización de un módem. La primera red de ordenadores, ARPANET, surgiría en 1969 cuando se conectan cuatro nodos de uso civil (Universidad de Los Ángeles, Santa Bárbara, Utah y el Instituto superior de investigación de Stanford). Cuatro años más tarde se hacen las primeras conexiones internacionales de ARPANET y se desarrollan los protocolos TCP/IP para estandarizar las comunicaciones en las redes [57]. En la década de los setenta tienen lugar las primeras experiencias con el correo electrónico y las listas de distribución (en 1972 se utiliza por primera vez el símbolo "@" en las direcciones de correo electrónico y en 1979 nacen los famosos emoticones o *smileys*, que no son más que fragmentos de texto que expresan emociones). En la década de los ochenta se popularizan las redes telemáticas y surgen servicios de valor añadido, como el banco en casa. En el año 1990 España, junto a otros países, se conecta a la red de redes: Internet [57].

INTERNET: FIN DEL VIAJE (DE MOMENTO)

La primera aplicación documentada de Internet en el campo de la enseñanza de la química la encontramos en 1993 y se refiere al uso de Internet como fuente de información. En su artículo, Varberi ofrece una serie de instrucciones para acceder a diferentes fuentes de

información químicas a través de Internet [98]. En 1994, el mismo autor amplía la información y ofrece una lista de servidores FTP en los cuales se puede encontrar información de interés para el profesorado de química [99]. Empiezan a crearse sistemas de gestión de información química a través de Internet, como el ChemRAS [100]. Con los primeros navegadores (Mosaic) y las conexiones de banda estrecha, las aplicaciones multimedia en soporte en línea iniciales se limitan a visualización de imágenes fijas o pequeños archivos de vídeo de baja resolución [33]. En estos momentos el soporte en CD-ROM ofrece todavía mayor velocidad de transferencia de datos, pero las aplicaciones multimedia (e hipermedia) en Internet ya ofrecen ventajas sobre los soportes físicos: rapidez de actualización de contenidos, menos costes de distribución, acceso al material en cualquier momento y desde cualquier lugar con cobertura telefónica [32]. Con la llegada de las conexiones de banda ancha, que permiten distribuir vídeo a tiempo real con mayor calidad, el potencial educativo que ofrece la tecnología multimedia aumenta y no es difícil encontrar cursos a distancia [53], laboratorios virtuales [101] o páginas web con soporte hipermedia para la visualización de nano-materiales o modelos moleculares en tres dimensiones [30]... pero esto ya no es el pasado, es nuestro presente.

EL FUTURO

Llegados a este punto, y en vista del vertiginoso avance de los sistemas informáticos, sería una imprudencia por nuestra parte aventurar qué nos deparará la informática en el futuro de la enseñanza de la química. Las TICs prometen mucho más que una simple mejora de la enseñanza ya que su aplicación tiene además el potencial de poder cambiar la naturaleza cualitativa del proceso de enseñanza. Para finalizar, señalaremos las características más destacadas de este posible cambio en el modelo educativo, comentando la implicación que las TICs tienen en cada una de ellas:

- El modelo docente pasa de la clase magistral, donde el alumnado adopta un rol pasivo, a un modelo de clase centrado en el alumnado, donde éste tiene que adoptar un rol más activo y crear su propio conocimiento. Los recursos informáticos favorecen la personalización de la instrucción. La interactividad de los materiales informáticos exige del alumnado un compromiso mayor con el proceso de aprendizaje.
- En el nuevo paradigma educativo adquiere protagonismo el aprendizaje a través del trabajo cooperativo. Los recursos informáticos (CSCL, *Computer-Supported Collaborative Learning*) permiten al alumnado poder aprender de manera colaborativa salvando las distancias geográficas y temporales.
- El rol de profesorado también cambia, pasando de un profesorado omnipresente y centro del sistema de aprendizaje a un profesorado que deja de ser mero transmisor de conocimientos. Los recursos informáticos permiten al alumnado autodirigir su proceso de aprendizaje y tener acceso a gran cantidad de información, si

bien ésta no necesariamente está codificada, por lo que la figura del profesorado sigue siendo imprescindible, pues guía y controla al alumnado en su proceso de aprendizaje y de selección de la información.

▪ La creciente heterogeneidad del alumnado obliga al docente a ofrecer una mayor variedad de herramientas de acceso a la información y de métodos de aprendizaje. Las TICs ofrecen múltiples posibilidades en este sentido, ya que, por ejemplo, la informática es de gran utilidad en la preparación de materiales curriculares

multimedia. Los ordenadores pueden ser tutores 'programados' increíblemente pacientes, pueden estimular el pensamiento creativo y promover el carácter emprendedor de los estudiantes, así como despertar su curiosidad.

▪ Ante unos contenidos que cada vez cambian más rápidamente, las TICs facilitan el acceso permanente y desde prácticamente cualquier lugar a esta información cambiante. También favorecen su constante actualización, con unos costes de publicación muy bajos.

REFERENCIAS

1. Llitjós, A. (coord.); Borsese, A.; Colomer, M.; García, P.; Gil, J.J.; Morales, M.J. y Sánchez, M.D. Recursos didácticos en la enseñanza de las ciencias. En *Avances en la didáctica de las Ciencias Experimentales*, Jiménez, R. y Wamba, A.M. (Eds.); Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva: Huelva, 1997; p. 369-395.
2. Megargle, R. Training the Practicing Chemist. En *Using Computers in Chemistry and Chemical Education*; Zielinski, T.J. y Swift, M.L., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC, 1997; pp 45-60.
3. Young, S.H.; Madura, J.D. y Rioux, F. Software for Teaching and Using Numerical Methods in Physical Chemistry. En *Using Computers in Chemistry and Chemical Education*; Zielinski, T.J. y Swift, M.L., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC, 1997; pp 163-185.
4. Rappaport, K.D. Statistical Methods in Chemistry: What and How They Should Be Integrated into the Curriculum. En *Using Computers in Chemistry and Chemical Education*; Zielinski, T.J. y Swift, M.L., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC, 1997; pp 205-226.
5. Zielinski, T.J. *Chem. Educator* **1997**, 2(3).
6. Ranck, J.P. Visualization for Chemists. En *Using Computers in Chemistry and Chemical Education*; Zielinski, T.J. y Swift, M.L., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC, 1997; pp 227-240.
7. Tropsha, A. y Bowen, J.P. Molecular Modeling and Drug Design. En *Using Computers in Chemistry and Chemical Education*; Zielinski, T.J. y Swift, M.L., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC, 1997; pp 309-330.
8. Northrup, S.H. Molecular Graphics and Simulation of Proteins and Nucleic Acids. En *Using Computers in Chemistry and Chemical Education*; Zielinski, T.J. y Swift, M.L., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC, 1997; 283-308.
9. Pavia, D. y Wicholas, M. *J. Chem. Educ.* **1997**, 74(4), 444.
10. Whisnant, D.M.; Howe, J.J. y Lever, L.S. *J. Chem. Educ.* **2000**, 77(2), 199-201.
11. García-Luque, E.; Ortega, T.; Forja, J.M. y Gómez-Parra, A. *Computers Educ.* **2004**, 43(1/2), pp. 81-90.
12. Clark, R. W. *Chem. Educator* **1997**, 2(1), 1-5.
13. Smith, S.G. y Jones, L.L. *J. Chem. Educ.* **1989**, 66(1), 8-11.
14. Anthony, S.; Mernitz, H.; Spencer, B.; Gutwill, J.; Kegley, S. y Molinaro, M. *J. Chem. Educ.* **1998**, 75(3), 322-324.
15. Smith, S. y Stovall, I. *J. Chem. Educ.* **1996**, 73(10), 911-915.
16. Varjola, I. *Chem. Educ. Res. Pract. Eur.* **2000**, 1(1), 121-128.
17. Matthews, F.J. *J. Chem. Educ.* **1997**, 74(8), 1011-1014.
18. Murov, S. *J. Chem. Educ.* **2001**, 78(10), 1429-1432.
19. Waldow, D.A.; Fryhle, C.B. y Bock, C. *J. Chem. Educ.* **1997**, 74(4), 441-442.
20. Holmes, C.O. y Warden, J.T. *J. Chem. Educ.* **1996**, 73(4), 325-332.
21. Mounts, R.D. *J. Chem. Educ.* **1996**, 73(1), 68-71.
22. Paulisse, K.W. y Polik, W.F. *J. Chem. Educ.* **1999**, 76(5), 704-707.
23. Pence, L.E. *J. Chem. Educ.* **1999**, 76(5), 697-698.
24. Parrill, A. L. y Gervay, J. *J. Chem. Educ.* **1997**, 74(3), 329.
25. Donovan, W.J. y Nakhleh, M. B. *J. Chem. Educ.* **2001**, 78(7), 975-980.
26. Koehler, B.P. y Orvis, J.N. *J. Chem. Educ.* **2003**, 80(6), 606-608.
27. Tissue, B.M.; Earp, R.L.; Yip, C. y Anderson, M. R. *J. Chem. Educ.* **1996**, 73(5), 446.
28. Cartwright, H.M. y Valentine, K. *Computers Educ.* **2002**, 38(1/3), 53-64.
29. Bales, J.R.T.; Morgan, M.E. y Rueter, B.A. *Chem. Educator* **2002**, 7, 173-175.
30. Ong, E.W.; Razdan, A.; Garcia, A.A.; Pizziconi, V.B.; Ramakrishna, B.L. y Glausinger, W.S. *J. Chem. Educ.* **2000**, 77(9), 1114-1115.
31. Tissue, B. M. *Trends Anal. Chem.* **1997**, 16(9), 190-495.
32. Tissue, B. M. *J. Chem. Educ.* **1996**, 73(1), 65-68.
33. Tissue, B. M., Yip, C. y Wong, Y. *J. Chem. Educ.* **1995**, 72(6), A116-A117.
34. James, C.R. y McCann, M.P. *J. Chem. Educ.* **2003**, 80(2), 221.
35. Penn, J.H.; Nedeff, V.M. y Gozdzik, G. *J. Chem. Educ.* **2000**, 77(2), 227-231.
36. Thomas, H.; Paasch, S.; Machill, S.; Thiele, S.; Herzog, K.; Hemmer, M.; Gasteiger, J. y Salzer, R. *Fresenius J. Anal. Chem.* **2001**, 371(1), 4-10.
37. Tissue, B.M.; Earp, R.L. y Yip, C. *Chem. Educator* **1996**, 1(1), 1-13.
38. Gamman, S.D. y Hutchison, S.G. *J. Chem. Educ.* **2001**, 78(3), 412-413.
39. McGowan, C. y Sendall, P. *J. Chem. Educ.* **1997**, 74(4), 391.
40. Glaser, R.E. y Poole, M.J. *J. Chem. Educ.* **1999**, 76(5), 699-703.
41. Stout, R.; Towns, M. H.; Sauder, D.; Zielinski, T.J. y Long, G. *Chem. Educator* **1997**, 1(2), 1-21.
42. Towns, M.; Sauder, D.; Whisnant, D. y Zielinski, T.J. *J. Chem. Educ.* **2001**, 78(3), 414-415.
43. Slocum, L.E.; Towns, M. H. y Zielinski, T. J. *J. Chem. Educ.* **2004**, 81(7), 1058-1065.

REFERENCIAS

44. Llitjós, A.; Miró, A.; Morales, M.J.; Puigcerver, M. y Sánchez, M.D. Entorno telemático para el trabajo cooperativo en ciencias experimentales. En *Relación Secundaria Universidad*; Universidad de La Laguna: La Laguna, 2002; 743-751.
45. Jiménez, G. y Llitjós, A. Una experiencia sobre hipertexto cooperativo en la clase de química. *Revista Iberoamericana de Educación* (versión digital), OEI: <http://www.campus-oei.org/revista/experiencias95.htm> (acceso: 17/05/2005).
46. Jiménez, G. y Llitjós, A. Cooperación en entornos telemáticos y la enseñanza de la química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* (aceptado para su publicación).
47. Lower, S.K. Computer-Assisted Instruction in Chemistry. En *Using Computers in Chemistry and Chemical Education*; Zielinski, T.J. y Swift, M.L., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC, 1997; pp 355-376.
48. Liu, D.; Walter, J. y Brooks, D.W. *J. Chem. Educ.* **1998**, 75(1), 123-125.
49. Patterson, M.J. *J. Chem. Educ.* **2000**, 77(5), 554-555.
50. Judd, C.S. *J. Chem. Educ.* **1998**, 75(9), 1073.
51. Robinson, W.R. *Chem. Educator* **2000**, 5, 246-251.
52. Reeves, J. y Kimbrough, D. *Journal of Asynchronous Learning Networks* **2004**, 8(3), 47-51.
53. Boschmann, E. *J. Chem. Educ.* **2003**, 80(6), 704-708.
54. Harpp, D.N.; Fenster, A.E.; Schwarcz, J. A.; Zorychta, E.; Goodyer, N.; Hsiao, W. y Parente, J. *J. Chem. Educ.* **2004**, 81(5), 688-690.
55. Kurtz, M. J. y Holden, B.E. *J. Chem. Educ.* **2001**, 78(8), 1122-1125.
56. Jurs, P.C. Beyond the Basics: What Chemistry Students Need to Know about Computing. En *Using Computers in Chemistry and Chemical Education*; Zielinski, T.J. y Swift, M.L., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC, 1997; pp 135-142.
57. Martínez, F. y Prendes, M.P. Redes para la formación. En *Redes de comunicación en la enseñanza*; Martínez, F., Ed.; Paidós Ibérica, S.A.: Barcelona, 2003; pp. 31-61.
58. *Chem. & Eng. News* **1969**, 47(25), 48-49.
59. *Chem. & Eng. News* **1969**, 47(26), 52-53.
60. Smith, S.G. y Chabay, R. *J. Chem. Educ.* **1997**, 74(11), 688-689.
61. Smith, S. G. *J. Chem. Educ.* **1970**, 47(9), 608-611.
62. Smith, S. G. *J. Chem. Educ.* **1971**, 48(11), 727-729.
63. Smith, S. G.; Ghesquiere, J. R. y Avner, R.A. *J. Chem. Educ.* **1974**, 51(4), 243-244.
64. Chabay, R. y Smith, S.G. *J. Chem. Educ.* **1977**, 54(12), 745-747.
65. Eskinazi, J. y Macero, D.J. *J. Chem. Educ.* **1972**, 49(8), 571.
66. Tabbutt, F.D. *Chem. & Eng. News* **1970**, 48(3), 44-57.
67. Rodewald, L.B.; Culp, G. H. y Lagowski, J.J. *J. Chem. Educ.* **1970**, 47(2), 134-136.
68. Castleberry, S. J. y Lagowski, J. J. *J. Chem. Educ.* **1970**, 47(2), 91-96.
69. Castleberry, S. J.; Culp, G. H. y Lagowski, J. J. *J. Chem. Educ.* **1973**, 50(7), 469-472.
70. Lower, S.; Gerhold, G.; Smith, Stanley, G.; Johnson, K. J. y Moore, J. W. *J. Chem. Educ.* **1979**, 56(4), 219-227.
71. Lagowski, J. J. *J. Chem. Educ.* **1998**, 75(4), 425-436.
72. Moore, J.W. y Moore, E. A. *J. Chem. Educ.* **1984**, 61(8), 699-703.
73. More, J. W. y Moore, E. A. *J. Chem. Educ.* **1984**, 61(1), 26-27.
74. Griffin, H.C. y Butler, W. M. *J. Chem. Educ.* **1979**, 56(8), 543-555.
75. Engh, S. y Ratzlaff, K. L. *J. Chem. Educ.* **1980**, 57(11), 815-818.
76. Burden, S.L. *J. Chem. Educ.* **1984**, 61(1), 29-30.
77. Smith, S. G. *J. Chem. Educ.* **1984**, 61(10), 864-866.
78. Dessy, R. E. *J. Chem. Educ.* **1982**, 59(4), 320-327.
79. Allan, L. S. *J. Chem. Educ.* **1984**, 61(1), 28-29.
80. Paniagua, J. C. *Introducció a la Programació per a Químics*, 2ª Ed; Textos docents 4; Publicacions Universitat de Barcelona; Barcelona, 1994.
81. Whitnell, R.M.; Fernandes, E.A.; Almassizadeh, F.; Love, J.J.C., Dugan, B.M.; Sawrey, B. A. y Wilson, K.R. *J. Chem. Educ.* **1994**, 71(9), 721-725.
82. Salinas, J. *Multimedia en los procesos de enseñanza-aprendizaje: elementos de discusión*, En *Encuentro de Computación Educativa*, 2-4 mayo; Santiago de Chile, 1996.
83. Jones, L.L. y Smith, S. G. *Pure & Appl. Chem.* **1993**, 65(2), 245-249.
84. Llitjós, A., Hacia el siglo XXI: Comunicación audiovisual de la química; En *Aspectos didácticos de Física y Química*; ICE Universidad de Zaragoza: Zaragoza, 2000; pp. 145-170.
85. Robinson, W. R. *J. Chem. Educ.* **2004**, 81(1), 10-12.
86. Dillon, A. y Gabbard, R. *Rev. Educ. Res.* **1998**, 68(3), 322-349.
87. Weaver, G. C. *Chem. Educator* **1997**, 2(5), 1-17.
88. Calcaterra, A.; Antonietti, A. y Underwood, J. *Computers Educ.* **2005**, 44(4), 441-457.
89. Jonassen, D. H. *Educational Technology* **1991**, 39(9), 28-33.
90. Greenbowe, T. J. *J. Chem. Educ.* **1994**, 71(7), 555-557.
91. Prendes, M. P. y Solano, I. M. Multimedia como recurso para la formación; En *Actas de las III Jornadas Multimedia Educativa*, 25-26 junio; Universitat de Barcelona: Barcelona, 2001, pp.460-470.
92. Illman, D. L. *Chem. & Eng. News* **1994**, 72(19), 34-40.
93. Russell, A. A. *J. Chem. Educ.* **1984**, 61(10), 866-868.
94. Jenkinson, G. T. y Fraiman, A. *J. Chem. Educ.* **1999**, 76(2), 283-284.
95. Bodner, G. M. *J. Chem. Educ.* **1986**, 63(10), 873-878.
96. Jonassen, D. H. *Educ. Tech. Res. Dev.* **1991**, 39(1), 83-92.
97. Wisnudel, M. *J. Comps. in Maths. and Sci. Teaching* **1994**, 13(1), 5-15.
98. Varveri, F. S. *J. Chem. Educ.* **1993**, 70(3), 204-208.
99. Varveri, F. S. *J. Chem. Educ.* **1994**, 71(10), 872-873.
100. Harkanyi, K. y Carande, R. *J. Chem. Educ.* **1995**, 72(9), 812-813.
101. Martínez-Jiménez, P.; Pontes-Pedrajas, A.; Polo, J. y Climent-Bellido, M.S. *J. Chem. Educ.* **2003**, 80(3), 346-352.

Una revisión histórica de los recursos didácticos audiovisuales e informáticos en la enseñanza de la química

Gregorio Jiménez Valverde^{1,2} y Anna Llitjós Viza²

¹I.E.S. Mercè Rodoreda. L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona). E-mail: gjimene2@xtec.net. ²Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i la Matemàtica y Grupo ECEM. Universitat de Barcelona

Resumen: El objetivo de este artículo es datar y describir en orden cronológico los primeros usos documentados de diversos recursos didácticos audiovisuales e informáticos utilizados en la enseñanza de la química.

Palabras clave: Recursos didácticos, Historia de la didáctica, Didáctica de la química.

Title: A historical review of the audiovisual and computer teaching aids in chemical education.

Abstract: The purpose of this article is to date and describe in a chronological order the first documented applications of some audiovisual and computer teaching aids used in chemical education.

Keywords: Teaching Aids, Education History, Chemical Education.

Introducción

Actualmente, nos es imposible pensar que un docente sólo se limite a sus explicaciones orales en sus clases, prescindiendo de cualquier recurso didáctico. De hecho, según Reiser y Gagné (1983) hasta la voz del docente es un recurso didáctico. Pero más allá de la voz del docente o de recursos didácticos más clásicos como los libros de texto, las pizarras, las buretas o las pipetas, el profesorado de química tiene hoy en día un amplio abanico de recursos que puede utilizar en sus clases, muchos de ellos inexistentes hace 30 años.

El presente trabajo pretende datar y describir, en orden cronológico, los primeros usos documentados en la enseñanza de la química de los siguientes recursos didácticos: radio, grabadoras de audio, diapositivas, proyectores, microfilms, cámaras de fotografía, películas (16 mm y 8 mm), televisión, vídeo-cassettes, vídeo-discos, multimedia, informática y telemática. No se pretende, por tanto, realizar un análisis crítico de estos recursos en la enseñanza de la química, aunque si el lector está interesado en dicho análisis puede consultar el trabajo de Llitjós et al. (1997), en donde se realiza una revisión de los recursos didácticos en la enseñanza de las ciencias.

Hasta el 1929: La radio y los proyectores

Si bien los primeros usos documentados de recursos audiovisuales en la enseñanza de la química datan del siglo XX, hemos preferido empezar este viaje histórico por el siglo XIX, haciéndonos eco de un artículo de Williams (1996), en el que describe cuatro recursos didácticos convencionales y manipulativos (Marqués, 2000) que estaban disponibles comercialmente en los Estados Unidos en el siglo XIX. Estos cuatro recursos consistían en dos modelos atómicos (de Jacob Green, de 1834, y de Gaines, de 1868) y en dos juegos de fichas de química ("*Chart of Chemistry*" de Youmans, de 1850, y "*Chart of Organic Elements*", de Foster, de 1856). La importancia de este artículo reside en que en las fichas de química de Youmans se hacía uso de una incipiente comunicación visual aplicada en la enseñanza de la química. En efecto, cada una de las fichas representaba un átomo diferente, con la particularidad que el área de cada ficha era proporcional al peso equivalente de dicho elemento, y el color de la ficha dependía también del elemento. Youmans pensó que estas fichas visuales serían de utilidad para, por ejemplo, visualizar la formación de moléculas a partir de los elementos. Es decir, estas fichas ayudarían a los estudiantes a aprender química, de la misma forma que las fichas de planetas les podían ayudar a aprender astronomía o los mapas, a entender la geografía.

En 1924, Killifer (1924) describió el primer uso didáctico de la radio en la enseñanza de la química. En concreto, se trataban de charlas sobre temas de química (petróleo, colorantes, alimentos...), de unos 10-15 minutos de duración, que se emitían dentro de programas de variedades en los que también había cabida para música, noticias y concursos.

Aunque se venían usando con anterioridad según el propio autor explica, en 1929 Taft (1929) publicó un artículo sobre un sistema de proyección en pantalla que usaba en sus clases de química. Este sistema de proyección era un precursor de los actuales proyectores y recibió el nombre de "Balopticon". En función del modelo usado, el "Balopticon" permitía proyectar tanto diapositivas como pequeños objetos opacos que posibilitaban que el docente pudiera proyectar diferentes experimentos, tales como la precipitación fraccionada o la ionización de ácidos fuertes y débiles para poder ser vistos por toda la clase y no sólo por el alumnado de las primeras filas.

1930-1939: Diapositivas

En esta época empezaron a aparecer artículos que describían cómo realizar diapositivas, como el que escribió Wilson (1931) sobre cómo crear diapositivas baratas a partir de celofán o la exhaustiva revisión que hizo Alyea (1939) sobre cómo crear y exponer diapositivas.

1940-1949: Llegan las películas

La primera referencia que hemos encontrado al uso de películas en la didáctica de la química data del año 1941 (Durban, 1941). Se trataba de una

película muda de 16 mm sobre cómo utilizar una balanza analítica. El uso de esta película presentaba, a juicio del autor del artículo, tres ventajas sobre el modelo tradicional de enseñanza: acortaba el tiempo necesario para que los estudiantes manejaran correctamente una balanza, incrementaba la eficacia de la explicación sobre cómo usar la balanza y, por último, hacía más interesante el estudio del análisis cuantitativo para el alumnado.

Un nuevo precursor de los actuales proyectores se sumó a la lista iniciada por el "Balopticon". Se trataba de una modificación de un "Delineascope" para hacer demostraciones de la actividad óptica de sustancias (Noller, 1949).

Acabamos el repaso de las innovaciones educativas de esta década haciendo mención a una curiosa aplicación de la fotografía en la didáctica de la química: se trata del primer uso documentado de las hoy famosas cámaras de fotografiar Polaroid. En su artículo, Hausser (1949) detalló el montaje necesario y el procedimiento a seguir para acoplar una cámara Polaroid a un microscopio y los usos didácticos que esta combinación puede tener.

1950-1959: La televisión

Poco después de la aplicación del "Delineascope" propuesta por Noller, Slabaugh (1951) publicó un artículo en el que ofrecía una serie de experimentos que se pueden llevar a cabo en una cápsula de Petri encima de un proyector convencional: la actividad de metales, la electrólisis del agua, el movimiento aleatorio de las moléculas de un gas, la acción de parejas de metales, la fuerza relativa de ácidos, determinados aspectos cualitativos de la actividad óptica de diferentes sustancias y un experimento electroquímico.

En el año 1956 se describió, por primera vez, un uso didáctico de la grabadora de audio (Burr, 1956). En su artículo, Burr explicaba su experiencia docente utilizando una grabadora para grabar sus propias clases de Radioquímica y del éxito que tenía este sistema entre su alumnado, ya que luego los estudiantes podían ir a su despacho a escuchar de nuevo la grabación y completar sus apuntes. El autor indicó que era igualmente efectivo con los estudiantes que no habían podido asistir a su clase, ya que en la grabación también quedaba patente la información visual generada durante la clase, como por ejemplo, lo que el profesor escribía en la pizarra.

También en 1956 se usó por primera vez la televisión para transmitir clases de química en circuito cerrado de televisión, tal y como Smith (1956) explicaba en su artículo. En él describía la experiencia de la Universidad de Park (Pensilvania), sobre la puesta en marcha de un circuito cerrado de TV en un curso de química general y trataba aspectos como el equipamiento audiovisual utilizado, la organización del alumnado, la preparación del profesorado como "actores" y el equipo técnico. El proyecto fue evaluado positivamente y pronto surgieron nuevas experiencias televisivas para las clases teóricas de química (Glemser, 1958; Slabaugh y Hatch, 1958). La primera clase práctica emitida por circuito cerrado de televisión correspondió, al igual que pasara con la primera película, al uso de una balanza analítica (Hayes et al., 1958).

1960-1969: Las aulas "modernas" de química

El potencial educativo que ofrecía la televisión no pasó desapercibido y años más tarde, cuando la tecnología lo permitió, se grababan clases en vídeo-cassettes (Barnard et al., 1968a; Barnard, 1968a; 1968b). Cuatro años antes ya se habían usado los vídeo-cassettes como mejora en las transmisiones en directo de algunas clases, pero no como método para grabar íntegramente una clase y su posterior reproducción (Brasted, 1964).

Se empezó a hablar de "*modern chemistry classrooms*" (Barnard et al., 1968b; Barnard, 1968c) como aulas en donde se combinaba el uso de proyectores, diapositivas, grabadoras de audio, televisión, vídeo-cassettes y películas, incluyendo el nuevo formato de 8 mm (Barnard, 1968d), y proliferaron los artículos que hacían referencia a técnicas avanzadas de producción de películas o de emisiones televisivas para la enseñanza de la química (Barnard y Tressel, 1969).

Las microformas (nombre genérico que reciben todos los sistemas que utilizan microimágenes) fueron igualmente utilizadas en el campo de la educación química. Tenemos constancia de su uso en un artículo de 1969, en donde Barnard (1969) analizaba el uso de microfilms como sistema de almacenaje y posterior consulta de gran cantidad de espectros químicos.

En cuanto a la informática, tenemos constancia a través de dos artículos¹ sin firmar en la revista "*Chemical and Engineering News*" del año 1969 de dos aplicaciones programadas para grandes computadores: un programa desarrollado por Gasser y Emmons en el Quincy College (Illinois) para ayudar a los estudiantes en la identificación de compuestos en un curso de análisis orgánico cualitativo y PLATO (*Programmed Logic for Automatic Teaching Operations*), un sistema informático para la enseñanza de la química orgánica desarrollado por Bitzer en la Universidad de Illinois.

1970-1979: Llegan los microcomputadores

En 1971, Hubinger y Schultz (1971) describieron un método visual que combinaba dos proyectores de diapositivas sincronizados, de tal manera que cuando en un proyector se estaba realizando el intercambio de diapositivas, el otro ya estaba mostrando su diapositiva en la misma pantalla: con esto se conseguía crear secuencias animadas sin las pausas que los proyectores de diapositivas suelen generar al cambiar de diapositiva. También, las diapositivas empezaron a ser usadas conjuntamente con cintas de audio (Barnard, 1972; Barry y Carter, 1972; Barry et al., 1974).

En 1975, Carraher (1975) describió una curiosa fusión de las diapositivas con el cómic. Para este autor, un buen método para introducir algunos conceptos químicos en clase consistía en elaborar diapositivas utilizando

¹ Estos artículos corresponden a:

-Computers: no longer a classroom novelty. *Chemical and Engineering News*, 47(25), 48-49.
-Display panel forerunner of flat TV. *Chemical and Engineering News*, 47(26), 52-53

personajes de cómics. Así, por ejemplo, para el tema de Termodinámica, el autor creó diapositivas con las imágenes del Hombre Energía o los Gemelos Entropía (Orden y Desorden).

En 1978, durante la *Fifth Biennial Conference on Chemical Education*, Bill Butler y Scott Owen se dejaron ver con un Commodore PET y con un Apple II (dos microcomputadores lanzados en 1977), con los que realizaron diversas demostraciones de programas para la enseñanza de la química (Moore y Moore, 1984a). Estos microcomputadores podían realizar prácticamente las mismas funciones que los computadores pertenecientes a la anterior generación, la de los grandes computadores, pero su precio era mucho menor.

1980-1989: Los ordenadores personales

En 1981, IBM lanzó el IBM *Personal Computer*, con el objetivo de introducirlo en los hogares y tres años después Apple hizo lo propio con su famoso *Macintosh*, que disponía de un atractivo interfaz gráfico. La llegada de los ordenadores personales hizo posible que muchos investigadores y docentes empezaran a experimentar con aplicaciones informáticas, lo que luego repercutiría en el número de aplicaciones que habría disponibles. Moore y Moore (1984b) estimaron que, en agosto de 1983, existían aproximadamente unos 400 programas informáticos relacionados con la enseñanza de la química, valor muy diferente a los 8 que Tabutt (1970) había cuantificado en 1970. El proyecto informático más ambicioso en la primera mitad de la década de los 80 fue el proyecto "*SERAPHIM*": recopilación de software para la enseñanza de la química (Lagowski, 1995). Algunos autores (Dessy, 1982) llegaron a hablar de "*microcomputer revolution*" en la enseñanza de la química.

En 1984 aparecieron los vídeo-discos en la enseñanza de la química (Russell, 1984). Para el autor del artículo, los vídeo-discos ofrecían un elemento de interacción con el estudiante del que carecen los vídeo-cassettes.

A finales de la década de los 80 la tecnología audiovisual se fusionó con la tecnología informática: los ordenadores podían ser usados para generar algunas de las imágenes que aparecían en los libros, con la ventaja añadida de ser interactivos y de poder responder de manera diferenciada a cada estudiante. Los ordenadores ya eran capaces de generar algo más que simples líneas rectas y éstas empezaron a ser reemplazadas por gráficos digitalizados, aunque los sistemas informáticos del momento no eran todavía lo suficientemente potentes como para integrar vídeo (Smith y Jones, 1989).

De 1990 a la actualidad: Multimedia e Internet

A principios de 1993, la tecnología informática ya permitía integrar vídeo a pantalla completa gracias, en especial, a los avances en las tarjetas de vídeo de los PCs (Whitnell et al., 1994) y poco después, en 1994, se generalizó la incorporación de dispositivos de lectura de CD-ROM en los ordenadores personales, favoreciendo el impulso de los sistemas multimedia, con los cuales es posible crear presentaciones que conjugan vídeos, texto, gráficos y sonido...

Los sistemas multimedia, flexibles y asociados a la idea de interacción, comenzaron a ser utilizados en la didáctica de la química, llegándose a hablar incluso de un cambio en la enseñanza de la química, catalizado por la tecnología multimedia (Jones y Smith, 1993). Se estudió incluso el uso conjugado de la tecnología multimedia con el aprendizaje cooperativo (Pence, 1993) con resultados positivos.

Según Prendes y Solano (2001), existen dos tipos de multimedia según el soporte: multimedia en soporte físico y en línea. Las aplicaciones multimedia en soporte físico corresponden, básicamente, a los CD-ROM y DVD y tienen gran impacto en la didáctica de la química porque, por primera vez, permiten la simulación de actividades de laboratorio en ordenadores (Clark, 1997) y porque permiten proyectar en las pantallas del aula imágenes y vídeos de alta calidad sobre diferentes temas de química (Illman, 1994). Durante este periodo somos testigos de una vertiginosa carrera, aún vigente, en la que la potencia de los equipos informáticos y sus precios discurren en sentidos opuestos. La informática ya permite, además de otros usos genéricos tales como el uso de procesadores de texto u hojas de cálculo, la visualización de estructuras moleculares (Ranck, 1997), el modelaje y simulación de moléculas (Northrup, 1997; Pavia y Wicholas, 1997; Tropsha y Bowen, 1997), la simulación de procesos químicos (Clark, 1997) o la visualización de vídeos sobre química (Anthony et al., 1998; Smith y Stovall, 1996).

El soporte en línea como método de distribución de los materiales multimedia, corresponde a la fusión de la tecnología audiovisual con la tecnología informática y con la tecnología telemática: Internet. La primera aplicación documentada de Internet en el campo de la enseñanza de la química la encontramos en 1993 (Varberi, 1993) y se refiere al uso de Internet como fuente de información. En este artículo, Varberi ofrece una serie de instrucciones para acceder a diferentes fuentes de información químicas a través de Internet. En 1994, el mismo autor (Varberi, 1994) amplía la información y ofrece una lista de servidores FTP en los cuales se puede encontrar información de interés para el profesorado de química. Empiezan a crearse sistemas de gestión de información química a través de Internet, como el *ChemRAS* (Harkanyi y Carande, 1995). Con los primeros navegadores (*Mosaic*) y las conexiones de banda estrecha, las aplicaciones multimedia en soporte en línea iniciales se limitan a visualización de imágenes fijas o pequeños archivos de vídeo de baja resolución (Tissue et al., 1995). En esos momentos el soporte en CD-ROM ofrece todavía mayor velocidad de transferencia de datos, pero las aplicaciones multimedia (e hipermedia) en Internet ya ofrecen ventajas sobre los soportes físicos: rapidez de actualización de contenidos, menor coste de distribución, acceso al material en cualquier momento y desde cualquier lugar con cobertura telefónica (Tissue, 1996).

Se integra la tecnología multimedia con el hipertexto, creando hipermedia (Tissue, 1996). Debido a que los materiales hipermedia no están constreñidos a la linealidad, los estudiantes tienen la oportunidad de elegir los enlaces que más les puedan interesar y esta libertad de elección favorecerá la individualización del proceso de aprendizaje. La tecnología hipermedia no sólo

será aprovechada por el profesorado para preparar presentaciones más atractivas para sus estudiantes, sino que también éstos sacarán provecho de los sistemas multimedia para crear sus propias presentaciones o proyectos (Jenkinson y Fraiman, 1999; Jiménez y Llitjós, 2005a).

Con la llegada de las conexiones de banda ancha, que permiten distribuir vídeo a tiempo real con mayor calidad, el potencial educativo que ofrecen las TICs aumenta y ya no es difícil encontrar referencias al uso de Internet o de otras TICs en la enseñanza de la química: Internet como fuente de información (Holmes y Warden, 1996; Matthews, 1997; Stevens y Stevens, 1996; Waldow et al., 1997), uso didáctico de los foros de discusión (Paulisse y Polik, 1999) y del correo electrónico (Pence, 1999), uso de tutoriales en formato de página web (Parrill y Gervay, 1997; Tissue et al., 1996a), cursos a distancia (Judd, 1998; Liu et al., 1998), aplicaciones multimedia o hipermedia a través de la red (Tissue et al., 1995; Tissue, 1996; 1997) o la realización ejercicios o informes y confección de exámenes basados en páginas web (Earp y Tissue, 1996; McGowan y Sendall, 1997; Tissue et al., 1996b). Además, Internet permite a docentes y estudiantes poder colaborar o cooperar superando las barreras espaciales y temporales (Jiménez y Llitjós, 2005b; Stout et al., 1997; Towns et al., 1998).

Valoración y conclusiones

La evolución de los recursos didácticos audiovisuales e informáticos a lo largo del siglo XX ha sido espectacular y prueba de ello es la amplia variedad de recursos que el docente de química tiene para utilizarlos en sus clases. De entre los recursos audiovisuales que se utilizan actualmente, algunos fueron utilizados por vez primera hace muchos años y, sin embargo, siguen siendo utilizados todavía hoy a pesar de la aparición de tecnologías técnicamente superiores. Es el caso del vídeo, tecnológicamente inferior al DVD o al CD-ROM y con muchas menos posibilidades interactivas, pero que sigue siendo utilizado por el profesorado de química. Por otra parte, el uso de algunos recursos no ha dejado de ser puntual, debido a que fueron superados rápidamente por tecnologías posteriores o porque su impacto educativo fue escaso (microformas o vídeo-discos, por ejemplo). Otros recursos, como la radio y las películas, quedaron igualmente obsoletos, pero tuvieron una vida *útil* mayor debido a que, al ser más antiguos, la tecnología que los superó tardó más tiempo en ser desarrollada.

Una de las principales conclusiones que podemos extraer a la vista de la historia de los recursos audiovisuales es que la expectación que han creado los primeros usos de estos recursos no tiene por qué ser necesariamente correspondida con el alcance educativo que puedan tener ni con su uso futuro. Cuando se introduce un nuevo recurso didáctico en las escuelas, existe un cierto interés inicial y mucho entusiasmo sobre los efectos que éste pueda tener sobre la práctica educativa. En algunos casos, el uso del recurso didáctico innovador se extiende como la pólvora pero su uso se mantiene a lo largo del tiempo, como sucedió, por ejemplo, con los proyectores (Alyea, 1962; Walker, 1964), a pesar de que son superados por otras tecnologías,

como las presentaciones multimedia con cañones proyectores. Sin embargo, el interés y el entusiasmo inicial que causaron otros recursos didácticos se fue difuminando rápidamente con el tiempo y finalmente el recurso didáctico innovador acabó teniendo poco impacto en la práctica educativa, como fue el caso de la radio: algunos expertos audiovisuales afirmaron, a principios de los años 30, que la radio revolucionaría la educación (Reiser, 2001), pero contrariamente a estas predicciones, la radio tuvo un impacto muy pequeño en la educación (Cuban, 1986).

En algunas ocasiones se usó el recurso didáctico sólo por la novedad que representaba, sin tener en cuenta su potencial pedagógico. Por ejemplo, a partir de la segunda mitad de los años 60 empezó a disminuir el interés de la televisión en el mundo educativo, ya que muchos de los primeros usos didácticos de la misma habían sido de una mediocre calidad educativa: la mayor parte de programas habían consistido en la emisión de una clase magistral (Reiser, 2001). Se ha de tener en cuenta, sin embargo, que todas las innovaciones requieren un cierto tiempo antes de poder ofrecer un resultado educativo óptimo. En este sentido podríamos recordar que a mediados de la década de los 90 los primeros materiales multimedia consistían en enciclopedias que se troceaban para crear una interactividad a partir de los mismos documentos escritos (Llitjós, 2000). Estos primeros materiales multimedia poco tienen que ver con los actuales.

En cuanto a la informática, En 1969, Feldhusen y Szabo (1969) pronosticaron que la instrucción asistida por ordenador sería una especie de transplante de corazón en el mundo educativo. Quizá este pronóstico fue algo precipitado en vista del escaso impacto educativo que tuvieron los recursos informáticos hasta la década de los 90. Hasta esa fecha, las investigaciones educativas realizadas iban acompañadas de unos intervalos de confianza pocas veces convincentes y el resultado más común era que no se encontraba "una diferencia significativa" entre la instrucción tradicional y la asistida por ordenador (Lower, 1997). En ese periodo de tiempo, los materiales didácticos informáticos se basaban en individualizar el proceso educativo. La omisión de la interacción social en estos entornos informáticos de aprendizaje preocupaba a muchos educadores de aquella época.

En los últimos quince años, la situación ha cambiado drásticamente. Gran parte de la investigación en el uso de las TICs en la educación considera más o menos explícitamente las posibilidades tecnológicas para facilitar la interacción social entre el profesorado y el alumnado y entre los propios estudiantes. Por vez primera, las TICs permiten una interacción entre estudiantes y entre éstos y el profesorado que va más allá de la simple interacción estudiantes-contenido que ofrecían los recursos audiovisuales anteriores, como las películas, la televisión educativa o la radio (Reiser, 2001; Sherry, 1996), y que afecta a la naturaleza del proceso docente. Por este motivo, las herramientas *groupware* (software que facilita el aprendizaje cooperativo *on-line*), como el BSCW (Jiménez y Llitjós, 2004; 2005b) o el Synergeia (Jiménez y Llitjós, 2005c), están recibiendo cada vez más atención en contextos educativos. Por la

evolución de los recursos informáticos y de la telemática, creemos que los vaticinios de Feldhusen y Szabo cobran cada día mayor fuerza.

Referencias bibliográficas

Alyea, H. N. (1939). Lantern slide techniques. *Journal of Chemical Education*, 16(7), 308-312.

Alyea, H. N. (1962). Tested overhead projection series. *Journal of Chemical Education*, 39(1), 12-15.

Anthony, S.; Mernitz, H.; Spencer, B.; Gutwill, J.; Kegley, S. y Molinario, M. (1998). The ChemLinks and ModularCHEM consortia: using active and context-based learning to teach students how chemistry is actually done. *Journal of Chemical Education*, 75(3), 322-324.

Barnard, W. R. (1968a). Television for the modern chemistry classroom: New projects; future developments. *Journal of Chemical Education*, 45(11), 745-749.

Barnard, W. R. (1968b). Television for the modern chemistry classroom: Hardware. *Journal of Chemical Education*, 45(10), 681-684.

Barnard, W. R. (1968c). Projection screens and chalk boards in the modern chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 45(8), 543-546.

Barnard, W. R. (1968d). 8mm projectors in the modern chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 45(2), 136-140.

Barnard, W. R. (1969). Microforms in chemical education. *Journal of Chemical Education*, 46(4), 254-256.

Barnard, W. R. (1972). Tapes and cassette tape recorders. *Journal of Chemical Education*, 49(2), 136-138.

Barnard, W. R.; Bertaut, E. F. y O'Conner, R. (1968a). TV for the modern chemistry classroom: Tested applications. *Journal of Chemical Education*, 45(9), 617-620.

Barnard, W. R.; Lagowski, J. J. y O'Connor, R. (1968b). The modern chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 45(1), 63-70.

Barnard, W. R. y Tressel, G. (1969). Advanced film-TV production techniques. *Journal of Chemical Education*, 46(7), 461-464.

Barry, R. D. y Carter, R. A. (1972). Evaluation of general chemistry slide-audio tape programs. *Journal of Chemical Education*, 49(7), 495-496.

Barry, R. D.; Stordahl, K. E. y Carter, R. A. (1974). General chemistry slide-audio tape programs. *Journal of Chemical Education*, 51(8), 537-538.

Brasted, R. C. (1964). The general chemistry program at the University of Minnesota. *Journal of Chemical Education*, 41(3), 139-142.

Burr, B. P. (1956). The tape recorder as a teaching aid. *Journal of Chemical Education*, 33(3), 139.

Carraher, C. E. (1975). Comic books – another visual aid in teaching chemistry. *Journal of Chemical Education*, 52(10), 654.

Clark, R. W. (1997). A review of Corel's ChemLab CD-ROM. *The Chemical Educator* [versión electrónica], 2(1), S1430-4171(97)01110-2. Consultado el 19/01/2006 en: <http://dx.doi.org/10.1333/s00897970110a>

Cuban, L. (1986). *Teachers and machines: The classroom use of technology since 1920*. Nueva York: Teachers College Press.

Dessy, R. E. (1982). Chemistry and the microcomputer revolution. *Journal of Chemical Education*, 59(4), 320-327.

Durban, S. A. (1941). Teaching weighing technic with the aid of a motion picture film. *Journal of Chemical Education*, 18(11), 520.

Earp, R. L. y Tissue, B. M. (1995). A PERL script to generate HTML pages containing multiple-choice questions. *The Chemical Educator* [versión electrónica], 1(5), S1430-4171(96)05055-8. Consultado el 19/01/2006 en: <http://dx.doi.org/10.1333/s00897960055a>

Feldhusen, J. y Szabo, M. (1969). The advent of the educational heart transplant, computer-assisted instruction: A brief review of research. *Contemporary Education*, 40(5), 265-274.

Glaser, R. E. y Poole, M. J. (1999). Organic chemistry online: building collaborative learning communities through electronic communication tools. *Journal of Chemical Education*, 76(5), 699-703.

Glemser, O. (1958). Closed circuit TV in the chemistry auditorium. *Journal of Chemical Education*, 35(10), 573-574.

Harkanyi, K. y Carande, R. (1995). Using Internet to disseminate an expert system of chemical information resources. *Journal of Chemical Education*, 72(9), 812-813.

Hauser, E. A. (1949). The Polaroid Land camera, a new tool for education and research. *Journal of Chemical Education*, 26(4), 224-225.

Hayes, J. R.; Schempf, J. M. y Murnin, J. A. (1958). Balance instruction by television. *Journal of Chemical Education*, 35(12), 615.

Holmes, C. O. y Warden, J. T. (1996). CIS Studio: a worldwide web-based, interactive chemical information course. *Journal of Chemical Education*, 73(4), 325-331.

Hubinger, H. y Schultz, H. P. (1971). Time-lapse multiple slide projection as an instructional aid. *Journal of Chemical Education*, 48(9), 618-620.

Illman, D. L. (1994). Multimedia tools gain favor for chemistry presentation. *Chemical & Engineering News*, 72(19), 34-40.

Jekinson, G. T y Fraiman, A. (1999). A multimedia approach to lab reporting via computer presentation software. *Journal of Chemical Education*, 76(2), 283-284.

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2004). Entornos telemáticos interactivos para el trabajo cooperativo en los ciclos formativos de grado superior de la familia de química, en *La didáctica de las ciencias experimentales ante las reformas educativas y la convergencia europea* (pp. 565-568). Bilbao: Universidad del País Vasco, Servicio Editorial.

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005a). Una experiencia sobre hipertexto cooperativo en la clase de química. *Revista Iberoamericana de Educación* [versión electrónica]. Consultado el 19/01/2006 en: <http://www.campus-oei.org/revista/experiencias95.htm>

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005b). Cooperación en entornos telemáticos en la enseñanza de la química. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 3(1), 115-133. Consultado el 19/01/2006 en: http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_1/Jiménez_y_Llitjos_2006.pdf

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005c). Synergeia: Adaptación del BSCW al mundo educativo. *Quark* [revista digital]. Consultado el 19/01/2006 en: http://www.fq.profes.net/apieaula2.asp?id_contenido=46049

Jones, L. J. y Smith, S. G. (1993). Multimedia technology: a catalyst for change in chemical education. *Pure & Applied Chemistry*, 65(2), 245-249.

Judd, C. S. (1998). News from online: using the web for your courses. *Journal of Chemical Education*, 75(9), 1073.

Killeffer, D. H. (1924). Chemical education via radio. *Journal of Chemical Education*, 1(3), 43-48.

Lagowski, J. J. (1998). Chemical education: past, present, and future. *Journal of Chemical Education*, 75(4), 425-436.

Liu, D.; Walter, J. y Brooks, D. W. (1998). Delivering a course over the Internet. *Journal of Chemical Education*, 75(1), 123-125.

Llitjós, A. (2000). Hacia el siglo XXI: Comunicación audiovisual de la química, en *Aspectos didácticos de Física y Química* (pp. 145-170). Zaragoza: ICE Universidad de Zaragoza.

Llitjós, A.; Borsese, A.; Colomer, M.; García, P.; Gil, J. J.; Morales, M. J. y Sánchez, M. D. (1997). Recursos didácticos en la enseñanza de las ciencias, en R. Jiménez y A. M. Wamba (Eds.), *Avances en la didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 369-395). Huelva: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva.

Lower, S. K. (1997). Computer-Assisted Instruction in Chemistry, en T. J. Zielinski y M. L. Swift (Eds.), *Using computers in chemistry and chemical education* (pp. 355-376). Washintong, DC: American Chemical Society.

Marqués, P. (2000). *Los medios didácticos: componentes, tipología, funciones, ventajas, evaluación*. Consultado el 19/01/2006 en: <http://dewey.uab.es/pmarques/medios.htm>

Matthews, F. J. (1997). Chemical literature: a course composed of traditional and online searching techniques. *Journal of Chemical Education*, 74(8), 1011-1014.

McGowan, C. y Sendall, P. (1997). Using the world wide web to enhance writing assignments in introductory chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, 74(4), 391.

Moore, J. W. y Moore, E. A. (1984a). Looking back and moving ahead in computer-related topics. *Journal of Chemical Education*, 61(8), 699-703.

Moore, J. W. y Moore, E. A. (1984b). Introduction to a symposium report on will computers replace TA's? Professors? Labs? Should they? *Journal of Chemical Education*, 61(1), 26-27.

Noller, C. R. (1949). An apparatus for lecture demonstration of optical activity. *Journal of Chemical Education*, 26(5), 269-270.

Northrup, S. H. (1997). Molecular graphics and simulation of proteins and nucleic acids, en T. J. Zielinski y M. L. Swift (Eds.), *Using computers in chemistry and chemical education* (pp. 283-308). Washintong, DC: American Chemical Society.

Parrill, A. L. y Gervay, J. (1997). Discovery-based stereochemistry tutorials available on the world wide web. *Journal of Chemical Education*, 74(3), 329.

Paulisse, K. W. y Polik, W. F. (1999). Use of WWW discussion boards in chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 76(5), 704-707.

Pavia, D. y Wicholas, M. (1997). From UNIX to PC via X-Windows: molecular modeling for the general chemistry lab. *Journal of Chemical Education*, 74(4), 444.

Pence, H. E. (1993). Combining cooperative learning and multimedia in general chemistry. *Education*, 11(3), 375-380.

Pence, L. E. (1999). Cooperative electronic mail: effective communication technology for introductory chemistry. *Journal of Chemical Education*, 76(5), 697-698.

Prendes, M. P. y Solano, I. M. (2001). Multimedia como recurso para la formación, en *Actas de las III Jornadas Multimedia Educativo*, 25-26 junio (pp. 460-470). Barcelona: Universitat de Barcelona.

Ranck, J. P. (1997). Visualization for chemists, en T. J. Zielinski y M. L. Swift (Eds.), *Using computers in chemistry and chemical education* (pp. 227-240). Washintong, DC: American Chemical Society.

Reiser, R. A. y Gagné, R. M. (1983). *Selecting media for instruction*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology.

Reiser, R. A. (2001). A History of Instructional Design and Technology: Part I: A History of Instructional Media. *Educational Technology Research and Development*, 49(1), 53-64.

Russell, A. A. (1984). From videotapes to videodiscs: from passive to active instruction. *Journal of Chemical Education*, 61(10), 866-868.

Slabaugh, W. H. (1951). The overhead projector and chemical demonstrations. *Journal of Chemical Education*, 28(11), 579-580.

Slabaugh, W. H. y Hatch, C. V. (1958). General chemistry via television. *Journal of Chemical Education*, 35(2), 95-96.

Sherry, L. (1996). Issues in distance learning. *International Journal of Educational Telecommunications*, 1(4), 337-365.

Smith, G. W. (1956). An experiment in teaching general chemistry by closed-circuit television. *Journal of Chemical Education*, 33(6), 257-263.

Smith, S. G. y Jones, L. L. (1989). Images, imagination, and chemical reality. *Journal of Chemical Education*, 66(1), 8-11.

Smith, S. y Stovall, I. (1996). Networked instructional chemistry. Using technology to teach chemistry. *Journal of Chemical Education*, 73(19), 911-915.

Stevens, K. E. y Stevens, R. E. (1996). Use the world-wide web in lower-division chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, 73(10), 923.

Stout, R.; Towns, M. H.; Sauder, D.; Zielinski, T. J. y Long, G. (1997). Online cooperative learning in physical chemistry. *The Chemical Educator* [versión electrónica], 1(2), S1430-4171(97)01107-2. Consultado el 19/01/2006 en: <http://dx.doi.org/10.1333/s00897970107a>

Tabbutt, F. D. (1970). Application of computers in chemical education. *Chemical & Engineering News*, 48(3), 44-57.

Taft, R. (1929). Increasing the usefulness of the short focus projection lantern. *Journal of Chemical Education*, 6(10), 1638-1643.

Tissue, B. M. (1996). Applying hipermedia to chemical education. *Journal of Chemical Education*, 73(1), 65-68.

Tissue, B. M. (1997). Overview of interactive programming methods for the world-wide web. *Trends in analytical chemistry*, 16(9), 490-495.

Tissue, B. M.; Earp, R. L.; Yip, C. y Anderson, M. R. (1996a). Development and evaluation of Internet-based hypermedia chemistry tutorials. *Journal of Chemical Education*, 73(5), 96.

Tissue, B. M.; Earp, R. L. y Yip, C. (1996b). Design and student use of world wide web-based prelab exercises. *The Chemical Educator* [versión electrónica], 1(1), S1430-4171(96)01010-2. Consultado el 19/01/2006 en: <http://dx.doi.org/10.1333/s00897960010a>

Tissue, B. M.; Yip, C. y Wong, Y. (1995). NCSA Mosaic: an Internet and hypermedia browser. *Journal of Chemical Education*, 72(6), A116-A117.

Towns, M. H.; Kreke, K.; Sauder, S.; Stout, R.; Long, G. y Zielinski, T. J. (1998). An assessment of a physical chemistry online activity. *Journal of Chemical Education*, 75(12), 1653-1657.

Trospa, A. y Bowne, J. P. (1997). Molecular modeling and drug design, en T. J. Zielinski y M. L. Swift (Eds.), *Using computers in chemistry and chemical education* (pp. 309-330). Washington, DC: American Chemical Society.

Varveri, F. S. (1993). Information retrieval in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 204-208.

Varveri, F. S. (1994). Information retrieval in chemistry: chemistry-related anonymous ftp sites. *Journal of Chemical Education*, 71(19), 872-873.

Waldow, D. A.; Fryhle, C. B. y Bock, J. C. (1997). CIRRU: A chemistry internet resource for research by undergraduate students. *Journal of Chemical Education*, 74(4), 441-442.

Walker, R. A. (1964). Teaching basic chemistry concepts with the overhead projector. *Journal of Chemical Education*, 41(12), 663-665.

Whitnell, R. M.; Fernandes, E. A.; Almassizadeh, F.; Love, J. J. C.; Dugan, B. M.; Sawrey, B. A. y Wilson, K. R. (1994). Multimedia Chemistry Lectures. *Journal of Chemical Education*, 71(9), 721-725.

Williams, W. D. (1996). Some nineteenth century chemistry teaching aids. *The Chemical Educator* [versión electrónica], 1(3). Consultado el 19/01/2006 en: <http://dx.doi.org/10.1333/s00897960039a>

Wilson, J. L. (1931). Lantern slides from cellophane. *Journal of Chemical Education*, 8(11), 2212-2213.

3

Producción cooperativa de hipermedia e hipertexto cooperativo

- 3.1. Trabajo 4
- 3.2. Trabajo 5
- 3.3. Trabajo 6



Landow (1995) considera **hipertexto** a cualquier documento compuesto de bloques de texto y los enlaces electrónicos que los unen. Aunque el término "hipertexto" fue acuñado por Theodor H. Nelson en 1965 (Nelson, 1965), la primera idea de hipertexto fue introducida por Vannervar Bush en 1945 en su máquina MEMEX: "aparato en el que una persona archiva sus libros, sus ficheros, sus comunicaciones; tiene una flexibilidad y una rapidez de consulta tan extraordinarias que puede considerarse como una ampliación de la propia memoria" (Bush, 1945).

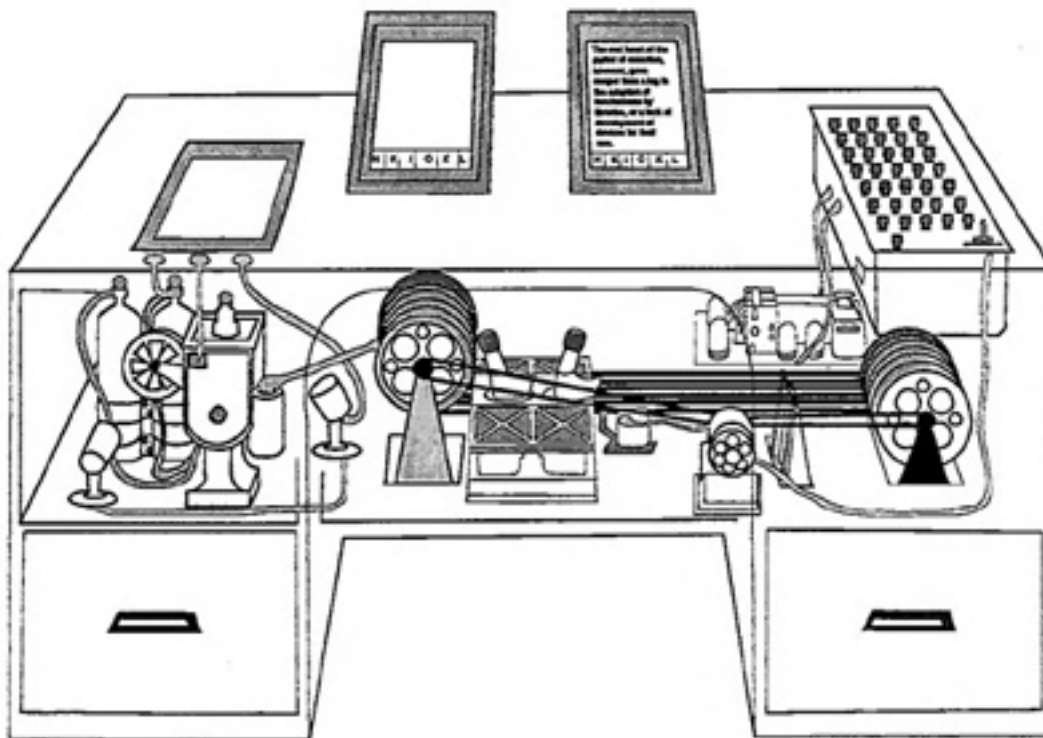


Figura 3. MEMEX: especie de mesa con superficies translúcidas, teclado, palancas y botones que pueden buscar rápidamente archivos en forma de microfilms y donde el usuario puede añadir notas marginales y comentarios mediante un sistema de fotografía seca que permitirá incluir las notas en la película de la máquina (Bush, 1945).

Según Salinas (1994), la cualidad esencial que Bush atribuía al MEMEX era el avance en asociación indexativa, gracias a la cual puede conseguirse que un elemento seleccione a otro automáticamente, característica fundamental de lo que hoy conocemos por hipertexto. Estos elementos corresponderían a lo que se conoce como *nodo* y que, en el caso de Nelson, estarían formados por bloques de texto. Si los nodos contienen información multimedia (texto e imágenes o vídeo, por ejemplo), hablaremos entonces de **hipermedia**, aunque este término no supone ningún avance conceptual respecto del hipertexto. De hecho hay autores que definen hipertexto con independencia de la naturaleza del nodo: "*hipertexto puede definirse como una tecnología software para organizar y almacenar información en una base de conocimiento cuyo acceso y generación es no secuencial tanto para autores como para usuarios*" (Salinas, 1994).

Los *enlaces*, las *redes de ideas* y los *itinerarios* son, junto a los nodos, otros elementos básicos de un hipertexto o hipermedia. Los enlaces son las conexiones entre los nodos que establecen la interrelación entre la información de los mismos, normalmente de carácter asociativo. El enlace entre varios nodos formando una ruta o una trayectoria significativa constituiría una red de ideas, mientras que un itinerario sería la secuencia de nodos consultados por un usuario.

Aunque durante un tiempo el término **multimedia** fue usado para referirse a aquellas presentaciones que hacían uso combinado de diferentes recursos didácticos audiovisuales (p.e. diapositivas con audio) o paquetes que combinaban libros de texto con un complemento auditivo y/o audiovisual (Salinas, 1996), lo cierto es que el avance de las TICs hace que algunos autores se refieran al término multimedia en relación a los sistemas informáticos. Así, por ejemplo, Gayesky (1992) define multimedia como *"clase de sistemas de comunicación interactiva controlada por ordenador que crea, almacena, transmite y recupera redes de información textual, gráfica y auditiva"*. Esta definición también podría aplicarse a lo que entendemos por hipermedia, especialmente si tenemos en cuenta que algunas presentaciones multimedia guardan escasa relación con la creación de redes de conocimiento.

Con las consideraciones anteriores y teniendo en cuenta que el término multimedia puede ser redundante, ya que media es en sí un plural, varios autores estiman que debería usarse el término hipermedia en lugar de multimedia (Jonassen 1989, Ralston 1991), con lo que hipermedia sería considerado como un hipertexto multimedia y los nodos de este hipertexto estarían formados por texto, audio, vídeo, imágenes o animaciones o una combinación de ellos.

En esta memoria se han utilizado indistintamente tanto los términos hipertexto como, especialmente, hipermedia para referirnos a cualquier documento asociativamente estructurado y no lineal, con independencia de la naturaleza de sus nodos. Por lo que respecta al término multimedia, y en consonancia con lo expuesto en los trabajos del capítulo 2, nos referiremos a él cuando los materiales aúnen diferentes tipos de representaciones y además sean interactivos. En cuanto a los conceptos de "producción" o "creación" de materiales hipermedia, usaremos ambos términos en un sentido amplio, es decir, incluimos la creación propiamente dicha o la edición de hipermedia, la integración de nuevos nodos o el reagrupamiento de éstos, o la transformación de textos tradicionales en hipertextos.

Los trabajos que forman parte de este capítulo explican el proyecto hipermedia que tuvieron que realizar los estudiantes y que sirvió de base para la optimización metodológica de los entornos telemáticos BSCW y Synergeia, usados como soporte informático. También se presentan los conceptos de **hipermedia cooperativo** e **hipercooperación diferida**.

Acabaremos la presente introducción citando estas palabras de Area (2004):

"[...] la creación de una página web... son actividades que los alumnos deberían realizar habitualmente porque ello redundará en el desarrollo pleno de sus habilidades y experiencias de comunicación. [...] Aprender no sólo consiste en decodificar símbolos y almacenar la información en nuestro cerebro, aprender también consiste en saber interaccionar y obtener experiencias gratificantes con los recursos mediadores de nuestro entorno sociocultural".



Experiencias e Innovaciones (E+I)

Una Experiencia Sobre Hipertexto Cooperativo en la Clase de Química

Gregorio Jiménez Valverde y Anna Llitjós Viza
Universidad de Barcelona, España

Número 35/8
10-5-05

En esta comunicación se presenta una innovadora experiencia sobre hipertexto cooperativo que ha sido llevado a cabo durante tres cursos académicos en el IES Mercè Rodoreda de L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona) con alumnos pertenecientes al Ciclo Formativo de Grado Superior de Química Ambiental. La experiencia ha tenido lugar dentro de la unidad didáctica de "Iones en agua" correspondiente a la asignatura "Depuración de Aguas" durante los cursos 2001-02, 2002-03 y 2003-04.

En la actualidad, no es ninguna novedad indicar que estamos pasando de un modelo de sociedad industrial a un modelo de sociedad de la información, de la comunicación y del conocimiento, por ello nuestro mundo gira alrededor de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs) y una aplicación innovadora de este tipo de herramientas está modificando la concepción de la enseñanza, de las estrategias y de las técnicas de desarrollo que aplicamos, de los roles del profesorado y de los estudiantes. Simultáneamente, la enseñanza avanza hacia un modelo que se aleja cada vez más de la "clase magistral" como base de la instrucción, en la cual la figura del docente es el centro del sistema, y se dirige hacia un modelo que fomenta la participación del alumnado como medio fundamental del aprendizaje ("*student-centered learning*"), en el cual el profesorado ejerce de guía en dicho proceso. Esta nueva escuela ha de facilitar que el alumnado adquiera unas habilidades básicas que le permitan interactuar con los nuevos elementos culturales de comunicación, sabiendo seleccionar y utilizar el exceso de información que nos rodea para no ser un "analfabeto tecnológico", aunque se debe aceptar que, generalmente, el alumnado tiene una mayor predisposición y facilidad para interactuar con las TIC que el profesorado.

Podemos definir hipertexto como un documento compuesto de bloques de texto y los enlaces telemáticos que los unen. El hipertexto proporciona un medio multidimensional que representa de una forma natural el funcionamiento de la mente humana y que, al no estar constreñido a presentaciones lineales, permite que el alumnado elija libremente los hiperenlaces más adecuados en cada momento. Esta libertad de elección estimula la curiosidad de los estudiantes y además les permite administrar mejor su propio proceso de enseñanza, ya que pueden ajustar los itinerarios hipertextuales que eligen en función de sus propias necesidades, convirtiéndose, por tanto, en una herramienta que facilita el aprendizaje autónomo.

Los estudiantes adquieren y retienen el conocimiento cuando participan activamente en su construcción y la creación de materiales hipertexto (o hipermedia) permite al alumnado crear y organizar su propio conocimiento. La creación de materiales es una actividad centrada en el estudiante y la correcta ejecución de actividades centradas en el estudiante conduce a una mayor motivación, a una mayor retención del conocimiento, a una mayor comprensión y a actitudes más favorables respecto de la materia objeto de estudio. La creación de materiales hipermedia incita a los estudiantes a pensar cómo

representar una idea, cómo establecer relaciones entre ellas y cómo unir diferentes representaciones de las mismas.

La creación de hipertexto provoca automáticamente cooperación, ya que cualquier documento introducido en un sistema en red que soporte nexos electrónicos o telemáticos existe en cooperación con todos y cada uno de los documentos presentes en el sistema y, por tanto, todo documento electrónica o telemáticamente unido con otro coopera con él. De hecho, podríamos hablar de "ambientes de hipertexto cooperativo" como aquellos ambientes conducentes a la unión, mediante hiperenlaces, de un grupo de autores creadores de materiales hipermedia que cooperan desde diferentes instituciones o países. Internet sería uno de estos ambientes de hipertexto cooperativo, quizá el mayor de todos.

Este proyecto se inició en el curso 2001-02 con los alumnos de las tres clases del ciclo formativo. Los alumnos se organizaron en grupos cooperativos para realizar un proyecto sobre un ion en aguas. En concreto, cada proyecto debía tener, como mínimo, la siguiente información sobre el ion que les era asignado: presencia en aguas naturales, niveles máximos en aguas potables según la legislación española, técnicas de análisis de ese ion en aguas y efectos sobre la salud. Los alumnos tenían que realizar dicho proyecto en formato de página web utilizando un editor de HTML. En este estudio se utilizó un editor gratuito de HTML (Netscape Composer 4.78) y como sólo un 4% del alumnado tenía conocimientos previos de lenguaje HTML, las primeras clases destinadas a la realización del proyecto se dedicaron a explicar los procedimientos básicos para manejar dicho editor HTML y crear páginas web sencillas. Además de las explicaciones del profesor, los alumnos tenían disponible varios tutoriales sobre el uso de este editor HTML en forma de tutoriales web realizados con dicho programa (estos tutoriales se pueden consultar en <http://www.xtec.net/~gjimene2/licencia/tutorials/composer/>).

Una vez que los alumnos estaban habituados al uso del editor HTML, empezaron a realizar su proyecto en grupos cooperativos. El aprendizaje cooperativo es una técnica pedagógica en la que los estudiantes trabajan juntos hacia la consecución de un objetivo común. Las ventajas del aprendizaje cooperativo están ampliamente difundidas en la bibliografía y, entre las más destacables podríamos citar la siguientes: la mejora del rendimiento de los estudiantes, el desarrollo de habilidades cognitivas de alto orden, el incremento de la retención del conocimiento y de su participación activa y responsabilidad en el proceso de aprendizaje. El aprendizaje cooperativo también promueve el desarrollo de habilidades grupales específicas de la cooperación: el hecho de tener que buscar información sobre el ion en cuestión para completar su trabajo obligará a los miembros de un grupo a desarrollar determinadas habilidades grupales, como la negociación o la resolución de conflictos (deberán llegar a acuerdos, puesto que es un único proyecto lo que deben entregar). Buscar información en Internet también potenciará el desarrollo de razonamientos críticos sobre la información que allí encuentren, ya que ésta no está codificada y ellos serán los responsables de seleccionar la información correcta, estimulando su razonamiento crítico.

Pero además del trabajo cooperativo, lo que contribuye a que esta actividad sea una experiencia innovadora es el hipertexto cooperativo. Durante la realización del proyecto, el profesor animó a los estudiantes para que crearan tantos hiperenlaces como fuese posible. Los estudiantes podían crear enlaces en sus trabajos hacia páginas web ya existentes (enlaces externos) y nuevamente ponían en juego habilidades grupales para decidir qué páginas web se enlazaban a sus proyectos. Sin embargo, la cooperación hipertextual más valorada era aquella que unía los proyectos de diferentes grupos de

estudiantes (enlaces internos). De esta manera cuando en un proyecto de un ion determinado se citaba a otro ion (del cual otro grupo realizaba o había realizado un proyecto) era necesario crear un hiperenlace a la página principal del proyecto de este segundo ion. Durante los tres años en los que ha tenido la experiencia, los alumnos han tenido la posibilidad de crear hiperenlaces cooperativos con los proyectos de otros compañeros de su misma clase o de otra clase, pero también han tenido la posibilidad de cooperar, mediante hipertexto, con alumnos de promociones anteriores, ya graduados, con lo que se produce una cooperación a través del tiempo, y además los estudiantes de cursos anteriores se convierten en "educadores" de alumnos de promociones posteriores cuando éstos consultan la información que generaron aquéllos. De esta manera, la información creada por los estudiantes se va ampliando, con sucesivos hipervínculos cooperativos entre los proyectos, y los alumnos de las promociones posteriores disponen cada vez de mayor cantidad de información. Cuando un grupo necesitaba conocer la ubicación exacta de un proyecto de un curso anterior para poder crear el correspondiente hiperenlace, era fácil darle la URL de dicho proyecto, puesto que ya estaba colgado en nuestro servidor (<http://www.xtec.net>), pero cuando querían crear un enlace a un proyecto del mismo curso y que aún no estaba finalizado, no era tan sencillo complacer sus peticiones. Resolvimos este asunto creando ficheros .html vacíos y subiéndolos a nuestro servidor. La URL de este fichero vacío fue entregada al alumnado como si fuese la URL del proyecto ya acabado y, una vez el proyecto estaba efectivamente finalizado, el fichero vacío que había sido subido al servidor era sustituido por la página principal del proyecto finalizado.

Tal y como dijimos anteriormente, cualquier hiperenlace crea cooperación y, en ese sentido, enlazar a una página web ya existente (enlace externo) es igualmente un proceso de cooperación, sólo que en nuestro caso el ambiente de hipertexto cooperativo primario es nuestro propio servidor, e Internet es el ambiente de hipertexto cooperativo secundario, de ahí que se primara la creación de enlaces hipertextuales internos (en esta experiencia, son todos aquellos que empieza por <http://www.xtec.net/>).

En cuanto a la evaluación de esta experiencia sobre hipertexto cooperativo, cabe decir que la respuesta del alumnado la respaldó ampliamente, con un 70% de comentarios positivos en la encuesta que respondieron al finalizar la experiencia. Entre las ventajas que respondieron un mayor número de estudiantes, se encuentra el trabajo en grupo cooperativo, el aprendizaje de diseño de páginas web, el hipertexto cooperativo, el desarrollo de habilidades grupales de cooperación y el uso de Internet como fuente de información. Las principales desventajas que señalaron de esta experiencia fueron los problemas surgidos con miembros del mismo grupo de trabajo (algunos estudiantes están muy acostumbrados a trabajar individualmente) y la falta de tiempo o ayuda para completar el proyecto: parte del alumnado mostró un sentimiento de estar perdido durante la experiencia. A pesar de que el profesor hizo lo posible por atender todas las dudas que surgían, algunos estudiantes no tuvieron un rol activo durante la experiencia y se limitaron únicamente a que se les diera toda la información y se les dijera qué pasos seguir en cada momento. En este tipo de actividades centradas en el alumnado, éste tiene que tomar una actitud mucho más activa que en las actividades tradicionales de clase, ya que en caso contrario puede verse sobrepasado por el alcance de la actividad, no sabiendo qué hacer. Además de un cambio en la actitud del estudiante, este tipo de actividades centradas en el estudiante también exige un cambio en el papel que juega el profesorado: es necesario que se mueva de su posición centrada y segura y que ceda parte de la responsabilidad del proceso de aprendizaje en el alumnado, para que éste pueda construir mejor su propio conocimiento, aunque esto pueda causarle al profesorado cierta sensación de "pérdida del control" de las clases sólo al principio.

En resumen, la creación de proyectos basados en páginas web no sólo proporciona a los estudiantes una oportunidad de aprender química, sino que también les proporciona la oportunidad de desarrollar habilidades demandadas por la sociedad como son la cooperación, la búsqueda e interpretación de la información, el razonamiento crítico o el aprendizaje sobre la tecnología, todo ello de gran importancia para muchos profesores, padres y estudiantes en nuestra sociedad actual, altamente competitiva.

Todos los trabajos de los alumnos pueden consultarse en

<http://www.xtec.net/~gjimene2/licencia/students/>

Correo electrónico: gjimene2@xtec.net

Producción cooperativa de materiales hipermedia en espacios compartidos de trabajo: un caso de enseñanza de la Química

GREGORIO JIMÉNEZ VALVERDE
ANNA LLITJÓS VIZA

Universidad de Barcelona, España

En los últimos años ha habido un auge en el uso de Internet y de materiales hipermedia¹ en la enseñanza de la química (Jiménez y Llitjós, 2005). Estos materiales han venido a suplir las carencias de las que, en cuanto a interactividad, dinamismo y tridimensionalidad, adolecen los libros de texto y constituyen un avance cualitativo en la tecnología educativa, principalmente porque proporcionan un medio multidimensional que representa de una forma más natural el funcionamiento de la mente humana y que, al no estar constreñidos a presentaciones lineales, permiten que el alumnado elija libremente los hiperenlaces más adecuados en cada momento. Esta libertad de elección estimula la curiosidad de los estudiantes y además les permite administrar mejor su propio proceso de aprendizaje, ya que pueden ajustar los hiperenlaces que eligen en función de sus propias necesidades, convirtiéndose, por tanto, en una herramienta que facilita el aprendizaje autónomo (Delisle y Schwartz, 1989; Wittington, 1996). Calcaterra, Antonietti y Underwood (2005) recopilaron una serie de estudios sobre los materiales hipermedia en la educación y han concluido que se produce un mayor aprendizaje con materiales hipermedia que cuando la información se presenta de forma lineal.

Pero las ventajas educativas que presentan los materiales hipermedia van más allá del papel que juega el estudiante como lector o consumidor de los mismos, ya que el alumnado también puede producir dichos materiales, utilizando para ello *software* adecuado. Este *software* puede ser específico para contextos educativos determinados, como "HyCo" (García y García, 2005), "CoVis" (Bonk, Medury y Reynolds, 1994) o "CoWeb" (Guzdial, Rick y Kehoe, 2001), o puede ser genérico, como los editores HTML MS Frontpage, Macromedia Dreamweaver o Netscape Composer que, al ser del tipo WYSIWYG ("lo que ves, es lo que obtienes"), no requieren conocimientos de programación en código HTML para crear páginas web sencillas.

La producción de materiales hipermedia es un ejemplo de actividad centrada en el estudiante y permite al alumnado crear y organizar su propio conocimiento (Jonassen, 1991), ya que la producción de hipermedia incita a los estudiantes a pensar cómo representar una idea, cómo establecer relaciones entre ellas y cómo unir diferentes representaciones de las mismas (Lehrer, Erickson y Connell, 1994).

¹ Consideraremos hipertexto a cualquier documento compuesto de bloques de texto y los enlaces telemáticos que los unen. Estos bloques de texto constituyen lo que se denomina *nodos* del documento hipertextual. Si los nodos contienen información multimedia (texto e imágenes o vídeo, por ejemplo), hablaremos entonces de hipermedia, si bien hay autores que no realizan esta distinción y consideran hipertexto a cualquier documento asociativamente estructurado y no lineal, con independencia de la información contenida en los nodos.

En efecto, escribir el texto de un nodo supone tener que discriminar entre conceptos de tal forma que puedan ser presentados como unidades textuales comprensibles e independientes. Pensar sobre los enlaces necesarios para unir estos nodos puede contribuir a la comprensión de las relaciones semánticas entre los mismos. Por último, cuando se planifica la estructura total de un hipermedia, el estudiante tiene que procesar la estructura de su contenido. Debido a su no-linealidad, los hipertextos pueden ser leídos de diferentes maneras y por tanto el estudiante-creador tiene que anticipar las posibles perspectivas de los lectores para crear itinerarios flexibles de lectura, lo que conlleva un aumento de la comprensión de las estructuras semánticas del contenido (Bromme y Stahl, 2002).

Producción cooperativa de hipermedia

Los materiales hipermedia pueden ser producidos por grupos cooperativos de estudiantes, aprovechando los beneficios que se derivan de una correcta implantación de las técnicas cooperativas: mejora del rendimiento de los estudiantes, incremento de su responsabilidad y de su participación activa en el proceso de aprendizaje, mayor autoestima, mayor interés por la material objeto de estudio y relaciones interpersonales más positivas (Panitz y Panitz, 1998). La producción cooperativa de material hipermedia es complicada en el sentido en que los miembros de un grupo cooperativo tienen que ser conocedores de lo que el resto de miembros de su grupo está haciendo si se desea generar un resultado coherente. Por otra parte, necesitan también momentos de reflexión personal para formular sus propios pensamientos e ideas (Dahn *et al.*, 2002). Además, es necesario el desarrollo y la ejecución de determinadas habilidades grupales para generar un único proyecto homogéneo, entre las que destacamos la creación e intercambio de ideas entre miembros de un grupo, exposición de críticas y reflexiones fundamentadas, la justificación de puntos de vista, el respeto por opiniones ajenas, la resolución de conflictos, la toma de decisiones o la negociación (Bonk, Medury, Reynolds, 1994). Algunas herramientas de producción de materiales hipermedia han incorporado facilidades para el trabajo cooperativo con las que los estudiantes pueden estudiar independientemente y no sentirse aislados. Wittington (1996) ha revisado algunas de estas herramientas hipermedia o hipertextuales que proporcionan soporte para el trabajo cooperativo asistido por ordenador (CSCW): MUCH, MOLE, CLARE o CSILE.

Sin embargo, Chen (1997) ha sugerido el uso de espacios compartidos de trabajo (*shared workspaces*) como soporte informático para poder crear hipermedia cooperativamente, y diversos estudios y autores (Cabero, 2003; Whittaker, Geelhoed y Robinson, 1993) han constatado la idoneidad de los espacios compartidos de trabajo como herramientas informáticas que dan soporte a la cooperación telemática (o distribuida). Los espacios compartidos de trabajo son un tipo de *groupware* (Jiménez y Lliujós, 2006a) consistente en áreas virtuales en donde los miembros de un grupo cooperativo pueden compartir información y documentos, gestionar datos y estar informados del trabajo de los otros miembros del grupo, dentro de un proyecto determinado, mediante un ambiente integrado de comunicación, normalmente asincrónica (es decir, en tiempo diferido), lo que permite el acceso e intercambio de documentos o información en cualquier momento y lugar, de modo que todos los miembros del grupo reciben información sobre el proceso global que tiene lugar dentro del espacio compartido de trabajo, incluyendo todas las acciones efectuadas en el entorno telemático desde la última vez que se conectaron a él (*workspace awareness*) (Gutwin y Greenberg, 2004).

Hipertexto cooperativo

La producción de hipermedia provoca automáticamente además otro tipo de cooperación, llamada *hipertexto cooperativo* (o *hipermedia cooperativo*), ya que cualquier documento introducido en un sistema en red que soporte enlaces electrónicos o telemáticos existe en cooperación con todos y cada uno de los documentos presentes en el sistema y, por tanto, todo documento electrónica o telemáticamente unido con otro coopera con él (Landow, 1995). De hecho, Jonassen (1991) ha definido hipertexto en términos de cooperación: "software informático para organizar y almacenar información, a la que se accede de manera no secuencial y que se construye cooperativamente por autores y usuarios". En esta definición, Jonassen menciona el papel de "constructor" del usuario: esto sucede, según Landow cuando el usuario crea un hiperenlace al documento original, convirtiéndose en un nuevo autor y produciéndose, por tanto, un hipertexto cooperativo. Un ejemplo de la transformación de un lector de hipertexto a productor de hipertexto lo constituiría la *Internet Movie Data Base* (www.imdb.com) en la que los usuarios pueden acceder a información hipertextual sobre cine, pero tienen la posibilidad de ir completando y ampliando la información allí contenida, para que sea consultada por otros usuarios.

Estas formas de cooperación a través de hiperenlaces tienen lugar en lo que MacDonald-Ross (1996) ha definido como *ambientes de hipertexto cooperativo*, es decir, ambientes conducentes a la unión, mediante hiperenlaces, de un grupo de autores productores de materiales hipermedia que cooperan desde diferentes instituciones o países. Por ejemplo, www.imdb.com sería uno de estos ambientes de hipertexto cooperativo y la propia Internet sería otro, quizá el mayor de todos. La producción de materiales hipermedia promueve, por tanto, la cooperación entre estudiantes: el hecho de enlazar, mediante hiperenlaces, un proyecto web con otro documento web (sea otro proyecto web producido por estudiantes o una página web externa) crea cooperación, según Landow (1995).

Filtrado cooperativo

Una última posibilidad cooperativa que ofrece la producción de materiales hipermedia es el *filtrado cooperativo* (Goldberg *et al.*, 1992). Conforme se van creando más proyectos hipermedia en un mismo ambiente de hipertexto cooperativo, la información disponible va aumentando y esto puede desbordar la capacidad de un lector que desee consultar la información allí contenida. El filtrado cooperativo implica que los consumidores de un material hipermedia dejan registrada su opinión sobre estos materiales y los siguientes lectores del mismo material pueden aprovechar estas opiniones para *filtrar* los materiales que sean relevantes para ellos de aquellos que no lo son. El filtrado cooperativo de información permite que personas con intereses comunes puedan compartir sus ideas y opiniones (MacDonald-Ross, 1996); por ejemplo, las opiniones que dejan registradas los compradores en tiendas virtuales como *fnac.es* o *amazon.com* pueden influir en la decisión que tome un potencial comprador de alguno de los productos que venden dichas tiendas. En algunos filtrados cooperativos, el autor original del material hipermedia recibe *feedback* de los comentarios que ha ido recibiendo dicho material (Wolf, 2002).

Metodología de la investigación

El presente estudio se llevó a cabo durante los cursos 2001-02, 2002-03 y 2003-04 en el IES Mercè Rodoreda de L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona) con estudiantes del Ciclo Formativo de Grado Superior de

Química Ambiental. Los materiales hipermedia se crearon dentro de la unidad didáctica "iones en aguas" correspondiente a la asignatura "Técnicas fisicoquímicas, químicas y microbiológicas de análisis de aguas". En el CFGS de Química Ambiental se matriculan cada año unos 45 estudiantes que, para esta asignatura, se estructuran en tres grupos-clase, de aproximadamente 15 estudiantes cada uno. Con anterioridad al inicio de esta experiencia, el alumnado recibe formación sobre el trabajo en grupos cooperativos en la asignatura de "Relaciones en el Entorno de Trabajo", del mismo ciclo formativo.

Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas anteriormente sobre la conveniencia de usar espacios compartidos de trabajo para la producción cooperativa de hipermedia, se utilizaron dos herramientas informáticas de este tipo. En principio, optamos por un sistema de espacios compartidos de trabajo de tipo hipertexto distribuido, es decir, un entorno telemático al cual poder acceder desde cualquier ordenador con conexión a Internet, a diferencia de otros espacios compartidos de trabajo del tipo de bases de datos especiales, como Lotus Notes. Debido a la rápida evolución y expansión de Internet, los espacios compartidos de trabajo basados en hipertexto distribuido han aumentado significativamente su importancia, teniendo en cuenta además que cuando se usan tecnologías *groupware* como Lotus Notes pueden surgir problemas de integración e interoperabilidad entre usuarios que utilizan versiones diferentes de un mismo *software* (Klößner, 2000), aunque este tipo de *software* también ha sido utilizado como soporte informático en experiencias educativas de producción de hipermedia (Jones, 2002-2003).

Internet es, de hecho, una plataforma adecuada para las diferentes aplicaciones *groupware*. Las principales ventajas del uso de la web como plataforma para la cooperación *on-line* son las siguientes (Gómez-Skarmeta, García y Martínez, 2003; Klößner, 2000):

- Los navegadores de Internet están disponibles para todos los sistemas operativos y plataformas.
- La apariencia de una página HTML es prácticamente la misma en todos los sistemas y plataformas, ofreciendo así una presentación consistente de la información.
- La información en los navegadores es conforme al estándar MIME, lo que significa que el formato y el tipo de ficheros son añadidos después de la transferencia. Esto permite al navegador decidir acerca de los caminos para procesar y/o presentar el fichero o si lo envía a otra aplicación, con lo que se permite la conversión automática del documento entre diferentes sistemas, plataformas o aplicaciones de eventos.
- Los navegadores son gratuitos y están instalados en la mayoría de los sistemas operativos.
- El uso de navegadores es sencillo y de fácil aprendizaje.
- Internet permite integrar con relativa facilidad diversos sistemas *groupware*: *e-mail*, pizarra cooperativa, espacios compartidos de trabajo, hipertexto cooperativo, foros, *chats*...

El sistema de espacios compartidos de trabajo elegido inicialmente fue la plataforma BSCW (Jiménez y Lliujós, 2006a), que además presenta la ventaja adicional de que es gratuito. Durante el curso 2003-04, se estimó oportuno cambiar el BSCW por el recién lanzado sistema Synergeia (Jiménez, Núñez y Lliujós, 2006), que constituye una versión del BSCW optimizada para contextos educativos. Tanto BSCW como Synergeia son entornos telemáticos gratuitos que posibilitan el trabajo cooperativo entre estudiantes que no necesariamente coinciden en el espacio o en el tiempo, lo cual resulta de mucha utilidad –por no decir que

son imprescindibles– cuando estudiantes de distintos grupos-clase deben generar un único proyecto. En este aspecto es importante destacar el *servicio de eventos* que ofrecen tanto BSCW como Synergiea y que permite que los miembros de un grupo estén informados de todos los movimientos sucedidos en las carpetas de trabajo de las que son miembros, para poder coordinar la producción del proyecto web (Jiménez y Llitjós, 2006b).

En cada curso escolar, las primeras sesiones de la investigación se destinaron al aprendizaje y familiarización de BSCW o Synergiea y, dado que menos del 5% del alumnado de cada curso escolar tenía conocimientos previos sobre cómo crear una página web, también se explicaron los procedimientos básicos del programa informático elegido para crear páginas web. El editor HTML elegido fue Netscape Composer 4.78² porque, además de ser gratuito, se integra adecuadamente con los entornos BSCW y Synergiea³. El profesor puso a disposición del alumnado unos tutoriales web sobre el manejo del BSCW o Synergiea y de Netscape Composer 4.78 (tabla 1).

TABLA 1
Tutoriales web

TUTORIALES	URL
Netscape Composer 4.78	http://www.xtec.net/~gjimene2/licencia/tutorials/composer/
Synergiea ^a	http://www.synergiea.info/

^aEste tutorial corresponde a una versión más completa que la que utilizó el alumnado durante el curso 2003-04.

Una vez que el alumnado se había habituado al uso de Netscape Composer y al trabajo en espacios compartidos de trabajo, empezaron propiamente las sesiones para realizar el proyecto grupal. Para ello, los estudiantes se organizaron en grupos cooperativos, de 2 a 4 estudiantes, a veces pertenecientes a diferentes grupos-clase, para realizar el proyecto asignado.

En cuanto al proyecto de los estudiantes, es necesario tener en cuenta que el material que se utiliza en las sesiones de trabajo cooperativo ha de favorecer el desarrollo de la actividad y ha de evitar al mismo tiempo que potencie únicamente un tipo de aprendizaje memorístico, repetitivo o de simple interpretación de la información presentada. Corresponde al docente presentar materiales no completos que lleven al estudiante a la búsqueda de otros materiales, que pueden estar tanto dentro como fuera del entorno telemático de aprendizaje cooperativo, y que al mismo tiempo puedan estar soportados en diferentes códigos de información. Indirectamente este tipo de actividades propicia el desarrollo de actividades de análisis, búsqueda, interpretación y selección de la información por parte de los estudiantes (Cabero, 2003). En este sentido, los estudiantes tuvieron que realizar un proyecto, en formato de página web, sobre un ion en aguas. En concreto, cada proyecto debía incluir, como mínimo, las siguientes secciones: presencia en aguas naturales, niveles máximos en aguas potables según la legislación española, métodos de análisis de ese ion en aguas y efectos sobre la salud.

² Netscape Composer 4.78 está incluido en Netscape Communicator 4.78 y puede descargarse gratuitamente en http://ftp.netscape.com/pub/communicator/spanish/4.78/windows/windows95_or_nt/complete_install/cc32d478.exe (consulta: mayo 2006).

³ La versión actual del BSCW (4.3.2) incorpora de manera integrada un editor HTML del tipo WYSIWYG, similar a Netscape Composer 4.78. Durante los cursos 2001-02 y 2002-03, en los que se utilizó el BSCW, esta funcionalidad no estaba aún incluida.

FIGURA 1
Página principal del proyecto de los nitratos (curso 2003-04)



En este estudio, se consideraron dos *ambientes de hipertexto cooperativo*: uno primario (nuestro servidor www.xtec.net) y otro secundario (el resto de Internet). En el ambiente primario se alojan las versiones finales de los diferentes proyectos web de los estudiantes. Inicialmente, los estudiantes crean cooperativamente sus proyectos en el servidor BSCW o Synergeia, con ayuda de las funcionalidades que esas plataformas ofrecen para la cooperación distribuida y, una vez concluidos, el profesor realiza una copia de todos ellos en el servidor www.xtec.net, que es de acceso público.

Respecto a los hiperenlaces en el ambiente primario, si en un proyecto se nombraba o se citaba un ion del cual se había creado o se estaba creando otro proyecto, era obligatorio establecer un hiperenlace entre ambos proyectos (en caso contrario, había una penalización académica). En cuanto al ambiente secundario, el profesor animó a los estudiantes a que crearan tantos enlaces como fuese posible a aquellas páginas web que pudieran complementar o ampliar la información de sus proyectos. Si bien cualquier enlace constituye un hipertexto cooperativo, consideramos únicamente como tal los hiperenlaces dentro del ambiente primario, ya que son los que fomentan una cooperación directa entre estudiantes, aunque estos sean de promociones académicas diferentes. En este último caso hablamos de *hipercooperación diferida*.

FIGURA 2

Muestra de hipertexto cooperativo entre el proyecto del plomo (curso 2002-03) y el proyecto sobre el hierro (curso 2001-02). Al corresponder a dos promociones académicas diferentes, constituye un ejemplo de *hipercooperación diferida* entre estudiantes

The image shows two web pages. The top page, titled 'Presencia en aguas del Pb (2002-03)', has a sidebar with links: Inicio, Propiedades físico-químicas, Fotografía, Presencia en aguas, Legislación, and Técnicas de. The main text discusses Chromium and lists elements: Talio, Escandio, Silicio, Selenio, Plata and Lantano. A blue arrow points from the 'Selenio' link to the bottom page. The bottom page, titled 'Página principal del Se (2001-02)', has a sidebar with links: INICIO, PROPIEDADES F/Q, FOTOGRAFIA, PRESENCIA EN AGUAS, LEGISLACIÓN, TÉCNICAS ANALISIS, and CURIOSIDADES. The main text welcomes users to the 'Selenium' world and includes a periodic table entry for Selenium (Se, atomic number 34, atomic weight 78.96 ± 2.46) and the text 'Un saludo SuperSara-SuperEstrella del megagrupo B CF65 Química Ambiental - IES MERCÉ RODORÉDA (2001-02)'. A link 'volver a la página principal de los metales' is at the bottom.

Los estudiantes tuvieron que consultar Internet no sólo para encontrar páginas web con las que enlazar sus proyectos (ambiente de hipertexto cooperativo secundario), sino también para buscar la información necesaria para completarlos. Tanto en un caso como en el otro, los estudiantes debían analizar la información de las páginas web que consultaban, teniendo que rechazar aquellas con errores o información química incorrecta. La navegación por Internet potenció no únicamente el espíritu crítico y la necesidad de analizar correctamente la información encontrada, sino que también lo hizo con el desarrollo de habilidades grupales, tales como la negociación y la toma de decisiones, ya que constantemente los miembros de un grupo cooperativo debían llegar a acuerdos sobre las páginas web encontradas, bien para extraer información sobre ellas o bien para decidir sobre la creación de un hiperenlace a dicha página.

Los proyectos hipermedia fueron calificados de acuerdo con una evaluación cooperativa, según la cual el 85% de la puntuación final del proyecto de un grupo la otorgaba el profesor y el 15% restante, los estudiantes de otros grupos. Para evaluar los proyectos web, estudiantes y profesor utilizaron la misma plantilla, en la que los ítems a evaluar se distribuyen en 5 categorías: aspectos funcionales, aspectos técnicos y estéticos, aspectos científicos, aspectos pedagógicos y justificación de la calificación otorgada y otras observaciones. Estas observaciones realizadas por el alumnado y aquellas que futuros estudiantes realicen sobre éstos o sobre nuevos proyectos ayudarán a futuros lectores de los proyectos a realizar *filtrados cooperativos* de los mismos. Algunas de estas observaciones fueron las siguientes:

"El entorno es agradable. La letra quizá un pelín pequeña y dispar en el tamaño en alguna página aislada. Lo que más me ha gustado del trabajo son los dos niveles de aprendizaje que presenta la página: aparte del texto (que no se hace pesado) hay múltiples links externos que amplían, adecuadamente, la información. Así el lector interesado podrá explorar por su cuenta y el no interesado no se agobiará con un exceso de información en la página".

"El trabajo está completo, pero hay un exceso de iconos y escasez en enlaces externos".

"La información es objetiva con un par de detalles cómicos. Está muy bien aunque no pude ver (la sección de) la toma de muestras".

"La página principal tenía errores y no pude visualizarla. La bibliografía no está indicada. La letra quizás sea un poco pequeña, pero el contenido lo considero muy bueno".

"A pesar de que faltan algunas cosas, creo que la calidad de los contenidos de esta página es alta, aunque los aspectos estéticos y técnicos han quedado de lado".

"Está todo lo que había que realizar y además presenta un ambiente agradable y claro".

"Considero muy aceptable la apariencia y contenidos de la página de mis compañeros".

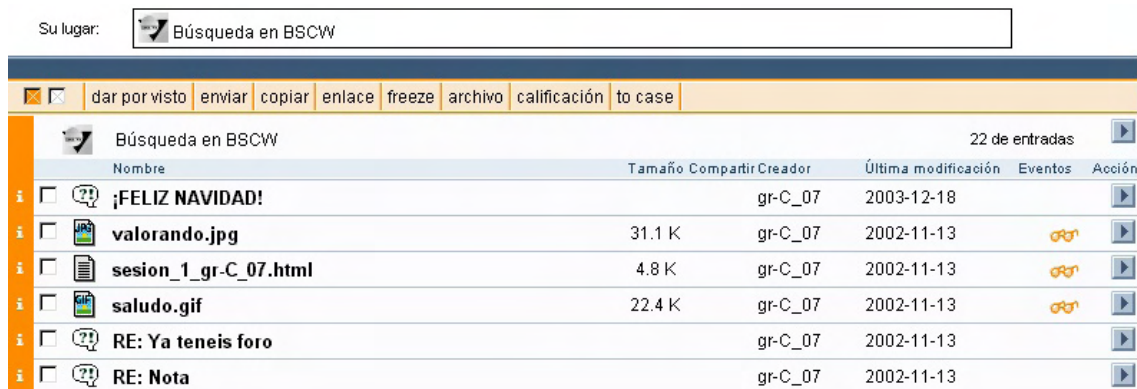
A partir de la nota del proyecto de grupo, el profesor dedujo una nota individualizada para cada estudiante siguiendo el método propuesto por Jiménez (2006), según el cual los estudiantes tuvieron que valorar confidencialmente el cumplimiento de las responsabilidades grupales (*ciudadanía de equipo*) de ellos mismos y del resto de miembros de su grupo cooperativo, mediante una evaluación entre iguales. A partir de estas valoraciones, el profesor obtuvo un factor de corrección individual que, aplicado a la nota común de grupo, permitió deducir calificaciones personalizadas para cada estudiante.

Stahl (2002) propone tres métodos para evaluar los datos de un proceso de construcción de hipertexto: el análisis de la actividad, la evaluación de datos verbales mediante entrevistas o métodos retrospectivos y la autoevaluación de los estudiantes durante el proceso de construcción. Teniendo en cuenta que los estudiantes ya realizaron una autoevaluación dentro del proceso global para deducir notas individualizadas a partir de la nota de grupo, y recogiendo las sugerencias de Mason (1992) e Ingram (1999-2000), se utilizó el análisis de los *logs* que BSCW y Synergeia registran automáticamente sobre las actividades que tienen lugar en ellos y el historial de modificaciones de un objeto. A partir de esta información, el profesor pudo saber el total de todas las interacciones de cada estudiante con el entorno telemático, ordenadas cronológicamente. Aunque se trata de una información básicamente cuantitativa, puede ser de utilidad al profesorado ya que permite ver si un estudiante ha ido participando regularmente a lo largo de la duración de la experiencia o si, por el contrario, sus únicas interacciones tuvieron lugar únicamente durante los días previos a la entrega del proyecto final.

También es posible ver si el estudiante únicamente se ha limitado a la consulta y lectura del material colgado en el servidor o si ha participado activamente, aportando material al servidor, editando documentos, participando en los foros, etc. A partir de esta información generada por el servidor BSCW o Synergeia, el profesor matizó la nota individual de cada estudiante sumando o restando hasta cinco puntos porcentuales.

FIGURA 3

Extracto del resultado de la búsqueda de las acciones realizadas por el alumno "gr-C_07" en el entorno BSCW



Todos los proyectos hipermedia creados por los estudiantes pueden consultarse en:
<http://www.ionesenagua.com/>

Resultados y discusión

El alumnado de los cursos 2001-02 y 2002-03 ya había mostrado su aceptación al trabajo en espacios compartidos de trabajo (Jiménez y Llitjós, 2006a), por tanto se estimó conveniente que el alumnado del curso 2003-04 se pronunciara sobre la producción de hipermedia y el trabajo en grupos cooperativos. Para ello, completaron dos cuestionarios. En el primero, los estudiantes (n=30) tuvieron que evaluar en una escala Likert del 1 al 7 (1=muy negativo; 7=muy positivo), cuatro aspectos de este estudio (tabla 2).

TABLA 2
 Resultados obtenidos en la primera encuesta

	MEDIANA	RANGO INTERCUARTÍLICO
Utilización del editor HTML Netscape Composer 4.78 que, aunque es limitado en sus opciones, es gratuito y de fácil uso	6,00	2,00
Realización de trabajos en grupos (cooperativos) con estudiantes de otros grupos-clase	6,00	1,25
Posibilidad de "negociar" carpetas y páginas web	6,00	2,00
Valoración global de la experiencia de producción de material hipermedia en espacios compartidos de trabajo	5,00	1,25

El *feedback* obtenido a través de este primer cuestionario fue positivo y constructivo. Todos los aspectos (incluyendo el de la valoración global de la experiencia) recibieron una puntuación que generó una mediana igual o superior a 5, lo que indica que la mayoría de estudiantes los consideró "positivos". Las medianas más altas correspondieron al uso de editores HTML gratuitos, al trabajo en grupos cooperativos y

a la posibilidad de negociar del entorno Synergeia. Esta elevada mediana en lo referente al trabajo en grupos cooperativos está en consonancia con la respuesta obtenida en la encuesta de respuesta libre que se comenta a continuación. La opción de "negociar" del entorno Synergeia, por su parte, constituye una de las principales novedades de este sistema respecto del BSCW y obliga a los estudiantes a votar cada una de las secciones del proyecto que están generando, siendo necesario el voto positivo de una mayoría de los miembros de ese grupo para obtener el visto bueno final (Jiménez y Lliujós, 2006b). La negociación, según Stahl (2003), es un "fenómeno central" en el aprendizaje cooperativo y la mayoría de estudiantes valoró muy positivamente el hecho de que todos los componentes del grupo tuvieran que implicarse en cada una de las secciones del proyecto a través del sistema de votaciones de Synergeia. No obstante, el hecho de que una minoría de estudiantes mostrara una actitud poco cooperativa, como también queda reflejado en la encuesta de respuesta libre, provocó quejas en algunos estudiantes que les llevó a votar en contra de esta funcionalidad, lo que hizo que la dispersión en esta respuesta, medida como rango intercuartílico (franja en la que se concentra el 50% central de las respuestas), fuera más elevada que en otras, aun siendo una dispersión relativamente baja.

La otra respuesta que obtuvo un rango intercuartílico relativamente elevado fue el uso de un editor HTML gratuito. En esta ocasión, la variabilidad fue debida a que los estudiantes que no tenían conocimientos previos sobre cómo crear una página web consideraron acertada la decisión haber elegido un editor HTML gratuito y sencillo para el desarrollo de esta experiencia, mientras que la minoría de estudiantes que tenían sólidos conocimientos sobre cómo crear páginas web encontró negativo o muy negativo el uso de este editor, por lo limitado de sus funciones, en comparación con otros editores HTML comerciales más potentes, a los cuales estaban acostumbrados (dominaban programas como *Dreamweaver* o *Frontpage*).

En cuanto a la segunda encuesta, de respuesta libre, se pidió a los estudiantes que especificaran cuáles habían sido en su opinión los tres aspectos más positivos (o ventajas) y los tres más negativos (o desventajas) de esta experiencia (tabla 3).

TABLA 3
Categorización de los comentarios a la pregunta: "Indica cuáles han sido los tres aspectos más positivos y los tres más negativos de esta experiencia"

ASPECTOS POSITIVOS	% ^a	ASPECTOS NEGATIVOS	% ^a
Trabajar en grupos cooperativos	15,8	Problemas con miembros del grupo	5,2
Aprender a crear páginas web	13,9	No hubo suficiente tiempo para completar la tarea	5,2
Hipertexto cooperativo	8,7	Ayuda insuficiente	5,2
Desarrollo de habilidades grupales	7,8	Pocas opciones en Netscape Composer	4,3
Uso de Internet como fuente de información	7,0	Dificultades técnicas	2,6
Enfoque distinto a la instrucción tradicional	5,2	Sin Internet en casa, no puedo trabajar allí	2,6
Posibilidad de trabajar en casa	5,2	Otros	5,2
Publicar los proyectos en Internet	3,5		
Otros	2,6		

^aEstos porcentajes representan la fracción de todos los comentarios realizados por todos los estudiantes que pertenecen a cada categoría.

A la luz de las respuestas del alumnado, conviene destacar en primer lugar que, a pesar de que se podía esperar un 50% de aspectos positivos y otro 50% de aspectos negativos, lo cierto es que algunos estudiantes no llegaron a enumerar 3 aspectos negativos y la proporción final reflejó una mayoría de aspectos positivos (70%). Los aspectos más positivos, según los estudiantes, estaban relacionados con el trabajo en grupos cooperativos y con el aprendizaje sobre cómo crear páginas web. La posibilidad de cooperar con estudiantes de promociones anteriores, ya graduados, y con estudiantes de otros grupos-clase, a través del hipertexto cooperativo, obtuvo un alto porcentaje, similar al que obtuvieron el desarrollo de habilidades grupales (como la negociación, tal y como quedó reflejado en el primer cuestionario) y al uso de Internet como fuente de información. El poder trabajar en casa (para aquellos que disponían de conexión a Internet en casa) y el diferente e innovador enfoque educativo con el que estudiaron esta unidad didáctica fueron igualmente mencionados dentro de los aspectos positivos.

Las desventajas citadas con mayor frecuencia por los estudiantes estaban relacionadas con problemas con los miembros de sus grupos cooperativos: algunos estudiantes aún están demasiado acostumbrados a trabajar individualmente y muestran cierta resistencia al trabajo en grupo; otros, en cambio, se quejaron de que algún compañero había mostrado una ciudadanía de equipo pobre (Jiménez, 2006), eludiendo sus compromisos grupales e intentando sacar provecho académico del resto de miembros de su grupo. También mostraron su descontento con la falta de tiempo o de ayuda durante la realización del proyecto e incluso algunos estudiantes manifestaron haber tenido la sensación de estar perdidos durante el proyecto, bien en las sesiones de aprendizaje del editor HTML, en Internet en la búsqueda de información para el proyecto o cuando creaban las páginas web para el mismo. La sensación de "estar perdido en el hiperespacio" o el problema de la desorientación han sido expuestos en otros estudios y experiencias previos en hipertexto educativo (Allison y Hammond, 1990). A pesar de que el profesor se prestó para atender todas las dudas de los estudiantes (uno de ellos señaló en el cuestionario como principal desventaja "no puedes secuestrar al profesor para que te explique los detalles") y de que éstos disponían de tutoriales de ayuda creados por el propio profesor, algunos estudiantes no mostraron una actitud activa y simplemente esperaban a que se les diera toda la información y se les indicara los pasos a seguir. En la instrucción tradicional, el docente es el centro de la clase y en él recae la responsabilidad del proceso educativo, ya que es responsable de establecer los objetivos de los estudiantes. El alumnado suele mostrarse pasivo o, en el mejor de los casos, adoptar una actitud simplemente responsable. El éxito para los estudiantes consiste en cumplir los objetivos determinados por el docente (Bednar *et al.*, 1992; Verbeeten, 2001-2002). En la instrucción centrada en el alumnado, sin embargo, los estudiantes han de asumir más responsabilidades para alcanzar el éxito (Hannafin, 1994), de tal manera que si adoptan una actitud pasiva pueden sentirse abrumados por el alcance de la actividad, sin saber qué tipo de información deben analizar, qué hacer con la información una vez ha sido localizada o si la información que han encontrado les ayuda a resolver el problema o completar la actividad (Brush y Saye, 2001). Muy probablemente, la mayor parte de los estudiantes que contestaron "no hubo suficiente tiempo para completar la tarea" o "ayuda insuficiente" no mostraron una actitud suficientemente activa.

Menos mencionadas fueron otras desventajas encontradas, como el menor número de opciones que presenta Netscape Composer en comparación con otros editores HTML comerciales, los problemas técnicos que surgieron (con el *hardware*, con la conexión a Internet o la caída temporal de los servidores BSCW y Synergeia) o la imposibilidad de seguir trabajando en casa al no tener conexión a Internet, aunque el cómputo de horas presenciales asignadas a la realización del proyecto fueron adecuadas para la mayor parte del alumnado.

Conclusiones y valoración

La producción cooperativa de material hipermedia, con el soporte de una plataforma de espacios compartidos de trabajo, constituye una modalidad alternativa e innovadora de aprendizaje cooperativo que integra las TICs en el aula y además lo hace en un contexto de cooperación. A pesar de los escasos o nulos conocimientos en editores HTML que presentaba inicialmente el alumnado, los estudiantes han creado sus propios proyectos web sobre el agua y han mostrado una actitud favorable tanto al aprendizaje de producción de hipermedia como al trabajo cooperativo. La creación de páginas web puede ser motivadora para el alumnado debido a la audiencia potencial que pueden tener los proyectos creados. Estas páginas pueden ofrecer cierta interacción a los lectores y por tanto, los proyectos web son algo más que contenedores pasivos de información.

Durante los tres años en los que se ha desarrollado la investigación, los estudiantes han tenido la posibilidad de crear hiperenlaces cooperativos con los proyectos de otros compañeros de su misma clase o de otra clase, pero también han tenido la posibilidad de cooperar, mediante hipertexto, con estudiantes de promociones anteriores, ya graduados, con lo que se produce una cooperación a través del tiempo, y además el alumnado de cursos previos se convierte en "educador" de los estudiantes de promociones posteriores cuando éstos consultan la información que generaron aquéllos. El hecho de saber que su trabajo será consultado –e incluso ampliado– por futuros estudiantes anima al alumnado a producir un trabajo de mayor calidad (Downing y Brown, 1997).

En las actividades centradas en el estudiante, como el aprendizaje cooperativo o la producción de materiales hipermedia, el alumnado tiene que tomar una actitud mucho más activa que en las actividades tradicionales de clase, ya que en caso contrario puede verse sobrepasado por el alcance de la actividad, no sabiendo qué hacer. Pero además de un cambio en la actitud del estudiante, este tipo de actividades exige un cambio en el papel que juega el profesorado: es necesario que se mueva de su posición centrada y segura y que ceda parte de la responsabilidad del proceso de aprendizaje en el alumnado, para que éste pueda construir mejor su propio conocimiento, aunque esto pueda causarle al profesorado cierta sensación de "pérdida del control" de las clases, sólo al principio.

En resumen, la creación de proyectos basados en páginas web no sólo proporciona a los estudiantes una oportunidad de aprender química, sino que también les proporciona la oportunidad de desarrollar habilidades demandadas por la sociedad como son la cooperación, la búsqueda e interpretación de la información, el razonamiento crítico o el aprendizaje sobre la tecnología, todo ello de gran importancia para muchos docentes, padres y estudiantes en nuestra sociedad actual, altamente competitiva.

Bibliografía

- ALLINSON, L., y HAMMOND, N. (1990): "Learning Support Environments: Rationale and Evaluation", en *Computers & Education*, 15 (1/3), pp.137-143.
- BEDNAR, A. K.; CUNNINGHAM, D.; DUFFY, T. M., y PERRY, J. D. (1992): "Theory Into Practice: How do we Link?", en T. M. DUFFY, y D. H. JONASSEN (eds.): *Constructivism and the Technology of Instruction: A Conversation*. Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates, pp. 17-34.

- BONK, C. J.; MEDURY, P. V., y REYNOLDS, T. H. (1994): "Cooperative Hypermedia: The Marriage of Collaborative Writing and Mediated Environments", en *Computers in the Schools*, 10 (1/2), pp. 79-124.
- BROMME, R., y STAHL, E. (2002): "Learning by Producing Hypertext from Reader Perspective: Cognitive Flexibility Theory Reconsidered", en R. BROMME y E. STAHL (eds.): *Writing Hypertext and Learning. Conceptual and Empirical Approaches*. Oxford, Pergamon, pp. 39-61.
- BRUSH, T., y SAYE, J. (2001): "The Use of Embedded Scaffolds with Hypermedia-Supported Student-Centered Learning", en *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 10 (4), pp. 333-356.
- CABERO, J. (2003): "Principios pedagógicos, psicológicos y sociológicos del trabajo colaborativo: su proyección en la teleenseñanza", en F. MARTÍNEZ (ed.): *Redes de comunicación en la enseñanza*. Barcelona, Paidós Ibérica, pp. 129-156.
- CALCATERRA, A.; ANTONIETTI, A., y UNDERWOOD, J. (2005): "Cognitive Style, Hypermedia Navigation and Learning", en *Computers & Education*, 44 (4), pp. 441-457.
- CHEN, C. (1997): "Writing with Collaborative Hypertext: Analysis and Modeling", en *Journal of the American Society for Information Science*, 48 (11), pp. 1049-1066.
- DAHAN, I.; ARMBRUSTER, M.; FURBACH, U., y SCHWABE, G. (2002): "Slicing Books – The Authors' perspective", en R. BROMME y E. STAHL (eds.): *Writing Hypertext and Learning. Conceptual and Empirical Approaches*. Oxford, Pergamon, pp. 125-151.
- DELISLE, N., y SCHWARTZ, M. D. (1989): "Collaborative Writing with Hypertext", en *IEEE Transactions on Professional Communication*, 32 (3), pp. 183-188.
- DOWNING, T., y BROWN, I. (1997): "Learning by Cooperative Publishing on the World Wide Web", en *Active Learning*, 7, pp. 14-16.
- GOLDBERG, D.; NICHOLS, D.; OKI, B. M., y TERRY, D. (1992): "Using Collaborative Filtering to Weave an Information Tapestry", en *Communications of the ACM*, 35 (12), pp. 61-70.
- GARCÍA, F. J., y GARCÍA, J. (2005): "Educational Hypermedia Resources Facilitator", en *Computers & Education*, 44 (3), pp. 301-325.
- GÓMEZ-SKARMETA, A. F.; GARCÍA, M. E., y MARTÍNEZ, M. A. (2003): "Nuevas tecnologías y herramientas en la teleformación", en F. MARTÍNEZ (ed.), *Redes de comunicación en la enseñanza*. Barcelona, Paidós Ibérica, pp. 227-258.
- GUTWIN, C., y GREENBERG, S. (2004): "The Importance of Awareness for Team Cognition in Distributed Collaboration", en E. SALAS y S. M. FIORE (eds.): *Team Cognition: Understanding the Factors that Drive Process and Performance*, Washington, APA Press, pp. 177-201.
- GUZDIAL, M.; RICK, J., y KEHOE, C. (2001): "Beyond Adoption to Invention: Teacher-Created Collaborative Activities in Higher Education", en *Journal of the Learning Sciences*, 10 (3), pp. 265-279.
- HANNAFIN, M. J.; HALL, C.; LAND, S., y HILL, J. (1994): "Learning in Open-Ended Environments: Assumptions, Methods, and Implications", en *Educational Technology*, 34 (8), pp. 48-55.
- INGRAM, A. L. (1999/2000): "Using Web Server Logs in Evaluating Instructional Web Sites", en *Journal of Educational Technology Systems*, 28 (2), pp. 137-157.
- JIMÉNEZ, G. (2006): "Obtención de notas individuales a partir de una nota de grupo mediante una evaluación cooperativa", en *Revista Iberoamericana de Educación*, n.º 38/5, OEI <<http://www.rieoei.org/1221.htm>>, [consulta: mayo 2006].
- , y LLITJÓS, A. (2005): "Recursos didácticos informáticos en la enseñanza de la química: una perspectiva histórica", en *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 101 (3), pp. 47-53.
- , y LLITJÓS, A. (2006a): "Cooperación en entornos telemáticos en la enseñanza de la química", en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (1), pp. 115-133 <http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_1/Jimenez_y_Llitjos_2006.pdf> [consulta: mayo 2006].
- , y LLITJÓS, A. (2006b): "Procesos comunicativos en entornos telemáticos cooperativos", en *Comunicar. Revista de Medios de Comunicación y Educación*, 27, pp. 149-154.
- ; NÚÑEZ, E., y LLITJÓS, A. (2006): "Synergeia, un entorno telemático cooperativo en el área de ciencias", en *Alambique*, 50, pp. 84-90.

- JONASSEN, D. H. (1991): "Hypertext as Instructional Design", en *Educational Technology Research and Development*, 39 (1), pp. 83-92.
- KLÖCNER, K. (2000): "BSCW - Educational Servers and Services on the WWW", en *International C4-ICDE Conf. on Distance Education and Open Learning 'Competition, Collaboration, Continuity, Change'*, Adelaide, <<http://bscw.fit.fraunhofer.de/Papers/CCCC/cccc.pdf>> [consulta: mayo 2006].
- LANDOW, G. (1995): *Hipertexto: la convergencia de la teoría crítica contemporánea y la tecnología*. Barcelona, Paidós.
- LEHRER, R.; ERICKSON, J., y CONNELL, T. (1994): "Learning by Designing Hypermedia Documents", en *Computers in the Schools*, 10 (1/2), pp. 227-254.
- MASON, R. (1992): "Evaluation Methodologies for Computer Conferencing Applications", en A. R. KAYE (ed.): *Collaborative Learning Through Computer Conferencing*, Berlin, Springer-Verlag, pp. 105-116.
- MacDONALD-ROSS, M. (1996): "Production of Print", en T. PLOMP y D. P. ELY (eds.): *International Encyclopedia of Educational Technology*, 2.ª ed., Nueva York, Pergamon, pp. 198-204.
- PANITZ, T., y PANITZ, P. (1998): "Encouraging the Use of Collaborative Learning in Higher Education", en J. J. F. FOREST (ed.): *University Teaching: International Perspectives*, Nueva York, Garland Press, pp. 161-201.
- STAHL, E. (2002): "Methods for Assessing Cognitive Processes During the Construction of Hypertexts", en R. BROMME y E. STAHL (eds.): *Writing Hypertext and learning. Conceptual and Empirical Approaches*, Oxford, Pergamon, pp. 177-196.
- STAHL, G. (2003): "Knowledge Negotiation in Asynchronous Learning Networks", en *Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, <<http://www.hicss.hawaii.edu/HICSS36/HICSSpapers/CLALN02.pdf>> [Consulta: mayo 2006].
- VERBEETEN, M. J. (2001-2002): "Learner-Centered? It's Just a Click Away", en *Journal of Educational Technology Systems*, 30 (2), pp. 159-170.
- WHITTAKER, S.; GEELHOED, E., y ROBINSON, E. (1993): "Shared Workspaces: How do They Work and When Are They Useful?", en *International Journal of Man-Machines Studies*, 39 (5), pp. 813-842.
- WHITTINGTON, C. D. (1996): "MOLE: Computer-Supported Collaborative Learning", en *Computers & Education*, 26(1/3), pp. 153-161.
- WOLF, K. D. (2002): "Sleepy Links, Collaborative Grading and Trails – Shaping Hypertext Structures by Usage Processes", en R. BROMME y E. STAHL (eds.): *Writing Hypertext and Learning. Conceptual and Empirical Approaches*, Oxford, Pergamon, pp. 79-97.

Producción de materiales hipermedia sobre el agua en entornos telemáticos cooperativos

Gregorio Jiménez Valverde^{1,2} y Anna Llitjós Viza²

¹IES Mercè Rodoreda. L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona) gjimene2@xtec.cat

²Grup de recerca ECEM [Ensenyament de les Ciències i Educació Mediambiental].
Universitat de Barcelona.

Resumen: En esta comunicación se presenta una investigación educativa sobre una experiencia de innovación llevada a cabo durante tres cursos escolares en la que el alumnado del Ciclo Formativo de Química Ambiental ha producido, en grupos cooperativos, material hipermedia sobre el agua, en concreto sobre el tema "iones en agua". Se ha utilizado un editor HTML y un entorno telemático cooperativo gratuitos. El alumnado, mediante una encuesta, ha mostrado un alto grado de aceptación hacia la producción de estos materiales y el trabajo en grupos cooperativos.

Palabras clave: Producción de materiales hipermedia, Hipertexto cooperativo, Aprendizaje cooperativo, Química del agua.

Title: Water-related hypermedia authoring in telematic cooperative environments

Abstract: An innovative 3-year didactic experience is presented in this article. Students from a technical institute have learned about "ions in water" working cooperatively in groups to produce web-based projects using a free-to-use HTML editor in a telematic cooperative environment. Student feedback showed a high acceptance of this hypermedia-authoring cooperative experience.

Keywords: Hypermedia authoring, Cooperative hypertext, cooperative learning, Water Chemistry.

Introducción

En los últimos años ha habido un auge en el uso de los materiales multimedia y de Internet en la enseñanza de la química (Jiménez y Llitjós, 2005a). En nuestro caso, se aplica la investigación al tema del agua. Los materiales multimedia han venido a suplir carencias de los libros de texto en cuanto a interactividad, dinamismo y tridimensionalidad. Sin embargo, se ha prestado menos atención a la posibilidad de que los estudiantes sean los productores¹ de materiales hipermedia. La posibilidad de utilizar Internet como fuente de información y para publicar materiales curriculares junto con la producción de hipermedia en grupos de estudiantes en entornos telemáticos que posibilitan el trabajo cooperativo *on-line* permiten introducir las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) en el aula, constituyendo un ejemplo de lo que se denomina *blended learning* o

¹ Utilizamos el término "producción" en un sentido amplio, es decir, en él se incluye la creación o la edición de hipermedia, la integración de nuevos nodos o el reagrupamiento de éstos, o la transformación de textos tradicionales en hipertextos.

b-learning, es decir, la integración armoniosa de experiencias *on-line* en la instrucción presencial tradicional (Garrison y Kanuka, 2004).

Metodología

Hipertexto y producción cooperativa de hipermedia

Podemos definir hipertexto como un documento compuesto de bloques de texto y los enlaces telemáticos que los unen (Landow, 1995). Estos bloques de texto constituyen lo que se denomina *nodos* del documento hipertextual. Si los nodos contienen información multimedia (texto e imágenes o vídeo, por ejemplo), hablamos entonces de hipermedia, si bien hay autores que no realizan esta distinción y consideran hipertexto a cualquier documento asociativamente estructurado y no lineal consistente en enlaces y nodos, con independencia del tipo de nodo (Unz y Hesse, 1999).

Los materiales hipermedia representan un avance cualitativo en la tecnología educativa principalmente porque proporcionan un medio multidimensional que representa de una forma más natural el funcionamiento de la mente humana y que, al no estar constreñidos a presentaciones lineales, permiten que el alumnado elija libremente los hiperenlaces más adecuados en cada momento. Esta libertad de elección estimula la curiosidad de los estudiantes y además les permite administrar mejor su propio proceso de enseñanza, ya que pueden ajustar los enlaces que eligen en función de sus propias necesidades, convirtiéndose, por tanto, en una herramienta que facilita el aprendizaje autónomo (Delisle y Schwartz, 1989; Whittington, 1996).

Pero las ventajas educativas que presentan nuestros materiales hipermedia sobre el agua van más allá del papel que juega el estudiante como lector o consumidor de los mismos, ya que también puede producir dichos materiales. Hasta hace no mucho, la creación de materiales hipermedia era una actividad reservada para aquellos que eran, por ejemplo, especialistas en el diseño de páginas web. Actualmente, la situación ha cambiado debido a la amplia disponibilidad de software que permite crear páginas web y la simplificación en el manejo de los mismos. La producción de materiales multimedia sitúa, por tanto, al alumnado en una perspectiva diferente.

Los estudiantes adquieren y retienen el conocimiento cuando participan activamente en su construcción (Bodner, 1986) y la producción de materiales hipermedia permite al alumnado crear y organizar su propio conocimiento (Jonassen, 1991) ya que les incita a pensar cómo representar una idea, cómo establecer relaciones entre ellas y cómo unir diferentes representaciones de las mismas (Lehrer *et al.*, 1994).

Los materiales hipermedia pueden ser producidos por grupos cooperativos de estudiantes, aprovechando los beneficios que se derivan de una correcta implantación de las técnicas cooperativas: mejora del rendimiento de los estudiantes, incremento de su responsabilidad y participación activa en el proceso de aprendizaje, mayor autoestima, mayor interés por la material objeto de estudio y relaciones interpersonales más positivas (Slavin, 1995). La producción cooperativa de materiales hipermedia es complicada ya que los miembros de un grupo cooperativo

tienen que ser conocedores de lo que el resto de miembros de su grupo está haciendo si se desea generar un resultado coherente.

La producción de hipermedia provoca automáticamente además otro tipo de cooperación, el *hipermedia cooperativo*, ya que cualquier documento introducido en un sistema en red que soporte enlaces electrónicos o telemáticos existe en cooperación con todos y cada uno de los documentos presentes en el sistema y, por tanto, todo documento electrónico o telemáticamente unido con otro coopera con él (Landow, 1995). De hecho, algunos autores definen hipertexto en términos de cooperación: "software informático para organizar y almacenar información, a la que se accede de manera no secuencial y que se construye cooperativamente por autores y usuarios" (Jonassen, 1991). En esta definición de Jonassen, el *hipermedia cooperativo* no sólo afecta a los autores, sino que también intervienen los usuarios. Esto sucede automáticamente cuando un usuario consulta un hipermedia determinado y elige los enlaces que le interesan, pero también ocurre cuando el usuario pasa a ser productor de hipermedia. Un ejemplo extendido de este segundo enfoque es la Wikipedia², enciclopedia cooperativa en la que un usuario puede ampliar la información contenida mediante la producción de nuevos hipertextos, pasando de lector a creador.

Desarrollo de la investigación

El presente estudio se llevó a cabo durante los cursos 2001-02, 2002-03 y 2003-04 en el IES Mercè Rodoreda de L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona) con estudiantes del Ciclo Formativo de Grado Superior de Química Ambiental (RD 812/1993), de edades comprendidas entre 18 y 30 años. Los materiales hipermedia se crearon dentro de la unidad didáctica "iones en aguas" correspondiente al módulo de "Depuración de Aguas". En el CFGS de Química Ambiental se matriculan cada año unos 50 estudiantes, distribuidos en tres grupos-clase. Las características de este alumnado han sido descritas en otro estudio (Jiménez *et al.*, 2006).

Chen (1997) ha sugerido el uso de espacios compartidos de trabajo (*shared workspaces*) para poder producir hipermedia cooperativamente. Los espacios compartidos de trabajo son un tipo de *groupware* (software que facilita el trabajo en grupo) consistente en áreas virtuales en donde los miembros de un grupo cooperativo pueden compartir información y documentos, gestionar datos y estar informados del trabajo de los otros miembros del grupo, dentro de un proyecto determinado, mediante un ambiente integrado de comunicación, normalmente asincrónica (es decir, en tiempo diferido), lo que permite el acceso e intercambio de documentos o información en cualquier momento y lugar. Todos los miembros del grupo reciben información sobre el proceso global a través de un sistema de eventos que informa sobre si un objeto ha sido creado, movido, borrado o editado y quién realizó tal acción y en qué momento (Jiménez y Llitjós, 2006a). Recogiendo la sugerencia de Chen, se utilizaron dos espacios compartidos de trabajo como soporte para la producción cooperativa de hipermedia: en los cursos 2001-02 y 2002-03 se utilizó el BSCW (Jiménez y Llitjós, 2005b) y durante el curso 2003-04, se usó el entorno Synergeia (Jiménez y Llitjós, 2006b). Tanto BSCW como Synergeia son entornos

² <http://es.wikipedia.org/wiki/Portada>

telemáticos gratuitos que posibilitan el trabajo cooperativo entre estudiantes que no necesariamente coinciden en el espacio o en el tiempo, lo cual resulta de mucha utilidad –por no decir que son imprescindibles– cuando estudiantes de distintos grupos-clases (o de diferentes centros educativos) deben generar un único proyecto.

Con anterioridad al inicio de la experiencia, el alumnado recibe formación sobre el trabajo en grupos cooperativos en el módulo de "Relaciones en el Entorno de Trabajo". Los estudiantes se organizan en grupos cooperativos, de 2 a 4 estudiantes, del mismo o de distinto grupo-clase, para realizar un proyecto web sobre un ion en aguas. En concreto, cada proyecto tiene, como mínimo, las siguientes secciones: presencia en aguas naturales, niveles máximos en aguas potables según la legislación española, métodos de análisis y efectos sobre la salud de ese ion en aguas.

El alumnado debe realizar dicho proyecto en formato de página web utilizando un editor de HTML. Se decide utilizar un editor gratuito de HTML (Netscape Composer 4.78) y dado que menos del 5% del alumnado de cada curso escolar tiene conocimientos previos sobre cómo crear una página web, las primeras clases se dedicaron a explicar los procedimientos básicos para usar dicho editor y poder crear páginas web sencillas, con ayuda de varios tutoriales web creados por el profesor, y que pueden consultarse en: <http://www.xtec.cat/~gjimene2/llicencia/tutorials/composer/> También se explicaron las funcionalidades básicas de BSCW o Synergiea destinadas a la realización del proyecto.

De este modo, al inicio del proyecto grupal, el alumnado está habituado al uso del editor HTML y al trabajo en entornos telemáticos cooperativos. Durante la realización del trabajo, el profesor animó a los estudiantes para que crearan tantos hiperenlaces como sea posible. Los estudiantes podían crear enlaces en sus trabajos hacia páginas web ya existentes o, especialmente, hacia los proyectos web de otros grupos de estudiantes (*hipermedia cooperativo*).

Los estudiantes consultan Internet no sólo para encontrar páginas web con las que enlazar sus proyectos, sino también para buscar la información necesaria para completarlos. En ambos casos, deben analizar la información de las páginas web consultadas, teniendo que rechazar aquellas con errores o información química incorrecta. La navegación por Internet potencia no únicamente el espíritu crítico y la necesidad de analizar correctamente la información encontrada, sino que también desarrolla habilidades grupales, tales como la negociación y la toma de decisiones, ya que constantemente los miembros de un grupo deben llegar a acuerdos sobre las páginas web que encuentran, bien para extraer información sobre ellas o bien para decidir si crean un enlace a dicha página.

El hipermedia cooperativo promueve la cooperación entre estudiantes del mismo grupo-clase, de diferentes grupos-clase o incluso de distintas promociones. En este último caso hablamos de *hipercooperación diferida*.

b) Interferencias: La incompatibilidad química hace improbable la coexistencia de NO_2^- , cloro libre (Cl_2) y NH_3 . El tricloruro de nitrógeno proporciona un color rojo falso cuando se añade el reactivante. Los iones siguientes interfieren debido a precipitación en las condiciones de la prueba y deben estar presentes en cantidades mínimas: Fe^{3+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , Ag^+ , cloroplatinato (PtCl_6^{2-}) y metavanadato (VO_3^{2-}). El ion cobre (II) puede dar lugar a un color rojo falso al realizar la descomposición de la sal de diazonio. Los iones coloreados que alteran el sistema de color también deben estar presentes. Los sólidos en suspensión deben eliminarse por filtración.

c) Almacenamiento: Las muestras deben conservarse en solución ácida en las muestras destinadas al análisis de NO_2^- . Se hace la determinación inmediatamente sobre muestras recientes para evitar la conversión bacteriana del NO_2^- en NO_3^- o NH_3 . Para la conservación a corto plazo, durante uno o dos días, se congela a -20°C o se conserva a 4°C .

Métodos de análisis de los nitritos (2003-04)

Fe^{3+}

Hipercooperación diferida

INICIO

PROPIEDADES FQ

FOTO

PRESENCIA EN AGUAS

LEGISLACIÓN

TÉCNICAS ANÁLISIS

CURIOSIDADES

EFECTOS SOBRE LA SALUD

Fe

TRABAJO REALIZADO POR:
SHIRLEY AROSA
REBECA HERNANDO

CFGS Química Ambiental - Módulo A
IES MERCÉ RODOREDA. Curso 2001-02

Página principal del hierro (2001-02)

[volver a la página principal de los metales](#)

Figura 1. Ejemplo de hipermedia cooperativo entre distintas promociones (*hipercooperación diferida*): proyecto sobre los nitritos (curso 2003-04) y proyecto sobre el hierro (curso 2001-02).

Todos los trabajos de los estudiantes pueden consultarse en:
<http://www.xtec.cat/~gjimene2/licencia/students/>

Evaluación

Se han realizado tres evaluaciones diferentes sobre:

Los proyectos hipermedia. Los proyectos producidos fueron evaluados conjuntamente por el profesor y el alumnado, de acuerdo con una plantilla común, adaptación de la propuesta por Marqués (2006), en la que los ítems a evaluar se distribuyen en 5 categorías: aspectos funcionales, aspectos técnicos y estéticos, aspectos científicos, aspectos pedagógicos y justificación de la calificación otorgada y otras observaciones (ver anexo). La calificación de cada proyecto consistió en una media ponderada entre la puntuación otorgada por el profesor y la media aritmética de las puntuaciones recibidas por otros estudiantes.

Los estudiantes. En lo que respecta a la evaluación individual de los estudiantes, se aplicó el método descrito por Jiménez y Llitjós (2006c) para obtener calificaciones individuales a partir de la nota del proyecto, ya que el aprendizaje cooperativo no implica necesariamente la evaluación individual de los estudiantes en los grupos cooperativos. Dicho método además disminuye el número de *polizones*, es decir, estudiantes que eluden su

responsabilidad dentro de su grupo cooperativo pero que intentan conseguir la misma calificación que sus otros compañeros, más responsables.

La experiencia educativa. En cuanto a la evaluación de esta experiencia, cabe decir que la respuesta del alumnado la respaldó ampliamente, con un 70% de comentarios positivos en la encuesta que completaron al finalizar la. Entre las ventajas que apuntaron un mayor número de estudiantes, se encuentra el trabajo en grupos cooperativos, el aprendizaje de diseño de páginas web, el hipertexto cooperativo, el desarrollo de habilidades grupales de cooperación, el uso de Internet como fuente de información y el diferente enfoque con el que han aprendido sobre iones en aguas. Las principales desventajas señaladas fueron los problemas surgidos con estudiantes muy individualistas o que eludían su responsabilidad individual, determinados problemas técnicos surgidos (básicamente, cortes ocasionales de la conexión a Internet) y la falta de tiempo o ayuda para completar el proyecto.

Conclusiones y valoración

La creación cooperativa de material hipermedia en entornos telemáticos como BSCW o Synergeia constituye una modalidad alternativa e innovadora de aprendizaje cooperativo que integra las TICs en el aula y además lo hace en un contexto de cooperación. A pesar de los escasos o nulos conocimientos en editores HTML que presentaba inicialmente el alumnado, los estudiantes han creado sus propios proyectos web sobre el agua y han mostrado una actitud favorable tanto al aprendizaje de producción de hipermedia como al trabajo cooperativo. Durante los tres años en los que se ha desarrollado la investigación, los estudiantes han tenido la posibilidad de crear enlaces cooperativos con los proyectos de otros compañeros de su misma u otra clase, pero también han tenido la posibilidad de cooperar, gracias al hipertexto cooperativo, con estudiantes de promociones anteriores, ya graduados, con lo que se produce una cooperación a través del tiempo (*hipercooperación diferida*), y además el alumnado de cursos previos se convierte en "educador" de los estudiantes de promociones posteriores cuando éstos consulten la información que generaron aquéllos.

En las actividades centradas en el estudiante, como el aprendizaje cooperativo o la producción de hipermedia, el alumnado tiene que mostrar una actitud mucho más activa que en las actividades tradicionales, ya que sino puede verse sobrepasado por el alcance de la actividad, no sabiendo qué hacer. También es necesario un cambio en el papel del docente: ha de moverse de su posición centrada y segura y ceder parte de la responsabilidad del proceso docente al alumnado, para que éste pueda construir mejor su propio conocimiento, aunque esto pueda inicialmente causar al docente una sensación de "pérdida del control" de las clases.

En resumen, la creación de proyectos basados en páginas web no sólo proporciona a los estudiantes una oportunidad de aprender química, sino que también les proporciona la oportunidad de desarrollar habilidades demandadas por la sociedad como son la cooperación, la búsqueda e interpretación de la información, el razonamiento crítico o el aprendizaje sobre la tecnología, todo ello de gran importancia para muchos docentes, padres y estudiantes en nuestra sociedad actual, altamente competitiva.

Referencias bibliográficas

Bodner, G. M. (1986). Constructivism: a theory of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), 873-878.

Chen, C. (1997). Writing with collaborative hypertext: analysis and modeling. *Journal of the American Society for Information Science*, 48(11), 1049-1066.

Delisle, N. y Schwartz, M. D. (1989). Collaborative writing with hypertext. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 32(3), 183-188.

Garrison, D. R. y Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. *Internet and Higher Education*, 7(2), 95-105.

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005a). Una revisión histórica de los recursos didácticos audiovisuales e informáticos en la enseñanza de la química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), 1-14. Consultado el 24/5/2006 en: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART1_Vol5_N1.pdf

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005b). BSCW: Trabajo cooperativo on-line en la clase. *Quark*. Consultado el 24/5/2006 en: http://www.fq.profes.net/apieaula2.asp?id_contenido=45567

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2006a). Procesos comunicativos en entornos telemáticos cooperativos. *Comunicar*, 27 (aceptado para su publicación).

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2006b). Synergeia, un entorno telemático cooperativo en el área de ciencias. *Alambique*, 50 (aceptado para su publicación).

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2006c). Deducción de calificaciones individuales en actividades cooperativas. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 3(2), 172-187. Consultado el 24/5/2006 en: http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_2/Jiménez_Llitjos_2006.pdf

Jiménez, G., Llobera, R. y Llitjós, A. (2006). La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de abertura. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 59-70.

Jonassen, D. H. (1991). Hypertext as instructional design. *Educational Technology Research and Development*, 39(1), 83-92.

Landow, G. (1995). *Hipertexto: la convergencia de la teoría crítica contemporánea y la tecnología*. Barcelona: Paidós.

Marqués, P. (2006). *Plantilla para el análisis de webs docentes*. Consultado el 24/5/2006 en: <http://dewey.uab.es/pmarques/webdocen.htm>

Lehrer, R., Erickson, J. y Connell, T. (1994). Learning by designing hypermedia documents. *Computers in the Schools*, 10(1/2), 227-254.

Slavin, R. E. (1995). *Cooperative Learning: theory, research and practice*. Boston: Allyn & Bacon.

Unz, D. C. y Hesse, F. W. (1999). The use of hypertext for learning. *Journal of Educational Computing Research*, 20(3), 279-295.

Whittington, C. D. (1996). MOLE: Computer-Supported Collaborative Learning. *Computers & Education*, 26(1/3), 153-161.

Anexo: Plantilla de evaluación de los proyectos web

Trabajo a evaluar: Nombre del/de la evaluador/a:	CALIFICACIÓN		
ASPECTOS FUNCIONALES	ALTA	CORRECTA	BAJA
Relevancia e interés de los contenidos para los destinatarios			
Facilidad de uso: entorno claro y amigable			
		SÍ	NO
Proporciona múltiples enlaces externos			
Facilita la comunicación: correo-e de los autores, chat, foros			
Proporciona recursos para el proceso de datos y la búsqueda de información			
Idioma homogéneo y corrección gramatical			
Ausencia (o poca presencia) de publicidad			
ASPECTOS TÉCNICOS Y ESTÉTICOS	ALTA	CORRECTA	BAJA
Calidad del entorno audiovisual: homogéneo, pantallas, tipografía			
Iconicidad (presencia de elementos gráficos) del entorno			
Calidad y cantidad de materiales multimedia en los contenidos			
Gestión ágil de los enlaces: nombres claros, ventanas nuevas...			
Interacciones con el usuario: enlaces, formularios, mapas...			
Estética, entorno agradable			
		SÍ	NO
Enlaces correctos y actualizados			
Página de inicio correcta (autores, módulo, curso, IES, enlace menús y resto de secciones)			
Velocidad de acceso y carga aceptable			
Originalidad y uso de tecnología avanzada			
¿En todas las páginas extensas está el enlace "volver al inicio"?			
¿Todas las páginas tienen 'título' del tipo <title> </title>?			
¿Se requiere algún programa/ <i>plugin/applet</i> externo para visualizar correctamente el trabajo?			
ASPECTOS CIENTÍFICOS	ALTA	CORRECTA	BAJA
Calidad, estructuración y actualización de los contenidos			
Cantidad de los recursos que ofrece			
Terminología y corrección científica			
		SÍ	NO
Incluye bibliografía y otros enlaces			
La información total del trabajo cubre adecuadamente todo el tema			
La información se presenta de manera objetiva			
ASPECTOS PEDAGÓGICOS	ALTA	CORRECTA	BAJA
Capacidad de motivación, atractivo, interés			
Adecuación de los contenidos a los destinatarios			
Potencialidad de los recursos didácticos: ejemplos, esquemas...			
JUSTIFICACIÓN DE LA CALIFICACIÓN Y OTRAS OBSERVACIONES			

4

Entornos telemáticos cooperativos: BSCW y Synergeia

4.1. Aprendizaje cooperativo vs. colaborativo

4.2. *Groupware*

4.3. Los espacios compartidos de trabajo

4.4. Trabajo 7

4.5. Trabajo 8

4.6. Trabajo 9

4.7. Trabajo 10

4.8. Trabajo 11

4.9. Trabajo 12

4.10. Trabajo 13

4.11. Trabajo 14

4.12. Trabajo 15

4.13. Trabajo 16

4.14. Trabajo 17

4.15. Trabajo 18



Este capítulo constituye el núcleo central de la investigación, ya que en él se recogen los trabajos relacionados con los entornos telemáticos BSCW y Synergeia y el proceso de optimización de dichos entornos. Durante este proceso, los diferentes trabajos recogen diversas URLs que pueden haber variado con el paso del tiempo. Así, para todas las referencias que se hagan a los trabajos finales de los estudiantes se debería usar la dirección www.ionesenagua.com y para los tutoriales de Synergeia debería usarse www.synergeia.info. En algunos casos, las URLs previas siguen siendo operativas, pero en otros no, como sucede en el trabajo 9. De hecho, esta evolución en las URLs, motivadas especialmente por el registro de dominios de primer nivel, también ha afectado al servidor gratuito del BSCW: si inicialmente la dirección era <http://bscw.gmd.de> y luego pasó a <http://bscw.fit.fraunhofer.de>, en la actualidad hay que acceder a dicho servidor a través de <http://public.bscw.de/>. Esta simplificación en la URLs de acceso al BSCW se ha llevado a cabo aprovechando la actualización de dicho entorno que, en septiembre de 2007, ya utiliza la versión 4.4.1, y que incorpora nuevas funcionalidades basadas en Web 2.0, como *blogs*, *tags* y comunidades.

A pesar de ser el capítulo con mayor número de trabajos, trece, no siempre ha sido posible abarcar la totalidad de los temas con la extensión que hubiera sido deseable debido a las conocidas restricciones editoriales, y, así, algunos aspectos secundarios han sido tratados con menor detalle del deseado o elaborando resúmenes de gran utilidad para los autores pero, no siempre, convenientes para los lectores. Es por ello que aprovecharemos esta introducción para discutir con más profundidad aspectos como la diferencia entre aprendizaje cooperativo y colaborativo (apartado 4.1), los sistemas *groupware* (apartado 4.2) y los espacios compartidos de trabajo (apartado 4.3).

Sin embargo, antes de desarrollar estos conceptos se hace necesaria una aclaración sobre la historia del aprendizaje cooperativo, ya que en la introducción del trabajo 16 se dice que "en los orígenes del aprendizaje colaborativo clásico encontramos a David Johnson y a Roger Johnson". Esas palabras se referían en realidad a los orígenes de la investigación *moderna* del aprendizaje clásico en las escuelas norteamericanas, iniciada a finales de la década de los 60, después de más de cuatro décadas de investigaciones sobre aprendizaje competitivo e individualista (Johnson y Johnson, 1992). Y, aunque algunos docentes puedan considerar que, en efecto, el aprendizaje cooperativo es algo novedoso (Gaillet, 1994), lo cierto es que existe una larga historia en la práctica de las técnicas cooperativas en la educación: miles de años atrás, el Talmud sostenía que para poder aprender, uno debía contar con la ayuda de un compañero o la defensa que hacía Séneca del aprendizaje cooperativo a través de afirmaciones como "*Qui Docet Discit*" (quien enseña, aprende), por poner dos ejemplos (Johnson y Johnson, 1992).

4.1. Aprendizaje cooperativo vs. colaborativo.

No es tarea fácil encontrar una definición que englobe tanto al **aprendizaje cooperativo** y al **colaborativo**, en el supuesto que sean realidades diferentes. Según el diccionario de la Real Academia Española, por cooperar se entiende "*obrar juntamente con otro u otros para un mismo fin*", mientras que colaborar se define como "*trabajar con otra u otras personas en la realización de una obra*" (RAE, 2001). Ambos conceptos hacen referencia al trabajo con otras personas, pero para muchos autores el aprendizaje cooperativo y el aprendizaje colaborativo son términos diferentes y constituyen dos técnicas de aprendizaje que se han desarrollado de manera separada (Mattews *et al.*, 1995), aunque autores como Hiltz (1998) creen que aporta pocos beneficios realizar una distinción entre cooperación y colaboración. Otros autores, a pesar de las diferencias entre colaboración y cooperación, prefieren

enfatar que estos dos enfoques tienen más similitudes que diferencias (Kirschner, 2000) y que forman parte de un continuo en el que el aprendizaje cooperativo es menos estructurado que el aprendizaje colaborativo (Millis y Cottell, 1998). Según Cuseo (1992), el aprendizaje cooperativo se situaría taxonómicamente como un subtipo de aprendizaje colaborativo, dentro de la categoría "colaboración entre estudiantes". Esta clasificación estaría de acuerdo con Gros y Kirschner (2006), cuando afirman que "*la colaboración se sitúa en un nivel o grado superior [a la cooperación], ya que se considera que el grupo no sólo realiza las actividades sino que hay un proceso de construcción de conocimiento durante el proceso de aprendizaje*".

El aprendizaje colaborativo y el cooperativo diferirían fundamentalmente en la naturaleza del problema asignado y en el papel que jugarían los miembros del grupo (Dirkx y Smith, 2004; Gros, 2001), lo cual implica maneras distintas de desarrollar la tarea y diferente grado de interdependencia positiva entre los miembros del grupo de aprendizaje. Si se les pidiera a un grupo de estudiantes escribir un cuento, por poner un ejemplo sencillo que ilustre esta división, los estudiantes de un grupo cooperativo asignarían a cada miembro del grupo un capítulo del cuento para que lo escribiera y, al final, se unirían todas estas partes. En cambio, en un grupo colaborativo los estudiantes discutirían cada parte del cuento, contribuyendo con ideas y discutiéndolas hasta alcanzar un consenso, escribiendo juntos el cuento (Ingram y Hathorn, 2004).

Según la mayoría de autores que distinguen entre cooperación y colaboración, en el aprendizaje cooperativo los estudiantes trabajan en pequeños grupos para solucionar problemas específicos, bien definidos y estructurados para los cuales hay soluciones o respuestas claras y correctas, es decir, asociados a dominios complejos (*well-structured domains*) (Jonassen, 1997). Durante la mayor parte del desarrollo de la actividad, los estudiantes trabajan bajo reglas definidas y permanecen bajo la dirección y el control del docente (Bruffee, 1993; Panitz, 1996). El proceso implica una división de tareas, en lo que Graham y Misanchuk (2004) llaman "divide y vencerás", e implica que cada uno de los miembros del grupo es responsable de la parte de la información necesaria para solucionar el problema o alcanzar dicho objetivo (Dillenbourg *et al.*, 1996). Algunos autores consideran el aprendizaje cooperativo como esfuerzos individualistas potenciados por la participación en un grupo (Dirkx y Smith, 2004) o como "una actividad en la que cada persona es responsable de una parte del problema a resolver" (Chan, Chee y Tan, 1993). Algunos de las técnicas en las que se produce una especialización de tareas y que, por tanto, serían consideradas como métodos propiamente cooperativos, son las divisiones de los estudiantes en equipos de logros (*Student Teams-Achievement Divisions*, STAD), el torneo de juegos por equipos (*Teams-Games-Tournaments*, TGT) y el puzzle (*Jigsaw I y II*) (Aronson, 1978; Slavin 1995).

Como se comentó anteriormente, el aprendizaje colaborativo diferiría del cooperativo en la naturaleza de la tarea asignada: los grupos de aprendizaje colaborativo se enfrentan a situaciones complejas, de la vida real que no tienen una solución clara o una única respuesta correcta, es decir, asociadas a dominios poco estructurados (*ill-structured domains*) (Bruffee, 1993). El objetivo del trabajo en grupo es situar la responsabilidad del proceso docente en el grupo de estudiantes en lugar de en el profesorado (Crock, 1994). La colaboración "*implica el compromiso mutuo de los participantes en un esfuerzo coordinado para solucionar el problema*" (Dillenbourg *et al.*, 1996), sin una diferenciación de tareas (Watson y Marshall, 1995). En el aprendizaje cooperativo, la coordinación sólo es necesaria cuando se han de unir los resultados parciales, mientras que en el aprendizaje colaborativo la coordinación es necesaria a lo largo de todo el proceso, ya que los estudiantes deben discutir sobre todos los apartados de la tarea, añadiendo y cambiando cosas en conjunción con el resto de compañeros, a la vez que van ganando una mayor comprensión del tema

objeto de estudio. Al final, el producto obtenido es un verdadero producto de grupo en el que es difícil o imposible identificar las contribuciones individuales (Ingram y Hathorn, 2004). Para Kaye (1992), la capacidad de creación de un producto que es distinto de las contribuciones individuales de los miembros del grupo es una característica fundamental de los grupos colaborativos. La colaboración es, por tanto, más que la participación o simple intercambio de información y de ideas: es necesario que haya interacción entre los miembros del grupo. La interacción debe producir cambios en la manera de pensar y actuar de los miembros del grupo, de tal manera que debe entenderse la colaboración como la creación de nuevas perspectivas en los miembros de un grupo durante las discusiones grupales (Kaye, 1992; Henri, 1992). Es la síntesis de la información y la concepción compartida de ideas y del problema la que genera un producto diferente de lo que cualquier miembro del grupo podría haber producido por él mismo (Chan *et al.*, 1993). Esta mayor coordinación necesaria en los grupos colaborativos exige una mayor interdependencia (positiva) entre sus miembros que la que exhiben los grupos cooperativos (figura 4). Entre las técnicas colaborativas, en las que no hay una división de tareas, encontramos los Grupos de Investigación (Sharan, 1980) y el Co-op Co-op (Kagan, 1985).



Figura 4. Nivel de interdependencia en ambientes de aprendizaje (Graham y Misanchuk, 2004).

De acuerdo con Laffey *et al.* (1998), los grupos colaborativos deben mostrar una autonomía y una independencia respecto del docente superiores a las que se dan en los grupos cooperativos. Esto representa una dificultad para aquellos estudiantes que están acostumbrados a dirigirse continuamente al docente para que les resuelva los problemas o las dudas surgidas, ya que estarían reproduciendo la situación que generalmente se da en clases magistrales en las que el docente es considerado la persona con todas las respuestas correctas (Kaye, 1992). En cambio, en un verdadero grupo colaborativo debe primar la colaboración entre todos los miembros para buscar posibles soluciones a los problemas planteados (Laffey *et al.*, 1998). De hecho, para algunos autores los grupos colaborativos "nacen" cuando el docente pierde autoridad en la clase (Wheelan, 1994). En el aprendizaje colaborativo, por tanto, los estudiantes se enfrentan casi inmediatamente con una estructura diferente en lo que se refiere a la autoridad: el profesorado juega cada vez menos el papel de experto y voluntariamente se desautoriza cediendo, al menos en parte, la responsabilidad del proceso docente en los estudiantes. Se anima a los miembros de un grupo a que asuman responsabilidades para la propia dirección y desarrollo de su grupo, creando sus propios objetivos, pautas y reglas. En unos términos similares se pronuncian Álvarez *et al.* (2005) cuando afirman que cooperación y colaboración son dos extremos del proceso docente, que "se mueve entre estar altamente estructurado por el profesor (cooperativo), hasta dejar la responsabilidad del aprendizaje principalmente en el estudiante (colaborativo)".

El aprendizaje cooperativo y colaborativo también difieren en el grado de competitividad (Ingram y Hathorn, 2004) y en el nivel de riesgo compartido (Duffy,

1996). En cuanto al nivel de competitividad, los individuos de un grupo cooperativo pueden competir para que su porción del proyecto grupal sea la mejor o sobresalga por su calidad, mientras que en un grupo colaborativo no existe competición interna, ya que todos son responsables del producto final y además es difícil (en ocasiones, imposible) distinguir la contribución de cada participante en el resultado final. En cuanto al nivel de riesgo compartido, no necesariamente existe un riesgo compartido en los grupos de aprendizaje cooperativo, mientras que en los grupos colaborativos, el trabajo compartido implica una división igualitaria de riesgo.

Sin embargo, hay autores, entre los que destacan por su relevancia Slavin y los hermanos Johnson, que no distinguen entre los términos "cooperación" y "colaboración" y usan únicamente "cooperación", aunque establezcan y asuman diferencias de complejidad, interacción o rendimiento entre las diferentes técnicas o grupos cooperativos. En cuanto a las diferencias de rendimiento, varios autores diferencian grupos de mayor rendimiento, en los que se da una mayor coordinación entre sus miembros: son los grupos de "alto rendimiento" de Johnson, Johnson y Holubec (1999), los grupos de "alta cooperación" (o cooperación compleja) de Hertz-Lazarowitz (1992) y los grupos "completamente cooperativos" de Stodolsky (1984). De acuerdo con Kemery (2000), estos grupos de mayor rendimiento cooperativo y que reciben diferentes denominaciones, serían *grupos colaborativos*, si bien Curtis y Lawson (2001) consideran que los hermanos Johnson deberían usar siempre el término *colaboración* (y no *cooperación*), de acuerdo con la diferencia entre ambos términos que realizan Dillenbourg y Schneider (1995), con independencia de si el grupo cooperativo es de "alto rendimiento" o no. Por lo que respecta a las diferencias de complejidad, la técnica de los "Grupos de Investigación", por ejemplo, presenta para Slavin (1985) una complejidad superior a la del resto de métodos cooperativos, aspecto también señalado por Cohen (1994).

Finalmente, algunos autores consideran intercambiables los términos "cooperación" y "colaboración" (McInnerney y Roberts, 2004). Otros, incluso, denominan "cooperación" a lo que otros educadores llamarían "colaboración" (Graham y Misanchuk, 2004). Para Borghoff y Schlichter (2000) la cooperación supone un grado superior de interacción y comunicación grupal respecto de la colaboración, ya que entienden esta última simplemente como "ayuda".

4.2. Groupware.

En un sentido amplio, el término **groupware** se refiere a cualquier tecnología informática que ayuda a que los grupos trabajen mejor (Yen *et al.*, 1999). Ellis, Gibbs y Rein (1991) lo definen como "sistemas informáticos que proporcionan soporte a grupos de personas que comparten una tarea (u objetivo) común y que disponen de una interfaz para un entorno compartido". El *groupware* puede clasificarse según si proporciona asistencia en tiempo real (sincrónicos) o en tiempo diferido (asincrónicos) y si lo hace a usuarios que coinciden en el espacio o están separados geográficamente (tabla 26).

Tabla 26. Matriz espacio-tiempo de los sistemas *groupware*. Adaptado a partir de Ellis, Gibbs y Rein (1991) y Gómez-Skarmeta, García y Martínez (2003).

	Mismo tiempo (sincrónico)	Diferente tiempo (asincrónico)
Mismo lugar	<p>Interacción cara a cara:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reuniones cara a cara informatizadas • Editor cooperativo 	<p>Interacción asincrónica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en turnos • Editor cooperativo • Espacios compartidos de trabajo
Diferente lugar	<p>Interacción sincrónica distribuida:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pizarra cooperativa • Videoconferencia • Chat • Presentaciones cooperativas • Editor cooperativo 	<p>Interacción asincrónica distribuida:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Correo electrónico • Listas de distribución • Grupos de noticias • Editor cooperativo • Foros • Espacios compartidos de trabajo • Calendario de grupo • Hipertexto cooperativo

Los sistemas *groupware* también pueden clasificarse de acuerdo según si son estructurados o no (Prendes, 2003): hablamos de *groupware* no estructurado cuando se utilizan distintas aplicaciones y recursos telemáticos para facilitar el desarrollo de la interacción entre los miembros de un grupo, mientras que el *groupware* es estructurado cuando representa un entorno de trabajo en el que se integran diferentes posibilidades para el trabajo en grupo, se controlan los accesos, se registran acciones y dispone de una interfaz a través del cual se organiza la información.

Los sistemas *groupware* ofrecen, entre otras, las siguientes ventajas sobre los sistemas monousuario (Gómez-Skarmeta, García y Martínez, 2003):

- Facilitan la comunicación. El uso de *groupware* la hace más rápida, más clara y más convincente, y además permite establecer comunicaciones que de otra manera no son posibles, superando las barreras espaciales y temporales.
- Habilitan la telecomunicación reduciendo costes en viajes, permitiendo reuniones virtuales donde cada miembro puede aportar sus ideas sin necesidad de confluir en un mismo lugar.
- Reúnen múltiples perspectivas y formalismos.
- Permiten formar grupos con un interés común.

- Ahorran tiempo y costes en la coordinación del trabajo en grupo.
- Facilitan la resolución de problemas en grupo.
- Habilitan nuevas formas de comunicación, como intercambios anónimos.

Aunque *groupware* y trabajo cooperativo asistido por ordenador (CSCW) hayan sido considerados sinónimos en ocasiones (Lococo y Yen, 1998), lo cierto es que CSCW es un concepto más amplio que *groupware*: "CSCW es un término genérico que combina el entendimiento de la forma en que la gente trabaja en grupos con las tecnologías disponibles de la red de ordenadores, y asocia hardware, software, servicios y técnicas" (Borghoff y Schlichter, 2000). Con CSCW, por tanto, nos referimos al estudio del diseño, adopción y uso del *groupware*, es decir, al fundamento teórico del trabajo cooperativo asistido por ordenador, mientras que el *groupware* es aquel software con soporte para el trabajo en grupo, no necesariamente cooperativo (Borghoff y Schlichter, 2000). De todos modos, algunos autores han definido el *groupware* en términos de trabajo cooperativo: "software que posee tal tipo de estructura que fomenta el trabajo cooperativo, al posibilitar que se produzcan las comunicaciones interactivas mediante la captura, el almacenamiento del material desarrollado en una sesión de trabajo cooperativo y su formación progresiva en función de las diferentes aportaciones de los usuarios" (Cabero, 2003). Justamente es esta concepción de *groupware* a la que nos referimos en el trabajo 3 y que se comentó en la introducción del capítulo 2.

De la unión entre el aprendizaje cooperativo clásico y las TICs surge el planteamiento del aprendizaje colaborativo asistido por ordenador (CSCL). Su origen se remonta al uso de la modalidad de trabajo cooperativo asistido por ordenador (CSCW) en el mundo empresarial, que posteriormente se ha ido implantando en el ámbito docente dando lugar al CSCL. En cuanto al uso combinado del aprendizaje cooperativo con las TICs en la clase de química, por ejemplo, están descritas experiencias e investigaciones sobre aprendizaje cooperativo y multimedia (Pence, 1993), correo electrónico cooperativo (Pence, 1999) o aprendizaje cooperativo *on-line* (Stout *et al.*, 1997; Towns *et al.*, 1998, 2001).

La cooperación *on-line* no sólo será cada vez más importante en el mundo educativo, sino también en el mundo laboral. Algunas empresas han empezado a crear o adaptar sus productos para facilitar el trabajo cooperativo telemático, como Google, que ha lanzado *Google Docs & Hojas de Cálculo* (<http://docs.google.com>) como una herramienta para la creación y edición cooperativa de textos y hojas de cálculo (y próximamente de diapositivas) a través de Internet; o el escritorio cooperativo virtual *EyesOs* (<http://eyeoshispano.com>), por citar dos ejemplos.

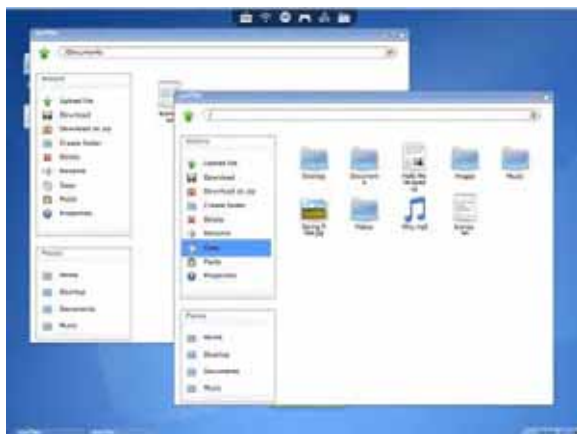


Figura 5. Escritorio cooperativo virtual *EyeOs*

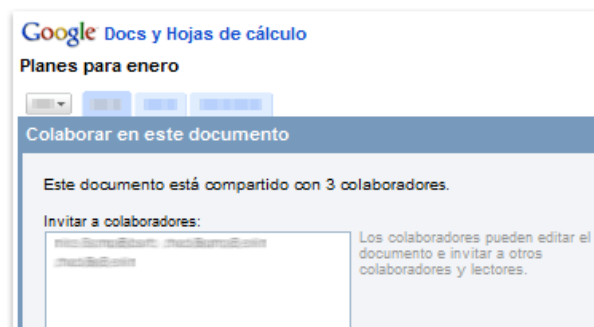


Figura 6. *Google Docs y Hojas de cálculo*

4.3. Los espacios compartidos de trabajo.

Los espacios de trabajo compartido o espacios compartidos de trabajo (*shared workspaces*) son un tipo de *groupware* consistente en un área visual en donde los miembros de un grupo pueden compartir información y documentos, gestionar datos y estar informados del trabajo de los otros miembros del grupo dentro de un proyecto determinado mediante un ambiente integrado de comunicación, normalmente asincrónica, lo que permite el acceso e intercambio de documentos en cualquier momento y lugar, y todos los miembros del grupo reciben información sobre el proceso global.

Los espacios compartidos de trabajo existentes ofrecen las siguientes características (Klöckner, 2000): contenedores para almacenar y recuperar recursos y datos, sistemas de administración de los miembros de un espacio de trabajo compartido, generación y distribución de la metainformación del espacio de trabajo y mecanismos de acceso adecuados. Dependiendo del mecanismo de acceso seleccionado por los usuarios, Borghoff y Schlichter (2000) distinguen entre los siguientes modos operativos:

- *Responsabilidades independientes*: cada miembro del grupo es responsable exclusivamente de una determinada parte del documento de grupo. Cada una de las partes individuales en las que se divide el documento de grupo es procesada independientemente. Varias personas pueden tener accesos de escritura al mismo tiempo y el sistema asegura que el documento permanece consistente para todos los usuarios, mediante bloqueos de partes del documento que un usuario está modificando en ese momento (Gómez-Skarmeta, García y Martínez, 2003).
- *Acceso mutuamente exclusivo*: sólo un miembro del grupo tiene acceso al documento de grupo compartido en un momento determinado. Esto se garantiza mediante un acuerdo mutuo entre los miembros del grupo o a través de alguna funcionalidad técnica que imposibilite los accesos simultáneos de dos o más miembros.
- *Versiones alternadas*: Cada miembro desarrolla su propia versión del documento de grupo. Más tarde, se integran en un solo documento todas las versiones realizadas. Este proceso de fusión de versiones no puede realizarse automáticamente, sino que se requiere de la intervención intelectual y manual por parte de los miembros.
- *Acceso sincrónico*: Los miembros de un grupo trabajan al mismo tiempo estrechamente en los documentos compartidos por el grupo y todos tienen la misma visión del documento (WYSIWIS: *What you see is what I see*). Se requieren determinados mecanismos de control para garantizar la consistencia de los documentos.

A pesar de que inicialmente los *groupware* de espacios compartidos de trabajo eran bases de datos especiales, como *IBM Lotus Notes*, en la actualidad, y debido a la rápida evolución y expansión de la telemática, el tipo de espacios compartidos de trabajo más extendido utiliza Internet como soporte principal, al fundamentarse en sistemas de hipertexto distribuido: es el caso de los entornos BSCW o Synergeia. De todos modos, esta distinción cada vez es menos clara porque ciertos *groupware* basados en Internet, como *OpenGroupware* o *EGroupware*, incorporan algún soporte para base de datos (mySql, Oracle, etc) y *groupware* clásicos de bases de datos especiales incorporan ya funcionalidades telemáticas, como las últimas versiones de *Lotus Notes*. Y es que Internet presenta unas características que hacen de la web una plataforma idónea para los sistemas *groupware*, entre las que destacan las siguientes (Gómez-Skarmeta, García y Martínez, 2003; Klöckner, 2000):

- Los navegadores de Internet son gratuitos y están disponibles para todos los sistemas operativos y plataformas. Su uso es sencillo y de fácil aprendizaje.
- La apariencia de una página HTML es prácticamente la misma en todos los sistemas y plataformas, ofreciendo así una presentación consistente de la información.
- La información en los navegadores es conforme al estándar MIME, lo que significa que el formato y el tipo de ficheros son añadidos después de la transferencia. Esto permite al navegador decidir acerca de los caminos para procesar y/o presentar el fichero o si lo envía a otra aplicación, con lo que se permite la conversión automática del documento entre diferentes sistemas, plataformas o aplicaciones de eventos.

En cuanto a las facilidades para la cooperación que puede ofrecer un espacio compartido de trabajo, Cabero (2003) ha señalado las siguientes características de tales entornos:

Ofrecen un entorno de comunicación lo más rico y variable posible, incorporando las herramientas de comunicación sincrónica y asincrónica más usuales de la comunicación telemática.

Incorporan zonas para el debate, la discusión y la complementación.

Utilizan guías visuales que faciliten al estudiante la percepción del recorrido seguido en su proceso de formación. Guías que deberán estar a disposición del docente para el conocimiento del ciclo formativo seguido por el estudiante, posibles lagunas cometidas y problemáticas encontradas; en definitiva, para que pueda apoyar y seguir el proceso de aprendizaje.

Siempre que sea posible, ofrecen al estudiante la posibilidad de elegir el recorrido de aprendizaje, los sistemas simbólicos y el tipo de material con el cual desea realizarlo.

Ofrecen flexibilidad en su construcción y desarrollo.

Deben apoyarse en principios fáciles de interpretar para el seguimiento e identificación del entorno.

Utilizan formas de presentación multimedia.

Incorporan zonas para la comunicación verbal, auditiva o audiovisual con el profesorado.

Están guiados por los principios de la participación y la responsabilidad directa del estudiante en su propio proceso formativo.

Asumen una perspectiva procesual de la enseñanza por encima de una perspectiva centrada en los productos.

Introducen elementos tanto para la evaluación del estudiante como para la evaluación del entorno de comunicación desarrollado.

Para coordinar el trabajo, los diferentes miembros de un grupo han de tener cierta información sobre lo que sucede en el entorno de trabajo y, por tanto, los espacios de trabajo compartidos deberían poder proporcionar esa información, llamada "percepción -o conocimiento- de grupo" (*group awareness*). Greenberg, Gutwin y Cockburn (1996) distinguen varios tipos de percepción de grupo:

- Percepción informal: Se refiere al conocimiento general sobre los miembros del grupo, como por ejemplo quién está conectado en un momento determinado en un espacio de trabajo o qué distancia separa a un miembro del grupo de otro.

- Percepción estructural del grupo: Además de la información sobre el conjunto de miembros, esta categoría también incluye el conocimiento sobre roles y responsabilidades de los miembros del grupo, especialmente su rol y posición dentro del proceso del grupo.
- Percepción social: Esta clase de información se refiere al conocimiento sobre el contexto social del grupo, es decir, cuánto interés muestra un determinado miembro del grupo, cuál es su estado de ánimo, cuáles son sus habilidades especiales, etc.
- Percepción del espacio de trabajo (*workspace awareness*): Hace referencia a las modificaciones y actualizaciones de los documentos del grupo en el espacio de trabajo compartido realizadas por otros miembros del equipo, es decir, es el entendimiento actualizado de la interacción del resto de usuarios con el entorno. Proporciona información sobre la interacción de otros miembros del equipo con el espacio de trabajo compartido.

Como se verá en los trabajos 21 y 22, la percepción del espacio de trabajo (o de grupo), es de especial importancia para que personas que no coinciden en el tiempo puedan trabajar cooperativamente (cooperación asincrónica). En este sentido, los dos entornos objeto de este estudio, BSCW y Synergieia, incorporan una funcionalidad, el "servicio de eventos", que permite a los miembros de un grupo saber qué ha sucedido en el espacio de trabajo desde la última vez que se conectaron. No es éste el único tipo de interacción que puede tener lugar en un espacio de trabajo. Salinas (2003) recoge tres tipos adicionales de interacciones: estudiante-docente (proporcionando motivación y *feedback*), estudiante-contenido (el estudiante obtiene información intelectual del material) y la interacción estudiante-estudiante (procura un intercambio de información, ideas y diálogos entre estudiantes). Estas interacciones se estudian en el trabajo 13.

► Synergiea: aprenentatge cooperatiu en línia a les escoles

El BSCW (Basic Support for Cooperative Work o Suport Bàsic per al Treball Cooperatiu) és un entorn telemàtic, flexible i gratuït que possibilita el treball cooperatiu a persones que no coincideixen en l'espai o en el temps. L'entorn Synergiea és l'adaptació del BSCW al món educatiu. L'objectiu d'aquest article és oferir una explicació senzilla i uns recursos sobre el BSCW i el Synergiea perquè puguin ser utilitzats pel professorat interessat.

QUÈ ÉS EL BSCW?

El BSCW és un recurs didàctic que no necessita cap requisit especial, ja que no és pas un programa informàtic. S'hi pot accedir des de qualsevol ordinador connectat a Internet (independentment del seu sistema operatiu), mitjançant qualsevol navegador; només cal indicar-hi la pàgina web on es troba allotjat el servidor BSCW.

L'entorn BSCW és un recurs de recursos. És un sistema obert i dinàmic, que no resta fix, sinó que pot evolucionar o canviar sempre que es consideri necessari, i en això se centra una part important del seu interès per a l'aplicació en el món de la docència. Permet dins un marc comú dissenys específics per a cada assignatura, i és adaptable a la gran diversitat de l'alumnat i d'estratègies d'aprenentatge, aspectes molt importants i significatius en l'actualitat.

QUÈ ÉS EL SYNERGIEA?

L'entorn Synergiea és l'adaptació del BSCW al món educatiu. Totes dues són eines telemàtiques que afavoreixen el treball cooperatiu; però, mentre que el BSCW s'utilitza principalment per a la gestió cooperativa del coneixement, és a dir, compartir i manipular un coneixement que ja existeix en algun lloc del grup de treball, l'entorn educatiu Synergiea està orientat a facilitar la construcció cooperativa i compartida d'un coneixement que és nou dins el grup de treball, a més del suport que ofereix per al treball cooperatiu.

PER QUÈ EL TREBALL COOPERATIU?

L'aprenentatge cooperatiu clàssic podria definir-se com la tècnica pedagògica en la qual els estudiants treballen junts per aconseguir un objectiu comú. No es tracta només de treballar en grup, perquè el rendiment global que s'obté no és la "suma aritmètica" de les contribucions individuals de cada membre del grup, sinó que, quan aquesta tècnica s'aplica adequadament, cada membre del grup aprèn més del que hauria après en un context individualista, gràcies a les interaccions amb la resta de membres del seu grup.

La principal característica de l'aprenentatge cooperatiu (i que, de fet, és la principal diferència amb el "treball en grup" clàssic) és la interdependència positiva, és a dir, que els es-

forços de cada integrant del grup no només el beneficien a ell mateix, sinó també a la resta dels membres del grup cooperatiu. Aquesta interdependència positiva crea un compromís amb l'èxit de la resta de membres del grup, a més de l'èxit propi.

Alguns dels avantatges de l'aplicació adient de l'aprenentatge cooperatiu són la millora del rendiment dels estudiants i l'increment de la seva responsabilitat i de la seva participació activa en el procés d'aprenentatge. També s'han descrit una millora de l'autoestima, una millor integració de l'alumnat, cada cop més heterogeni, i unes relacions interpersonals més positives, ja que el fet d'haver de realitzar un projecte comú potencia el desenvolupament d'habilitats interpersonals, com ara la negociació o la presa de decisions.

BSCW O SYNERGIEA?

Encara que el BSCW s'utilitza en moltes classes, especialment en l'ensenyament postobligatori, el Synergiea representa una optimització del BSCW per a contextos docents i es pot adaptar millor a l'ensenyament obligatori que el BSCW. El Synergiea es pot fer servir tant a secundària com a primària, a qualsevol àrea.

El Synergiea és un BSCW en el qual s'han suprimit les funcionalitats que no tenen cap aplicació en el món docent, i a més s'han simplificat els rols d'usuari (amb dues figures bàsiques, professor i estudiants) i el procés de creació d'espais o carpetes de curs i de grup. També s'ha redissenyat la interfície (ara és més atractiva i entenedora per als usuaris) i s'han transformat els *fòrums* del BSCW en *espais de construcció del coneixement*. Les diferències més importants, però, entre totes dues plataformes són la incorporació al sistema Synergiea de la pissarra cooperativa i de l'opció de negociació. Amb la pissarra cooperativa, l'alumnat podrà elaborar cooperativament gràfics o mapes conceptuals en temps real en una pissarra virtual (amb zona de xat inclosa), i qualsevol membre del grup podrà connectar-se més endavant, veure què han fet i dit els seus companys en la sessió anterior de pissarra cooperativa i continuar el gràfic o l'esquema en el punt on el van deixar.

Amb l'opció de negociació, els membres d'un grup cooperatiu hauran de votar el treball que hagin generat, i serà necessari el vot positiu d'una majoria dels membres (o de tots)



Pàgina principal de la usuària "alumna01" en l'entorn Synergeia.



Pàgina principal de l'usuari "gregoj" en el sistema BSCW.



Interior de la carpeta de grup "Grup 1 - Cianurs", a la qual pertany l'alumna "04ana".

perquè aquest treball passi de la carpeta de grup a la carpeta de curs, de manera que augmentarà el grau de participació i de responsabilitat de l'estudiant.

SERVEIXEN PER ADMINISTRAR CURSOS EN LÍNIA?

Tant el BSCW com el Synergeia són aplicacions que possibiliten el treball cooperatiu entre persones que no coincideixen en l'espai i/o en el temps, és a dir, no es van dissenyar com a eines per a *e-learning* o administració de cursos a distància. Tot i així, ja que són entorns molt flexibles, una adequada estructuració d'aquests entorns també possibilitaria usar-los com a eines d'*e-learning*, i, en tot cas, es poden utilitzar com a recursos didàctics per al treball cooperatiu tant en classes presencials com en cursos a distància.

QUINS AVANTATGES PRESENTA PER AL PROFESSORAT L'ÚS DEL SYNERGEIA O DEL BSCW?

Les tecnologies de la informació i de la comunicació (TIC) tenen un paper fonamental en la reestructuració del procés educatiu, ja que, entre altres motius, constitueixen per si mateixes un volum important de currículum tècnic, científic i cultural i, per tant, impliquen un conjunt de tècniques imprescindibles per participar en el nostre entorn cultural. L'ús del Synergeia o del BSCW permet integrar les TIC a l'aula, i a més ho fa en un context de cooperació. Com que el treball cooperatiu és una tècnica pedagògica que està centrada en l'alumnat, aquest adquirirà més responsabilitat en el procés de construcció del seu propi coneixement. Això implica que el professorat haurà de cedir part de la responsabilitat del control de la classe a l'alumnat, i passarà de ser "transmissor de coneixements" a ser guia del procés d'aprenentatge.

Les possibilitats educatives que ofereixen el BSCW i el Synergeia són diverses i depenen de la imaginació del professorat. Com a exemple, a l'IES Mercè Rodoreda hem pogut fer desdoblaments de pràctiques de laboratori amb el BSCW, amb l'avantatge que representa tenir la meitat d'alumnes al laboratori (mentre un membre d'una parella cooperativa feia una pràctica de laboratori, l'altre membre estava a la sala d'informàtica fent un projecte amb el BSCW, i la setmana següent s'intercanviaven els llocs). També amb el BSCW o el Synergeia, els estudiants d'un grup classe han pogut realitzar projectes cooperatius amb estudiants d'altres grups classe sense coincidir mai en l'espai i en el temps, o amb alumnes de promocions anteriors, ja graduats, mitjançant l'*hipertext cooperatiu*.

COM OBTENIR MÉS INFORMACIÓ?

Arran de la concessió d'una llicència retribuïda per part del Departament d'Educació sobre entorns telemàtics cooperatius, està a disposició del professorat interessat la pàgina web que resumeix el projecte d'investigació d'aquesta llicència:

www.xtec.net/ffgjimene2/llicencia/index.htm.

En aquesta pàgina es pot trobar l'explicació de l'ús del BSCW i del Synergeia a l'IES Mercè Rodoreda, els projectes creats per l'alumnat durant els cursos 2001-2002, 2002-2003 i 2003-2004, unes guies senzilles d'ús del BSCW, com també uns tutorials detallats del Synergeia tant per al professorat com per a l'alumnat.

Aquesta experiència forma part d'un projecte del grup de recerca educativa ECEM (Ensenyament de les Ciències i Educació Mediambiental) i del Grup d'Innovació Docent de Didàctica de les Ciències de la Universitat de Barcelona, dirigits per la doctora Anna Llitjós i Viza. ■

Gregorio Jiménez Valverde

Professor d'educació secundària

gjimene2@xtec.net



(May. 05) BSCW: Trabajo cooperativo on-line en la clase

Este artículo ha sido enviado para su publicación en Profes.net por:

GREGORIO JIMÉNEZ VALVERDE Y ANNA LLITJÓS VIZA

Profesor y colaboradora en el IES Mercé Rodoreda
de L'Hospitalet de Llobregat

En la actualidad, se está evolucionando de un modelo de sociedad industrial a un modelo de sociedad de la información, de la comunicación y del conocimiento, y nuestro mundo gira alrededor de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs).



Una aplicación innovadora de este tipo de herramientas está modificando la concepción de la enseñanza, de las estrategias y de las técnicas de desarrollo que aplicamos, de los roles del profesorado y de los estudiantes.

Simultáneamente, la enseñanza avanza hacia un modelo que se aleja cada vez más de la "clase magistral" como base de la instrucción, en la cual la figura del profesor es el centro del sistema y se dirige hacia un modelo que fomenta la participación del alumnado, como medio fundamental del aprendizaje ("student-centered learning"), en el cual el profesorado ejerce de guía del proceso.

Esta nueva escuela ha de facilitar que el alumnado adquiera unas habilidades básicas que le permitan interactuar con los nuevos elementos culturales de comunicación, sabiendo seleccionar y utilizar el exceso de información que nos rodea para no ser un *analfabeto tecnológico*, aunque se debe aceptar que, generalmente, el alumnado tiene una mayor predisposición y facilidad para interactuar con las TIC que el profesorado.

Una de las técnicas pedagógicas que favorecen la construcción del aprendizaje por parte del propio alumno, es el **aprendizaje cooperativo**, que podría definirse como aquella técnica pedagógica en la que los estudiantes trabajan juntos hacia la consecución de un objetivo común.

Las ventajas del aprendizaje cooperativo están ampliamente difundidas en la bibliografía y entre las más destacables podríamos citar la siguientes: La mejora del rendimiento de los estudiantes, el desarrollo de habilidades cognitivas de alto orden, el incremento de la retención del conocimiento y de su participación activa y responsabilidad en el proceso de aprendizaje, así como el desarrollo de habilidades grupales específicas de la cooperación (como la capacidad de negociación, la de resolver conflictos y la de comunicarse eficientemente con sus compañeros de grupo).

Las TICs permiten acceder con rapidez a una cantidad enorme de información y a su vez, favorecen la creación de comunidades en la red de grupos de personas con intereses comunes, que pueden trabajar cooperativamente, superando las limitaciones de espacio y tiempo, con herramientas como el **BSCW** (*Basic Support for Cooperative Work* o *Soporte Básico para el Trabajo Cooperativo*). Esta herramienta ha sido utilizada con gran éxito en los últimos cursos escolares por los alumnos del CFGS de Química Ambiental del **IES Mercè Rodoreda** como recurso didáctico y ha permitido que alumnos de diferentes clases pudieran realizar trabajos cooperativos sin necesidad de coincidir ni en el espacio ni en el tiempo.

Para trabajar con el BSCW sólo hace falta una conexión a internet y un navegador: no se requieren programas especiales. El sistema BSCW controla diferentes espacios de trabajo compartidos por diferentes usuarios. Cada espacio de trabajo puede contener diferente tipo de información: documentos, dibujos, enlaces a otras páginas web, foros... Los contenidos de cada espacio de trabajo se presentan como objetos de información ordenados según una jerarquía de carpetas. Además de la información normal que se puede descargar como en cualquier otra página web, los usuarios también pueden subir información desde sus ordenadores. Por ejemplo, un profesor puede colgar ejercicios en un espacio de trabajo, los estudiantes se descargan estos ejercicios y más tarde cuelgan en el espacio de trabajo la solución a estos ejercicios para que el profesor los pueda revisar, todo acompañado de un foro en el cual los alumnos han ido exponiendo sus dudas y ellos mismo y el profesor las han ido respondiendo.

¿Cuáles son las características que hacen del BSCW una herramienta tan atractiva para la docencia?. Entre las principales características destacamos las siguientes:

- Es un entorno telemático gratuito y fácil de utilizar. Se accede a través de <http://bscw.fit.fraunhofer.de/> Cada usuario tiene 10 MB de espacio para colgar sus documentos.
- Los miembros se tienen que identificar mediante un nombre de usuario y contraseña para poder acceder a sus espacios de trabajo compartido.
- El sistema contiene un sofisticado modelo de derechos de acceso que, por ejemplo, permite que un usuario tenga un control total sobre los objetos contenidos en una determinada carpeta, mientras que el resto de usuarios sólo tenga acceso de lectura o

que no tenga ningún acceso al contenido de esa misma carpeta. De hecho, es necesaria la figura de un gestor de cada espacio para controlar los miembros de ese espacio de trabajo compartido. Normalmente la figura del gestor es el docente.

- Foros de discusión: Los usuarios pueden iniciar una discusión sobre cualquier tema que deseen y el sistema presenta el hilo de discusiones a propósito de ese tema inicial de una manera agradable. El sistema BSCW también ofrece agendas de grupo.
- Soporte multilingüe: la Interface del sistema se puede configurar en un idioma determinado. Algunos idiomas (castellano, catalán...) han sido creados por usuarios del sistema y están disponibles públicamente.

Un entorno para el trabajo cooperativo debe informar sobre lo que sucede en él para permitir que los usuarios coordinen su trabajo. El servicio de *eventos* es un intento del BSCW de proporcionar a los usuarios informaciones de los otros usuarios respecto de los objetos del espacio de trabajo compartido. Es decir, si un miembro de un espacio de trabajo compartido realiza una modificación en algún fichero compartido mientras otro usuario está desconectado, éste puede saber la próxima vez que se conecte que ese fichero ha sido modificado porque aparecerá un icono indicativo. Los *eventos* se producen cuando un usuario realiza cualquier acción en un espacio de trabajo compartido.

El sistema BSCW registra los eventos y presenta los recientes a cada usuario. En este contexto, *reciente* significa que ese evento tuvo lugar desde la última vez que actualizó el sistema, por tanto si se actualiza el sistema justo antes de la desconexión, en la próxima conexión al BSCW, el sistema muestra los eventos correspondientes a las acciones efectuadas desde la conexión anterior. Cada entrada de un evento describe qué se ha hecho, cuándo se ha hecho y quién lo ha hecho. Aunque esta aproximación para informar es muy simple, el feedback de los usuarios del sistema BSCW indica que la información del tipo *A borró el documento X* o *B leyó el documento Z* es muy útil para que los miembros de un grupo coordinen su trabajo y tengan una visión general de lo que ha pasado desde que se conectaron por última vez.

El sistema BSCW también permite realizar búsquedas a los distintos usuarios: a partir de nombres, contenidos o propiedades específicas se pueden encontrar objetos como archivos o la fecha de modificación de un documento. Al profesorado le puede interesar realizar una búsqueda por nombre de usuario y así saber todas las interacciones de cada uno de sus alumnos con el sistema BSCW.

El entorno BSCW es por tanto, un recurso de recursos. Es un sistema abierto, flexible y dinámico, que no permanece fijo, sino que puede evolucionar o cambiar siempre que se considere necesario y en eso se centra una parte de su interés por su aplicación en el mundo de la docencia. Permite, dentro de un marco común, diseños específicos para cada asignatura o grupo de asignaturas, adaptables a la gran diversidad del alumnado y de estrategias de aprendizaje, aspecto este último muy importante y significativo en la actualidad.

De hecho, el entorno es tan flexible que permite, entre otras cosas, las siguientes:

- Abrir una carpeta con material de interés para el alumnado (dossieres electrónicos, páginas webs, fotografías, etc). En la elaboración de esta carpeta pueden intervenir tanto el profesor como los alumnos, en función de los derechos de acceso que haya establecido el profesor.
- Que los alumnos puedan elaborar sus propias producciones y que puedan ser consultadas por el resto del grupo-clase y por el profesor, o sólo por el profesor y el resto del grupo de trabajo, en función de los derechos de acceso establecidos.
- Una interactividad en la corrección de las producciones de los alumnos: todos son copartícipes de las correcciones de todos, lo cual favorece notablemente el proceso de autocorrección.
- Crear una carpeta tipo "tablón de anuncios" en la cual se pueden colgar noticias de actualidad o relacionadas con la asignatura correspondiente, y comentarlas como si de un debate se tratara, así como avisos de actividades de interés general (conferencias, charlas o exámenes).
- Que los alumnos de un grupo reducido puedan realizar los trabajos encargados por el profesor disponiendo de un espacio común propio, en el que el resto del grupo-clase no tiene derecho de acceso (por ejemplo, cuando el profesor asigna la misma actividad a todos los grupos) y donde puede colgar documentos, gráficos, fotografías, archivos de vídeo, etc. Los miembros de este grupo reducido podrán acceder a este espacio desde cualquier ordenador conectado a internet y podrán modificar documentos o comentarios, añadir nuevos objetos o comentarios y descripciones, etc.
- Que todos los grupos reducidos de alumnos tengan acceso a las producciones finales elaboradas por otros grupos de alumnos (ajustando convenientemente los derechos de acceso), con lo que se favorece su difusión y permite una discusión ágil y sencilla de estas producciones.
- Que el profesorado de la asignatura tenga un control total sobre todo lo que sucede en todos los espacios de trabajo compartidos. Además recibirá un correo electrónico diario con todos los eventos que hayan tenido lugar. Si lo desea, podrá mantener una atención al alumnado o un sistema de tutorías los 7 días a la semana.



Universidad de la Habana

Facultad de Química

V TALLER INTERNACIONAL DE LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA



APLICACIÓN DE UN ENTORNO TELEMÁTICO PARA EL TRABAJO COOPERATIVO EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Jiménez, Gregorio; Carandell, Nuri; Puigcerver, Manuel; Miró, Antoni; Llitjós, Anna.

Grupo de Innovación Docente de Didáctica de las Ciencias (GID de DC)

Grupo de Investigación de Enseñanza de las Ciencias y Educación Medioambiental (Grupo ECEM)

Universidad de Barcelona. Campus Mundet. DCEM.

ecem@cataloniainmail.com

INTRODUCCIÓN

Los trabajos que se exponen a continuación, se efectúan con el soporte de distintas ayudas a la innovación docente y a la investigación educativa de la Universidad de Barcelona y de la Generalidad de Cataluña.

Una de las finalidades de la educación es facilitar al alumnado las condiciones necesarias para formarse como personas autónomas, capaces de buscar e interpretar información. No se trata sólo de enseñar conceptos, sino de enseñar, también, procedimientos y actitudes para adquirir conocimientos de manera que se complementen todos los contenidos. Es necesario enseñar a *aprender a aprender* (Coll, 1986), lo que equivale a ser capaz de efectuar aprendizajes significativos en un amplio rango de situaciones y circunstancias.

La estructura del aprendizaje cooperativo facilita y posibilita que el alumnado, interaccionando unos con otros, construyan su propio aprendizaje y no se limiten a ser meros espectadores en el proceso de su aprendizaje, o sea es una buena técnica para *aprender a aprender*. Durante el aprendizaje cooperativo que se propone el alumnado trabaja en grupos reducidos y heterogéneos en cuanto a género, origen, capacidades,... con la finalidad de realizar una tarea que debe ser claramente explicada por el profesorado (Llitjós, 2001).

El profesorado, como coordinador de la tarea a realizar, debe asegurarse que el planteamiento del trabajo que se hace por parte del alumnado pueda decidirse entre ellos y que se distribuyan las responsabilidades de tal manera que el equipo no pueda completar su objetivo si cada uno de sus miembros no aporta su parte. A diferencia de un aprendizaje de forma competitiva, el aprendizaje cooperativo está planteado de manera que cada miembro del grupo pueda alcanzar los objetivos, sólo si los otros miembros alcanzan los suyos.

Para que el trabajo cooperativo sea funcional y productivo deben darse una serie de condiciones: tiene que crearse una **interdependencia positiva** entre los miembros del grupo, o sea deben tener la impresión de vinculación entre los miembros. Se intercambian recursos, información y materiales produciéndose una **interacción estimulante**. Cada persona del grupo debe adquirir un **compromiso individual** y no aprovecharse del trabajo del resto del grupo. Para conseguir los objetivos marcados es necesario que el alumnado confíe en su grupo, aprenda a respetar las opiniones y las actitudes de los demás y resuelvan, de manera constructiva, los conflictos que aparezcan utilizando sus **habilidades personales**. Por último, es importante potenciar una **valoración regular** de la

efectividad del grupo para que reflexione sobre qué actuaciones puedan serles de ayuda para mejorar su trabajo (Johnson, 1997)

El trabajo cooperativo presenta una serie de ventajas (Cooper, 1995):

- Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje en el que se sienten activamente implicados.
- Los estudiantes desarrollan un nivel muy alto de técnicas de pensamiento.
- Disminuye el abandono de los estudios a cualquier nivel educativo
- Incrementa la satisfacción del estudiante con su aprendizaje y promueve actitudes positivas hacia todas las materias.

Tan importante como el propio trabajo cooperativo es la preparación que debe darse a los alumnos y las alumnas para que se acostumbren a este tipo de tarea. Debe tenerse en cuenta que en algunas ocasiones el trabajo cooperativo puede fracasar si el alumnado no está preparado y concienciado del verdadero significado de trabajar en equipo (Townes, 1998). A muchos estudiantes, al principio, "se les hace extraño" el trabajo cooperativo y por tanto es necesario y conveniente darles un tiempo de preparación, que dependerá del alumnado y del tipo de tarea que se le asigne. Puede ser un incentivo la importancia del trabajo cooperativo en el mundo empresarial y en la sociedad en general.

Existen estudios que establecen que el trabajo cooperativo es un tipo de aprendizaje muy eficiente que, además, tiene efectos muy positivos en el clima del aula y del centro educativo, de manera que se adquieren unas habilidades sociales que también son muy útiles fuera del ámbito escolar. Sin embargo, muchas clases de cualquier nivel educativo todavía están orientadas hacia un aprendizaje individualista y competitivo, donde el papel central lo desarrolla el profesorado y no el alumnado. Esto es así porque alguna parte del profesorado piensa que el trabajo en grupo supone una pérdida de tiempo, lo que se traduce en problemas para poder finalizar el temario. Otros temen perder el control del alumnado, al ser mucho más espontánea y de mayor movimiento. Sin embargo, los enseñantes deben saber que en una clase magistral se puede tener el control de los alumnos y las alumnas, pero que en ningún caso se tiene el control de su pensamiento. Incluso puede llegarse a opinar que el trabajo cooperativo es beneficioso para el alumnado más lento, pero que es perjudicial para el que posee grandes capacidades.

Las tecnologías de la información han entrado en el mundo de la educación al mismo ritmo que en otros ámbitos sociales, lo que ha permitido tener acceso a una cantidad enorme de información, utilizarla como una herramienta de comunicación entre los diferentes miembros de la comunidad educativa, facilitar la gestión de los centros educativos y la posibilidad de cambiar el enfoque de las clases, en la medida que los recursos y el profesorado lo han permitido. Estas nuevas tecnologías, a través de Internet, nos dan un acceso directo e inmediato a una cantidad enorme de información, proporcionando nuevas formas de comunicación y facilitando la creación de grupos de personas que comparten intereses comunes. Así se han creado comunidades de internautas que trabajan cooperativamente por medio de la red, sin limitaciones espaciales ni temporales. Parte del profesorado ha optado para combinar las clases teóricas con el trabajo cooperativo utilizando un entorno telemático, ya que las telecomunicaciones posibilitan el acceso a la información sin que sea necesario coincidir ni en el espacio ni en el tiempo.

Por este motivo, el trabajo en entornos virtuales requiere un proceso de planificación más estructurado para reducir la dispersión en el manejo de la información que se comparte, y profundizar en el conocimiento del contexto de todos los participantes y facilitar la posterior interacción. Las estrategias que favorecen un trabajo cooperativo a través de la red son: el conocimiento previo de los miembros que participan en el grupo y su contexto, el trabajo conjunto para resolver un problema, la planificación detallada del trabajo a realizar, la interacción periódica en el proceso de realización del proyecto y una evaluación que tenga presente el trabajo individual y el colectivo (Guitert, 2000); En estos trabajos es muy importante el papel que desempeña el profesorado como agente

dinamizador de los procesos de enseñanza y aprendizaje, por lo que debe actuar como guía en el desarrollo del trabajo conjunto coordinando, planificando y organizando la interacción entre grupos, además de conducir los procesos de comunicación y la aportación de nuevas ideas.

Para efectuar un trabajo cooperativo utilizando un entorno telemático, es fundamental y clave la utilización de un sistema al que pueda accederse fácilmente desde cualquier ordenador, y que los requerimientos técnicos no sean excesivos para que esté al alcance de un gran número de usuarios. El sistema BSCW es una herramienta de trabajo que se basa en la web para dar soporte a los grupos que trabajan cooperativamente de forma sincrónica y asincrónica. Este sistema tiene la ventaja que es accesible con los navegadores estándar y que es una aplicación que va más allá de la navegación y la descarga de información, incorporando características como poder "colgar" documentos, gestionar distintas versiones, conversión de formatos, posibilidad de comprimir documentos para agilizar las comunicaciones, etc. todo ello bajo la supervisión y administración de los miembros de un grupo.

El BSCW puede contener diferentes tipos de información como documentos, imágenes, enlaces a otras páginas web, direcciones de Internet y foros de discusión. Los miembros del grupo deben identificarse para acceder al espacio de trabajo. Cada miembro puede organizar su espacio libremente y de forma individual, utilizando una jerarquía de carpetas y subcarpetas según necesidades y conveniencias. Además el sistema BSCW registra permanentemente los eventos que han tenido lugar en un espacio de trabajo, lo que proporciona a los otros usuarios información sobre las actividades de cada miembro del grupo con respecto a los objetos del espacio de trabajo compartido. Esta última función es de gran utilidad ya que permite coordinar el trabajo de los miembros de grupo, a la vez que informa de las acciones realizadas por cada uno de ellos desde que se conectaron por última vez (Puigcerver, 2001).

DESARROLLO

ENTORNO TELEMÁTICO PARA EL TRABAJO COOPERATIVO DE QUÍMICA EN EL BACHILLERATO

El proyecto consistió en la utilización del entorno telemático BSCW para llevar a cabo un trabajo en grupo sobre un determinado proceso químico, o el análisis de algún material de utilización frecuente en la vida cotidiana.

Se trabaja con el sistema BSCW (Soporte básico para el trabajo cooperativo) porque es un entorno telemático abierto, flexible, multilingüe y de actualización instantánea, que no necesita ningún requisito especial y al que se puede acceder desde cualquier ordenador conectado a la red. Además permite crear espacios virtuales de trabajo y estructurarlos según cada necesidad, como nos muestra nuestra propia experiencia desde el año 1997 (Llitjós, 2000 y 2001).

El grupo que realizó este trabajo estaba compuesto por 12 personas de segundo de bachillerato que se conocían personalmente desde hacía algún tiempo. Casi todos tenían experiencia con el ordenador y muchos disponían de uno en su casa, o tenían disponibilidad de utilizar alguno; sin embargo, en muchos casos preferían trabajar en el instituto porque disponían de una conexión más rápida que la de su casa. Cuatro alumnos no tenían correo electrónico, por lo que antes de empezar la experiencia se registraron para obtener un correo gratuito. La mayoría estaban acostumbrados a consultarlo y a chatear con otros compañeros.

Se formaron parejas de trabajo y cada pareja tenía que escoger un tema propuesto por la profesora sobre "la química en la sociedad" (cosméticos, energía nuclear, fármacos, plásticos, leche,...). Se planteó a los alumnos que lo que se pretendía es que entre todos prepararan los contenidos a estudiar en esta unidad. Eso creó un clima de cooperación entre las parejas, ya que cada una de ellas era responsable de una parte de la tarea, pero

a su vez les interesaba el trabajo del resto de las parejas por lo que se ayudaban mutuamente con la finalidad de realizar correctamente la labor y poder finalizarla a tiempo.

Las primeras sesiones de clase se destinaron a familiarizar los alumnos con el entorno telemático. Recibieron la invitación por parte del administrador de nuestro servidor BSCW (grupo ECEM y grupo de innovación docente (GID) de Didáctica de las Ciencias de la Universidad de Barcelona) y cada alumno se registró con un nombre de usuario y una contraseña. Recibieron también orientaciones de cómo buscar información en Internet, de manera que fueran críticos con la información y la contrastaran. Dentro del espacio virtual creado para el grupo de alumnos, la profesora había creado ya algunas carpetas con informaciones útiles para llevar a cabo el trabajo y una carpeta de documentación individual donde cada pareja tenía que crear una subcarpeta para su uso particular. La organización interna de cada carpeta personal era libre y por tanto cada pareja podía guardar los documentos, direcciones de Internet, imágenes,... que creyera interesantes y convenientes. A este espacio virtual se podía acceder desde cualquier ordenador conectado a la red mediante un enlace desde la página web del Instituto de Enseñanza Secundaria; de esta manera no existían limitaciones de espacio y tiempo, o sea que cada uno de los miembros de la clase podía trabajar cuándo y dónde quisiera. Dentro del espacio virtual el acceso era totalmente libre, por tanto cualquiera podía leer y comentar los documentos de todos. Esto fomentó el interés por el trabajo del resto de grupos y la cooperación entre ellos, ya que podían pasarse información y colaborar a resolver dudas y problemas que pudieran surgir.

El alumnado hizo la mayor parte del trabajo fuera de las horas de clase, de manera que paralelamente al trabajo se realizaban las clases teóricas de química. Se destinó una hora a la semana a resolver dudas, orientar en relación a la búsqueda de información, plantear y replantear el trabajo, y/o solucionar pequeños conflictos surgidos entre los miembros del grupo. Es importante resaltar el hecho de que además de la comunicación personal con la profesora y entre el alumnado, existía otro contacto a través del espacio virtual de trabajo cooperativo, donde cada miembro podía "colgar" documentos en su espacio virtual para que fueran comentados y revisados por la profesora y por el resto del grupo. Así se consiguió agilizar mucho el trabajo y en pocas semanas se realizó una gran labor.

Se dio libertad al alumnado para entregar el trabajo en forma de web o como documento de Word, ya que no todos los alumnos dominaban los programas para crear páginas web y no se disponía de tiempo suficiente para enseñarles el manejo de estos programas. Los trabajos también se colgaron en una carpeta del espacio virtual de manera que, al igual que a lo largo de su realización, los compañeros pudieron opinar, hacer comentarios, sugerencias, añadir informaciones... A partir de estos trabajos se realizó un examen escrito sobre los contenidos que aportaba cada uno de ellos.

Dentro de la evaluación del proyecto deben diferenciarse la evaluación de los trabajos (contenidos, presentación, estructura,...) y la evaluación del proyecto global (interés de los alumnos, cooperación,...)

Evaluación de los trabajos

Inicialmente se pensó en hacer una evaluación entre iguales, o sea que cada pareja evaluase el trabajo de sus compañeros lo que, aparentemente, es de sencilla realización cuando se trabaja en un entorno virtual ya que cada persona tiene a su alcance, y en todo momento, los trabajos del resto. Finalmente, por problemas de calendario no pudo realizarse esta evaluación y sólo se contabilizó la realizada por la profesora. En esta evaluación se tuvieron en cuenta diferentes aspectos: el contenido científico, la identificación de los procesos químicos, la identificación y propiedades de los materiales, la relación de los contenidos con la vida cotidiana, la selección de la información, la presentación de los contenidos, la valoración crítica del impacto ambiental de algunos procesos químicos, la organización del trabajo y el respeto por las aportaciones del resto de compañeros.

Evaluación del proyecto

Para evaluar todo lo que el trabajo en equipo les había aportado, la profesora utilizó un cuestionario con quince ítems que se tenían que valorar del 1 al 4. Estos ítems hacían referencia a la propia experiencia de utilización del entorno telemático BSCW, a la relación que se había establecido con los compañeros por el hecho de trabajar en parejas y con todo el grupo. Con esta evaluación se observó que los alumnos encontraron muy fácil el uso del entorno BSCW, sin embargo sólo usaron las funciones básicas y no utilizaron los foros de discusión o consultaron la lista de eventos. En general se opinó que este tipo de proyectos motiva más al alumnado, lo que hace que se muestre más receptivo que con las clases tradicionales. Interesó poder seguir el trabajo de los compañeros y compañeras, a la vez que se mostraron satisfechos del hecho que el resto del alumnado les comentara su tarea; esto les obligaba a mejorar su trabajo para no quedar en 'ridículo' (entre otros motivos), y se establecía una competitividad positiva entre las parejas. Algunos valoraron positivamente el hecho de poder acceder al trabajo en cualquier momento ya que aprovechaban incluso el descanso entre clases para conectar el ordenador. Cada miembro escogió su propia pareja de trabajo y, como consecuencia, la actitud de cada grupo fue muy positiva, a la vez que cabe resaltar que el trabajo realizado por cada miembro fue muy bien valorado por su compañero.

En general, los alumnos y las alumnas mostraron mucho interés en el proyecto por la novedad que les suponía en cuanto a su tratamiento, y porque les hizo reflexionar sobre la importancia de la química y de los procesos químicos en la vida cotidiana.

ENTORNO TELEMÁTICO PARA EL TRABAJO COOPERATIVO DE QUÍMICA EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL

La Formación Profesional Específica, en España, se estructura actualmente en Ciclos Formativos de Grado Medio (CFGM) y de Grado Superior (CFGS), agrupados en 22 familias profesionales, entre ellas la familia de química. Para el acceso a los CFGM es necesario haber completado con éxito la Educación Secundaria Obligatoria, mientras que para el acceso a los CFGS es necesario estar en posesión del título de Bachillerato (o equivalente a efectos de acceso). Los Ciclos Formativos se organizan en diferentes módulos o asignaturas de carácter teórico-práctico

El entorno telemático BSCW se ha venido utilizando en los últimos dos cursos escolares en alumnos del Ciclo Formativo de Grado Superior de Química Ambiental (perteneciente a la familia profesional de química) del Instituto de Educación Secundaria (IES Mercè Rodoreda). Este Ciclo Formativo tiene 60 alumnos matriculados, que se organizan en 3 grupos de 20 alumnos. En el primer curso escolar (2001-2002) que se utilizó el BSCW se realizó una puesta a punto del sistema telemático y unas pruebas preliminares. En el segundo curso (2002-2003) se optimizó la metodología de este sistema telemático para la docencia de la química en estos estudios. En ambos casos, la optimización del sistema telemático se realizó en la Unidad Didáctica de "metales: presencia en aguas y técnicas de análisis", perteneciente al módulo de "depuración de aguas". La propuesta educativa consistía en, aprovechando la potencia del BSCW como entorno telemático cooperativo, crear un sitio web sobre un metal, su presencia en aguas y técnicas de análisis.

Primer curso (2001-2002): Puesta a punto.

En primer lugar, el profesor tuvo que registrarse en el servidor gratuito BSCW que la institución alemana *Fraunhofer FIT* pone al alcance de manera gratuita a todos los profesionales de la educación. El registro en el servidor gratuito BSCW únicamente permite iniciar la cooperación telemática, pero si uno accede a su espacio de trabajo BSCW en ese momento, verá que está completamente vacío: no hay ni carpetas, ni subdirectorios, ni objetos, ni archivos. Esta sensación de vacío es, al contrario de lo que pueda parecer, una de las grandes ventajas de este sistema de trabajo, puesto que cada profesor creará un espacio de trabajo a medida de sus necesidades, sin restricciones previas.

En primer lugar, fue necesario registrar como usuarios del espacio BSCW a los 60 alumnos del Ciclo Formativo. Para ello, el profesor creó 60 direcciones de correo electrónico pues, como se ha indicado, se requiere una dirección de correo electrónico válida para poderse registrar en el servidor gratuito del BSCW. A continuación, el profesor (que además es el gestor de este sistema de espacios compartidos dentro del servidor gratuito del BSCW), invitó a los 60 alumnos a formar parte del sistema de espacios, enviando un correo electrónico a cada uno de los alumnos. Cuando uno recibe una invitación (mediante correo electrónico) para registrarse en el BSCW, es necesario elegir un nombre de usuario y una contraseña. Para evitar problemas a la hora de registrarse y con el fin de que todos los alumnos estuvieran correctamente registrados, fue el profesor quien registró a todos los alumnos (entrando a cada una de las 60 cuentas de correo electrónico creadas anteriormente). El nombre de usuario quedó asignado como "*apellido1_nombre*" a todos los alumnos

Una vez registrados los 60 alumnos, fue necesario crear los espacios de trabajo de cada alumno (con las carpetas compartidas). De hecho, es necesario recordar que la flexibilidad que permite el BSCW se debe al hecho de que no se parte de ninguna estructura predeterminada. Cuando uno se conecta por primera vez, sin que nadie le haya "invitado" a ninguna "carpeta", encuentra un espacio totalmente desierto: tiene que ir subiendo objetos -carpetas, documentos, foros, URL- a su espacio de trabajo y después ha de compartirlos con aquellos con los que quiera trabajar cooperativamente. Para cada alumno se crearon 4 carpetas:

- *carpeta personal*: sólo tenían acceso a esta carpeta el propio alumno y el profesor (ambos con derechos de acceso de "miembro"). Esta carpeta facilita la comunicación y la cooperación entre el alumno y el profesor.
- *carpeta de grupo*: tienen acceso los 20 alumnos del mismo grupo y el profesor (todos con derechos de acceso de "miembro"). Esta carpeta facilita la comunicación y la cooperación entre todos los alumnos de un grupo y el profesor. Aquí los alumnos –y el profesor- puede colgar aquellos objetos (documentos, URLs, ...) que crean interesantes para algunos de los miembros de ese grupo. También le sirve al profesor como medio de comunicación con ese grupo en concreto. Esta carpeta incluye, además, un foro de discusión en el que pueden participar los 20 alumnos de ese grupo y el profesor (siendo éste el moderador del foro)
- *carpeta global*: tienen acceso los 60 alumnos del ciclo formativo y el profesor (todos con derechos de acceso de "miembro"). Esta carpeta es útil cuando el profesor quiere comunicar algo a los 3 grupos simultáneamente o cuando se necesita una vía de cooperación para alumnos de diferentes grupos. En esta carpeta el profesor añade manuales de uso, URL interesantes, enlaces a otras páginas web ...
- *carpeta de pareja*: tienen acceso a esta carpeta el profesor (como miembro), los 2 alumnos que integran la pareja que harán el trabajo cooperativo sobre un metal determinado (como miembros) y el resto de alumnos de su grupo (como miembros restringidos). El resto de alumnos de su grupo se invitan como miembros restringidos por dos motivos: para que puedan ver el resultado final (o incluso intermedio) del trabajo de sus compañeros, es necesario que puedan acceder a esa carpeta, y son restringidos para que no puedan borrar, editar ni alterar el contenido de esa carpeta: sólo pueden ver los objetos que hay en el interior de la carpeta.

Una vez creado el sistema jerárquico de carpetas del entorno telemático, fue necesario que los alumnos aprendieran a utilizar el sistema BSCW. Se emplearon unas sesiones de clase para explicar las funciones básicas del BSCW, como por ejemplo: subir objetos (archivos, carpetas, páginas web), copiar, cortar, pegar, mover, descargar documentos, participar en el foro, añadir descripciones a los objetos y calificarlos.... También aprendieron el significado de los iconos que detallan las actividades dentro del espacio de trabajo (eventos), iconos que informan si un documento ha sido visualizado, si un objeto ha cambiado de ubicación, si un documento ha sido modificado, si se ha creado una carpeta...

Cuando los alumnos se habían habituado al trabajo con el BSCW, se iniciaron las sesiones de tutoría de la herramienta informática para crear páginas web (editor 'html') y, por tanto, para poder crear las páginas web del trabajo sobre los metales. El editor 'html' que se eligió fue el *Netscape Composer*, versión 4.78 (las versiones posteriores o no tienen editores html –versión 7- o el editor html tiene menos posibilidades que la versión 4.78 –versión 6-). La ventaja del *Netscape Composer* frente a otros editores html más completos (como el *MS Frontpage* o el *MacroMedia Dreamweaver*) es que el *Netscape Composer* es una herramienta gratuita (como el BSCW) y los otros no. Después de las sesiones de tutoría del *Netscape Composer*, se hicieron otras sesiones con ejercicios que integraban las herramientas BSCW y el *Netscape Composer*.

Una vez que los alumnos habían adquirido las habilidades básicas de estas dos herramientas informáticas (BSCW y *Netscape Composer*), iniciaron la realización del trabajo cooperativo sobre un metal determinado y su presencia y análisis en aguas. Cada pareja, en cada grupo, tenía que hacer un trabajo sobre un metal diferente. Esto permitió que todos los alumnos pudieran ver el progreso y los trabajos del resto de compañeros y, por tanto, aprender con lo que sus compañeros estaban realizando. Los trabajos de los tres grupos eran independientes: los alumnos del grupo A, por ejemplo, no tienen ningún acceso a las carpetas de pareja de los alumnos de los grupos B y C; por tanto, es posible que existan trabajos sobre el mismo metal en grupos diferentes.

El trabajo de cada metal consistía en una serie de páginas web, enlazadas entre sí, de manera que cada una de estas páginas tenía que hacer referencia a un determinado aspecto del metal. En concreto, estas debían ser las páginas de cada trabajo:

- Página de inicio: con el nombre del metal y el nombre de los autores. Dispone de un enlace al menú principal
- Propiedades fisicoquímicas del metal
- Fotografía: imagen del metal en su estado nativo
- Presencia en aguas: información sobre la presencia del metal en aguas naturales (origen y niveles)
- Legislación: legislación asociada a este metal en aguas potables de consumo público.
- Técnicas de análisis: métodos analíticos para determinar el metal en cuestión.
- Curiosidades y efectos sobre la salud.

Era muy importante que los alumnos enriquecieran los trabajos con enlaces (*links*) tanto a otras páginas web externas como a los trabajos de los otros metales. Así, por ejemplo, si en un trabajo sobre el magnesio los alumnos hacían referencia al calcio, tenían que enlazar la palabra "calcio" con la página de inicio del trabajo del calcio; si hacían referencia a las alergias que causan algunos metales, podían incluir un enlace a una página externa que tratara ese tema.

Es necesario comentar que para la realización del trabajo cooperativo, así como para las sesiones de tutoría del BSCW y del *Netscape Composer*, se utilizaron horas de docencia presencial, por tanto, los alumnos que no disponían de acceso a Internet en sus domicilios particulares no estaban en desventaja con el resto. Obviamente, aquellos que sí que tenían acceso a Internet podían avanzar en los trabajos y en las prácticas al disponer de las dos herramientas informáticas utilizadas.

Segundo curso (2002-03): Optimización.

A partir de la experiencia del curso anterior, y a la vista de los resultados obtenidos y de las observaciones y sugerencias, se procedió a realizar la misma actividad con el BSCW introduciendo algunos cambios. Las diferencias del uso del BSCW del segundo curso respecto al primero fueron las siguientes:

- Registro de usuarios: Los 60 nombres de usuario creados el curso anterior no son reutilizables puesto que eran el nombre personal del usuario ('apellido1_nombre'). Las opciones para este nuevo curso eran dos: o se vuelven a crear 60 nuevos nombres de usuario siguiendo el largo proceso, o se crean unos nombres de usuario genéricos que se puedan reutilizar cada curso, sólo cambiando la contraseña. Se eligió esta segunda opción, dada su practicidad. En nuestro caso a los nombres de usuario se les asignó la estructura 'gr_X_NN', donde X podía ser A, B o C (en función del grupo al que perteneciera el alumno) y NN el número de orden (alfabético) de ese alumno en su grupo.
- Tutoriales BSCW: Para agilizar las sesiones de tutoría sobre la herramienta telemática BSCW, se facilitó a los alumnos la dirección web de un tutorial sobre el uso del BSCW. De esta manera, y después de las explicaciones del profesor, los alumnos podían trabajar de manera más autónoma, ajustando su ritmo de aprendizaje a la diversidad de intereses y a las capacidades de cada alumno. Este tutorial BSCW fue preparado por nuestro grupo de investigación para la docencia universitaria (ECEM - GID)
- Tutoriales *Netscape Composer*: Al igual que en el caso del tutorial BSCW, el profesor también diseñó unas páginas web a modo de tutorial de diversos aspectos del *Netscape Composer* y del *Netscape Composer* como editor html asociado al BSCW, facilitando la autonomía en el proceso de aprendizaje de los alumnos. Ambos tutoriales utilizan hipertexto y, de esta manera, se favorecen el aprendizaje personalizado en función de los conocimientos y las necesidades de cada uno: cada alumno puede elegir, en diferentes momentos, el itinerario más adecuado.
- Flexibilidad de la complejidad del trabajo de los metales. En el segundo curso, uno de los tres grupos tuvo muchas menos horas de clase que los otros dos grupos, lo que motivó al profesor a plantearse la posibilidad de anular el uso del BSCW con este grupo. Al final, el profesor decidió que los alumnos de este grupo hicieran las sesiones de tutorías BSCW y *Netscape Composer* igual que los otros dos grupos, pero introduciendo alguna variación en el trabajo de los metales: en lugar de ser 7 páginas entrelazadas, sería una única página web con 7 secciones y un índice al inicio de esa página con accesos directos a cada una de las 7 secciones de la página.
- Extensión de la cooperación: Además de los trabajos en pareja, los alumnos de este curso realizaron otro trabajo más, utilizando el potencial que el BSCW ofrece para el trabajo cooperativo. Este nuevo trabajo consistió en realizar, en grupos de 6 personas, una página web con información sobre una técnica analítica de las que se habían mencionado en el apartado "técnicas analíticas" del trabajo de los metales. Como ya estaba previsto realizar este trabajo, los alumnos crearon el enlace al trabajo de las técnicas cuando hicieron el trabajo de los metales, aun cuando el trabajo de las técnicas aún no se había hecho, por lo que el profesor creó unos archivos .html en blanco a los que se dirigió los enlaces. Luego, los alumnos, tuvieron que sustituir ese fichero en blanco por el fichero que contenía la página web de la técnica de análisis.

Dentro de la evaluación del uso del BSCW cabe diferenciar, nuevamente lo que es la evaluación de los trabajos realizados por los alumnos y la evaluación del proyecto educativo de investigación.

Evaluación de los trabajos

La evaluación fue realizada por el profesor. Se comprobaron tanto aspectos técnicos (nombres de archivos correctos, enlaces correctos, tamaño de las imágenes adecuado, tiempo de carga de las páginas adecuado, diseño correcto, visualización de imágenes correcta, ...) como el contenido químico de las páginas (errores de formulación, de nomenclatura de material químico, de las técnicas de análisis, fallos en la redacción, datos incorrectos, incoherencias en el texto, ...). Además se tuvo en cuenta toda la información que proporcionó el sistema BSCW referente a la cooperación entre los miembros de la

pareja o del grupo de 6 personas (quién hizo qué partes, cuándo se hizo o se editó el documento y por quién,...). Para poder consultar los trabajos del segundo curso, es necesario acceder a la siguiente página web: <http://www.quimicambiental.com> y dirigirse al apartado "Trabajos 2002-03". El sistema BSCW pedirá un nombre de usuario y contraseña. Para poder entrar, es necesario indicar como nombre de usuario *inv02* y como contraseña *access*

Evaluación del proyecto

El proyecto fue evaluado tanto por el profesor como por los alumnos. En el caso de la evaluación por parte del profesor, todas las observaciones realizadas durante el primer curso sirvieron para hacer las pertinentes mejoras y correcciones de cara al uso del sistema BSCW durante el segundo curso. A lo largo del segundo curso el sistema BSCW también fue evaluado y las observaciones realizadas se tendrán en cuenta en futuros usos del BSCW como potente herramienta didáctica para el trabajo cooperativo. En cuanto a la evaluación por parte de los alumnos, cabe decir que se les preguntó, mediante una encuesta anónima, sobre seis aspectos del BSCW que tenían que ser evaluados del 1 al 7. Además se les dio la posibilidad de hacer cualquier comentario en la misma encuesta sobre su opinión del uso del sistema BSCW en el trabajo cooperativo

En general, después de evaluar el proyecto educativo globalmente, surgen consideraciones similares a las comentadas en la propuesta educativa del BSCW en bachillerato, con algunas diferencias, como el hecho de que los alumnos del ciclo formativo sí que utilizaron de manera moderada el foro de discusión. En general, la valoración del BSCW como recurso didáctico fue muy positiva.

CONCLUSIONES

- El trabajo cooperativo en entornos telemáticos proporciona una alternativa de aprendizaje cooperativo para preparar a los estudiantes a desarrollar habilidades importantes de comunicación interpersonal en ausencia de una interacción cara a cara.
- El éxito del trabajo cooperativo telemático se basa en la preparación del alumnado para llevar a cabo este tipo de actividad, para que se familiarice con el trabajo en equipo y en el uso del sistema.
- Los casos estudiados demuestran que el BSCW puede ser una herramienta muy útil y prometedora para establecer una red de comunicación y cooperación entre los estudiantes y el profesorado.
- El alumnado considera muy ventajoso tener a su disposición los materiales de trabajo en cualquier momento y, también, la inmediatez de comunicación con el resto del grupo.
- Para el profesorado, la rapidez de comunicación y la opción de disponer de una visión general de las acciones de cada estudiante se consideran como ventajas muy importantes.
- El desarrollo del proyecto aumenta la habilidad del alumnado para realizar una búsqueda de información en Internet, clasificarla y extraer lo más importante. Y, además, despierta el espíritu crítico respecto a la información disponible en la red.
- Los cambios en los trabajos se pueden realizar de manera fácil y rápida.
- Puede generarse una sobrecarga de información por parte del BSCW debido al gran número de acciones que pueden tener lugar en el espacio de trabajo compartido.
- Pueden existir problemas en el uso compartido de documentos debido al uso de diferentes aplicaciones entre las que pueden haber ciertas incompatibilidades (BSCW, *Netscape Composer*)

- La transparencia y el control son fundamentales cuando se trabaja en un entorno cooperativo de un espacio de trabajo.
- La interacción entre los estudiantes y entre los estudiantes y el profesor aumenta y las sesiones presenciales de clase pueden disminuir puesto que no siempre tan necesarias.
- La preparación, por parte del profesor, de las clases para la enseñanza del sistema BSCW y del *Netscape Composer* requieren más tiempo y trabajo que la enseñanza tradicional, pero los beneficios que se obtienen al usarlos son también mayores.

BIBLIOGRAFÍA

Coll, C. 1986. *“Un marc curricular per a l'ensenyament obligatori”* Barcelona: Departament d'Ensenyament.

Cooper, M.M. 1995. *“Cooperative Learning”* Journal of Chemical Education, 72 (2)162.

Guitert, M.; Giménez, F. 1999. *“Aprendizaje cooperativo en entornos virtuales: el caso de la Universitat Oberta de Catalunya”*. I Foro Hispanoamericano: AHCiet Tele Educación 99. Madrid.

Johnson, R.T.; Johnson, D.W. 1997 *“Una visió global de l'aprenentatge cooperatiu”* Suports, 1 (1)54-64.

Llitjós, A. 2000. *“Hacia el siglo XXI: Comunicación Audiovisual de la Química”*. Aspectos didácticos de Física y Química. Colección Educación abierta. ICE. Universidad de Zaragoza. 147(Q.9)145-170.

Llitjós, A.; Colomer, M.; Puigcerver, M.; Miró, A. 2001. *“Ciencia en el siglo XXI: Enseñanza de las ciencias y entornos telemáticos interactivos”* Enseñanza de las Ciencias, I(1)149-150.

Puigcerver, M.; Colomer, M.; Miró, A.; Durán, H.; García, P.; Gold, G.; Llobera, R.; Sanz, C.; Llitjós, A. 2001. *“Aplicación del sistema telemático interactivo BSCW a la enseñanza de las ciencias”*. Enseñanza de las Ciencias, II(2)325-326.

Towns, M.H. 1998. *“How do I get my students to work together? Getting Cooperative Learning Started”* Journal of Chemical Education, 75(1)67.

COOPERACIÓN EN ENTORNOS TELEMÁTICOS Y LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Gregorio Jiménez Valverde⁽¹⁾ y Anna Llitjós Viza⁽²⁾

⁽¹⁾ *Departament de Química Ambiental, IES Mercè Rodoreda. L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona).* gjimene2@xtec.net

⁽²⁾ *Grup Consolidat d'Innovació Docent de Didàctica de les Ciències. Grup de recerca ECEM [Ensenyament de les Ciències i Educació Mediambiental]. Universitat de Barcelona.*

[Recibido en Mayo de 2005; aceptado en Agosto de 2005]

RESUMEN (Inglés)

En la presente comunicación se detalla una innovadora experiencia llevada a cabo durante los cursos 2001-02 y 2002-03 consistente en el uso del BSCW, un entorno telemático para el trabajo cooperativo, en el Ciclo Formativo de Grado Superior de Química Ambiental. En el artículo se detallan las principales características del entorno, cómo fue aplicado y los resultados que se obtuvieron, presentados en páginas web creadas por los propios estudiantes sobre diferentes aspectos de metales en aguas. El alumnado, a través de una encuesta, respaldó esta experiencia y mostró una actitud muy positiva en la creación de materiales hipermedia.

Palabras claves: TICs e Internet; Didáctica de la Química; Aprendizaje Cooperativo Asistido por Ordenador; Entornos telemáticos; Creación de Materiales Hipermedia.

INTRODUCCIÓN

Uno de los requisitos básicos que se exige a las instituciones educativas es la preparación de los estudiantes para participar en una sociedad en la que el conocimiento es uno de los recursos más importantes para el desarrollo económico y social. El profesorado, por tanto, está obligado a encontrar nuevos y mejores métodos pedagógicos para alcanzar estos retos. En este contexto, las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs) juegan un papel esencial en la reestructuración del proceso de enseñanza, por diversos motivos:

- constituyen por ellas mismas un volumen importante de currículum técnico, científico y cultural y, por tanto, implican un conjunto de técnicas imprescindibles para participar en nuestro entorno cultural.
- modifican los recursos educativos disponibles y la formación necesaria de educadores y docentes.

- facilitan la comunicación entre personas, minimizando las dificultades de tiempo, espacio e idioma.

Dentro de las TICs, Internet se está convirtiendo en un recurso valioso para el profesorado de química, ya que ofrece nuevas y fascinantes maneras de aprender y proporciona una serie de ventajas en la enseñanza de esta materia, tales como la superación de barreras temporales y espaciales o la posibilidad de que el alumnado y el profesorado puedan publicar sus propios trabajos o materiales curriculares (Jefferies y Hussain, 1998). Actualmente no es difícil encontrar cursos telemáticos de química (Liu, Walter y Brooks, 1998; Judd, 1998, Robinson, 2000, Reeves y Kimbrough, 2004) o referencias al uso de Internet o de otras TICs en la enseñanza de la química: Internet como fuente de información (Varjola, 2000; Murov, 2001), uso de foros de discusión (Paulisse y Polik, 1999; Díez, 2005), enseñanza de laboratorio través de Internet y laboratorios virtuales (Cartwright y Valentine, 2002; Baran, Currie y Kennepohl, 2004; Cancilla, 2004), uso de tutoriales en formato web (Jiménez y Llitjós, 2005a; Donovan y Nakhleh, 2001; Koehler y Orvis, 2003), correo electrónico cooperativo (Pence, 1999), hipertexto cooperativo (Jiménez y Llitjós, 2005a), aplicaciones hipermedia (Tissue, 1996; Tissue, 1997) o la realización de ejercicios o deberes a través de Internet (Penn, Nedeff y Gozdzik, 2000).

Simultáneamente, la enseñanza avanza hacia un modelo que se aleja cada vez más de la "clase magistral" como base de la instrucción, en la cual la figura del profesor es el centro del sistema, y se dirige hacia un modelo que fomenta la participación activa del alumnado como medio fundamental del aprendizaje, en el cual el profesorado ejerce de guía del proceso.

El aprendizaje colaborativo asistido por ordenador es uno de los recursos basados en las TICs más prometedores para la mejora de la enseñanza. La presencia de la informática no es nueva en el proceso de aprendizaje (Jiménez y Llitjós, 2005b), pero hasta hace relativamente poco (aproximadamente hasta finales de la década de los ochenta), estos materiales didácticos se basaban en individualizar el proceso educativo. La omisión de la interacción social en estos entornos informáticos de aprendizaje preocupaba a muchos educadores de aquella época.

En los últimos quince años, la situación ha cambiado drásticamente. Gran parte de la investigación en el uso de las TICs en la educación considera más o menos explícitamente las posibilidades tecnológicas para facilitar la interacción social entre el profesorado y el alumnado y entre los propios estudiantes. La cooperación y la comunicación son dos conceptos fundamentales en un entorno virtual, pero la interacción social no lo es menos.

El presente trabajo tiene como objetivo describir el estudio realizado sobre el uso de una herramienta telemática para el trabajo cooperativo (BSCW) como recurso didáctico en determinadas clases de química del Ciclo Formativo de Grado Superior de Química Ambiental en el IES Mercè Rodoreda, de L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona) durante los cursos académicos 2001-02 y 2002-03.

EL APRENDIZAJE COOPERATIVO

El aprendizaje cooperativo puede definirse como aquella técnica pedagógica en la que los estudiantes trabajan juntos hacia la consecución de un objetivo común. El aprendizaje cooperativo no sólo consiste en trabajar en grupo, es decir, el rendimiento global que se obtiene no consiste en la "suma aritmética" de las contribuciones individuales de cada miembro del grupo, sino que cada uno aprende más de lo que hubiese aprendido en un contexto individualista, debido a las interacciones con los otros miembros de su grupo. El aprendizaje cooperativo está en contraposición con el aprendizaje individualista, en el que los alumnos trabajan solos para alcanzar objetivos no relacionados con los demás e independientes de ellos y el hecho de que un individuo cumpla su objetivo, no influye en que los otros alcancen los suyos. Tampoco coincide con el aprendizaje competitivo, que consiste en la concentración del esfuerzo del alumno para que se desempeñe mejor y con más precisión que sus compañeros, de tal manera que el alumno siente que puede alcanzar sus objetivos sólo si los otros fracasan en alcanzar los propios (Johnson y Johnson, 1999).

La característica principal del aprendizaje cooperativo es la interdependencia positiva (los esfuerzos de cada integrante del grupo no sólo le benefician a él mismo sino a todos los demás miembros). Debido a ella, el trabajo cooperativo necesita diversos tipos de coordinación: distribuir y organizar el trabajo, así como, discutir cómo éste se organiza y se lleva a cabo.

Otros componentes importantes del aprendizaje cooperativo incluyen la responsabilidad individual y grupal (el grupo debe asumir la responsabilidad de alcanzar su objetivo común y cada miembro será responsable de cumplir con la parte de trabajo que le corresponda), la interacción estimuladora del éxito de los demás miembros del grupo (preferentemente cara a cara), el uso adecuado de habilidades interpersonales y grupales (deberán desarrollar habilidades como la resolución de conflictos, la negociación, la comunicación efectiva entre los miembros de un grupo) y la evaluación grupal (o capacidad de procesar la eficacia con que funcionó el grupo) (Johnson, Johnson y Holubec, 1999)

Las ventajas del aprendizaje cooperativo están ampliamente difundidas en la bibliografía y, entre las más destacables podríamos citar las siguientes: la mejora del rendimiento de los estudiantes, el incremento de su responsabilidad y participación activa en el proceso de aprendizaje (puesto que el aprendizaje cooperativo es una técnica pedagógica centrada en el estudiante), así como una mayor autoestima y unas relaciones interpersonales más positivas que las que se obtienen con esfuerzos competitivos o individualistas (Slavin, 1995).

Numerosos estudios avalan la eficacia del aprendizaje cooperativo en la didáctica de la química (Bowen, 2000) tanto en la educación secundaria (Okebukola y Ogunniyi, 1984) como en niveles superiores (Cooper, 1995). El trabajo cooperativo no sólo se aplica en el aula (Kogut, 1997), sino también en el laboratorio (Wenzel, 1995).

Groupware

El trabajo cooperativo asistido por ordenador se basa principalmente en herramientas informáticas llamadas groupware: software que facilita la coordinación y cooperación necesarias entre individuos que forman parte de organizaciones. El groupware puede ser de dos tipos: estructurado o no estructurado (Prendes, 2003). El no estructurado consiste en utilizar distintas aplicaciones y recursos telemáticos para promover la cooperación entre usuarios (por ejemplo, un entorno integrado consistente en un foro para la comunicación asincrónica, un chat para la comunicación sincrónica y un espacio FTP para almacenar la información). En el groupware estructurado, sin embargo, se integran las diferentes posibilidades para la cooperación en un entorno telemático unificado en que se registran las acciones de los usuarios y se presenta una interfaz de comunicación a través de la cual se organiza la información. Además, las diferentes herramientas de groupware pueden clasificarse según si permiten o no la cooperación entre miembros que coinciden geográfica y/o temporalmente. Se habla de groupware sincrónico cuando éste permite a los miembros del grupo trabajar al mismo tiempo aunque estén en lugares diferentes (videoconferencia, pizarra cooperativa, chat...); en cambio, el groupware asincrónico posibilita la comunicación que ocurre con un retardo de tiempo, permitiendo a los participantes usarlas a su propia conveniencia (correo electrónico, calendario de grupo, hipertexto cooperativo, foros, entornos de espacio compartido...). La herramienta que hemos utilizado en este estudio, el BSCW, es un ejemplo de groupware estructurado asincrónico basado principalmente en entornos de espacio compartido, si bien tiene soporte para otras funcionalidades asincrónicas, como el hipertexto cooperativo, foros o calendarios de grupo.

BSCW

BSCW corresponde a las siglas *Basic Support for Cooperative Work* (soporte básico para el trabajo cooperativo). El BSCW es un entorno telemático flexible y gratuito que facilita el trabajo cooperativo a personas que no coinciden en el espacio y/o en el tiempo.

El BSCW es un recurso didáctico que no precisa de requisitos especiales: simplemente hace falta un ordenador con conexión a Internet y un navegador (Internet Explorer o Mozilla, por ejemplo). Sólo debe indicarse la página *web* en la que se encuentra alojado nuestro servidor en el navegador. El sistema BSCW controla diferentes espacios de trabajo compartidos por distintos usuarios. Cada espacio de trabajo puede contener diferente tipo de información: documentos, dibujos, enlaces a otras páginas web, foros... Los contenidos de cada espacio de trabajo se presentan como objetos de información ordenados según una jerarquía de carpetas (similar al sistema operativo *Windows* o *Mac*). Además de la información normal que se puede descargar como en cualquier otra página *web*, los usuarios también pueden subir información desde sus ordenadores.

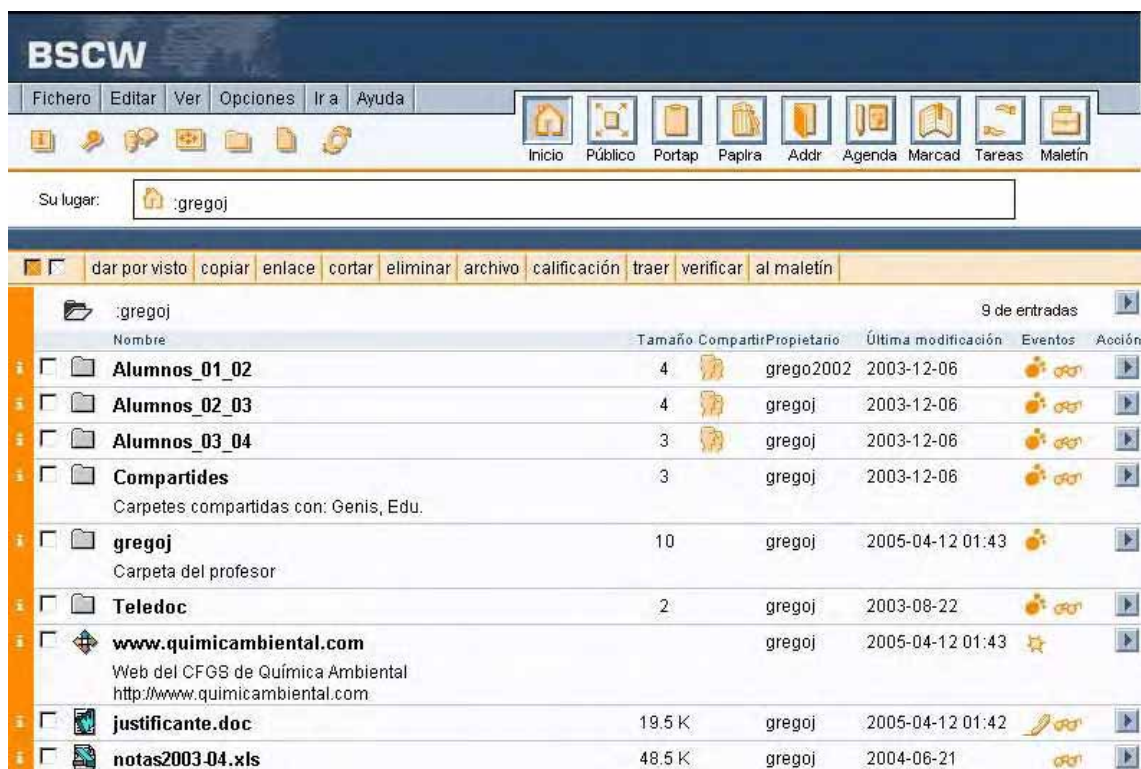


Figura 1.- Página de inicio del usuario "gregoj" en el entorno BSCW.

¿Cuáles son las características que hacen del BSCW una herramienta tan atractiva para la docencia? Entre las principales, destacamos las siguientes:

- Es un entorno gratuito y fácil de utilizar. En el caso del servidor público, se accede a través de <http://bscw.fit.fraunhofer.de/> Cada usuario tiene 20 MB de espacio para colgar sus documentos. Los miembros se tienen que identificar mediante un nombre de usuario y contraseña para poder acceder a sus espacios de trabajo.
- El sistema dispone de un sofisticado modelo de derechos de acceso que permite, por ejemplo, que un usuario tenga un control total sobre los objetos contenidos en una determinada carpeta, mientras que el resto de usuarios sólo tenga acceso de lectura o no tenga ningún tipo de acceso. De hecho, es necesaria la figura de un gestor de cada espacio para controlar los miembros de ese espacio de trabajo compartido. Normalmente la figura del gestor es el docente.
- El sistema BSCW ofrece una funcionalidad de agendas de grupo, para que los usuarios puedan organizar el trabajo cooperativo a realizar.
- Soporte multilingüe: la interfaz del sistema se puede configurar en un idioma determinado. La traducción a algunos idiomas (castellano, catalán...) ha sido realizada por usuarios del sistema y está disponible públicamente.
- Foros de discusión: Los usuarios pueden iniciar una discusión sobre cualquier tema que deseen y el sistema presenta el hilo de discusiones a propósito de ese tema inicial de una manera agradable. Webb (1989) encontró que los estudiantes que más provecho obtuvieron del aprendizaje cooperativo fueron aquellos que

proporcionaron explicaciones elaboradas a los demás miembros del grupo cooperativo. El hecho de que un estudiante exprese su opinión le ayuda a comparar su comprensión sobre un tema con la de sus compañeros de grupo y, por tanto, puede validar sus ideas o bien encontrar discrepancias que le ayudarán a aprender significativamente (Steeple y Mayes, 1998).

Un entorno para el trabajo cooperativo como el BSCW debe informar sobre lo que sucede en él para permitir que los usuarios coordinen su trabajo. El servicio de "eventos" es un intento del sistema de proporcionar a los usuarios informaciones de los otros participantes respecto de los objetos del espacio de trabajo compartido. Es decir, si un estudiante perteneciente a un grupo realiza una modificación en algún fichero de este grupo mientras sus compañeros están desconectados, cualquiera de estos otros compañeros podrá saber la próxima vez que se conecte que ese fichero fue modificado porque aparecerá un icono indicativo junto al fichero modificado. Los "eventos" se producen cuando un usuario realiza cualquier acción en un espacio de trabajo compartido y los muestra en forma de iconos identificativos:

✨ (objeto nuevo), ✎ (objeto editado), 📁 (objeto movido), 🌟 (evento dentro de esa carpeta) y 📖 (objeto leído o abierto).

Nota ▼

Gracias por la nota Grego, estaba a punto de incluir las últimas modificaciones cuando la he visto, más que nada porque es un poco lentillo lo de ir grabando uno a uno (sin contar con la velocidad supersónica de mi ordenador). Referente al "Sr" me está costando encontrar la información que necesito, en las técnicas de análisis la información que he encontrado ha sido en un libro; sobre legislación no he encontrado casi nada (podríamos preguntar a ...). Y sobre los enlaces, hay incluidos cuatro, pero poca cosa debido a la información que he podido encontrar. Así que se aceptan sugerencias.

↳ **RE: Nota** ▼

Luis, con la información que te di de las técnicas es suficiente, aunque es cierto que no hay mucha información de las técnicas de análisis. Conviene que enlaces la explicación de la técnica de analisis con el fichero final que habla justamente de esa tecnica. Por otra parte, cuando hables de un metal, haz un enlace a ese metal (también tienes la lista de los ficheros finales de los metales para que puedas saber el enlace exacto). En cuento a la legislación, mira el BOE que hay al final del dossier de la asignatura... te ayudará. Si no aparece nada respecto al Sr, pues es que no tiene máximo... pero recuerda que el Sr tiene un isótopo radiactivo y que, por tanto, debe haber un máximo de radiactividad en aguas. El miercoles podemos seguir comentando todo esto en directo o bien podemos seguir debatiendo en el foro. Grego

↳ **RE: Nota** ▼

Grego, no me sale hacer el enlace con los ficheros finales de técnicas, ¿la carpeta donde tengo que hacer el enlace es: metal_técnica.html? El origen en este caso del enlace es el fichero final y el destino la técnica que yo he escrito, no? Referente a la legislación de momento no hemos encontrado nada, "Sr wanted dead or alive". Sandra & Luis.

torrente_luis 2002-02-11

gregoj 2002-02-11

torrente_luis 2002-02-13

Figura 2.- Ejemplo de una intervención en el foro.

El BSCW registra los eventos y presenta los que son recientes a cada usuario, hasta que éste actualiza el sistema y borra todos los eventos. Cada entrada de un evento describe qué se ha hecho, cuándo se ha hecho y quién lo ha hecho. Además, el sistema envía diariamente un correo electrónico a todos los usuarios con los eventos que han tenido lugar en los espacios de trabajo de los cuales son miembros.

El sistema también permite realizar búsquedas a los distintos usuarios: a partir de nombres, contenidos o propiedades específicas se pueden encontrar objetos o averiguar la fecha de modificación de un documento.

El entorno BSCW es, por tanto, un recurso de recursos. Es un sistema abierto, flexible y dinámico, que no permanece fijo, sino que puede evolucionar o cambiar siempre que se considere necesario y en eso se centra una parte de su interés por su aplicación en el mundo de la docencia. Permite, dentro de un marco común, diseños específicos para cada asignatura o grupo de asignaturas, adaptables a la gran diversidad del alumnado y de estrategias de aprendizaje, aspecto este último muy importante y significativo en la actualidad. De hecho, el entorno es tan flexible que permite, entre otras cosas, las siguientes (Puigcerver et al., 2001):

- Abrir una carpeta con material de interés para el alumnado (dossieres electrónicos, páginas *web*, fotografías, etc). En la elaboración de esta carpeta pueden intervenir tanto el profesorado como el alumnado, en función de los derechos de acceso que haya establecido el docente.
- Que los estudiantes de un grupo cooperativo puedan elaborar sus propias producciones y que, una vez concluidas, puedan ser consultadas por el resto del grupo-clase además de por el docente.
- Una interactividad en la corrección de las producciones de los estudiantes: todos son copartícipes de las correcciones de todos, lo cual favorece notablemente el proceso de autocorrección.
- Crear una carpeta tipo "tablón de anuncios" en la cual se pueden colgar noticias de actualidad, o relacionadas con la asignatura correspondiente, y comentarlas como si de un debate se tratara, así como avisos de actividades de interés general (conferencias, charlas o exámenes).
- Que los miembros de un grupo cooperativo puedan realizar los trabajos encargados por el profesorado disponiendo de un espacio común propio al cual el resto del grupo-clase no tiene derecho de acceso, si es que cada grupo cooperativo tiene asignada la misma tarea, o tiene derecho de sólo lectura (si cada grupo cooperativo realiza una tarea diferente), y en donde pueden colgar documentos, gráficos, fotografías, archivos de vídeo, etc. Los miembros de este grupo podrán acceder a este espacio desde cualquier ordenador conectado a Internet y podrán modificar documentos o comentarios, añadir nuevos objetos o comentarios y descripciones, etc. De esta manera, puede realizarse una parte del trabajo en grupo sin que sea necesario que el resto de miembros de un grupo cooperativo tengan que coincidir sistemáticamente en el espacio y en el tiempo. Los estudiantes podrán poner en común las informaciones que hayan recogido de manera no necesariamente presencial y el sistema de *eventos* del BSCW les mantendrá informados sobre las actividades del resto de su grupo cooperativo.
- Que todos los grupos cooperativos tengan acceso a las producciones finales elaboradas por el resto de grupos cooperativos, ajustando convenientemente los derechos de acceso a las diferentes carpetas de grupo, con lo que se favorece su

difusión y permite una discusión ágil y sencilla de estas producciones en los foros asociados a cada una de estas carpetas.

- Que el profesorado de la asignatura tenga un control total sobre todo lo que sucede en todos los espacios de trabajo compartidos. Si lo desea, podrá incluso mantener una atención al alumnado o un sistema de tutorías los 7 días a la semana.
- Que el profesorado pueda elaborar unas fichas de control de los estudiantes dentro de estos espacios de trabajo compartidos, que ayudarían a evaluar su actividad por la cantidad y el tipo de actividades realizadas en el entorno: lectura, copia, modificaciones o creación de un documento... El profesorado sabría si estas acciones tuvieron lugar de una manera repartida a lo largo de la duración del proyecto o si se centraron en los últimos días del mismo. De hecho, el profesorado puede realizar búsquedas por nombres de usuario (estudiantes) y obtener un listado de todas las acciones que cada estudiante ha realizado a lo largo del tiempo y así conocer la naturaleza de estas interacciones y cuantificarlas.

DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en el IES Mercè Rodoreda de L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona) con estudiantes del Ciclo Formativo de Grado Superior de Química Ambiental. El BSCW se utilizó como recurso didáctico en la unidad didáctica "metales en aguas" correspondiente al módulo de "Depuración de Aguas". El CFGS de Química Ambiental tiene una duración de un curso académico y cada año se matriculan aproximadamente 60 estudiantes que, para este módulo, se estructuran en tres grupos-clase, de aproximadamente 20 estudiantes cada uno.

En primer lugar fue necesario registrar a todo el alumnado como usuario del espacio público del BSCW. Para el registro en el BSCW sólo es necesaria una dirección de correo electrónico válida, ya que, una vez introducida esa dirección de e-mail en el BSCW, el usuario recibe un e-mail de invitación y tiene que activar un enlace para continuar el proceso de registro. El sistema le pide entonces un nombre de usuario y una contraseña. Para evitar pérdidas de contraseña y para garantizar que los estudiantes tuviesen nombres de usuario homogéneos, fue el propio profesor quien realizó el proceso de registro de los estudiantes, asignándoles un nombre de usuario del tipo "apellido1_nombre" a cada uno en el curso 2001-02, y un nombre de usuario "genérico" ("gr-A_01", "gr-B_12", "gr-C_05", etc) en el curso 2002-03.

La adopción de un nombre de usuario genérico que se hizo en el curso 2002-03 fue para utilizar esos mismos nombres de usuario en cursos posteriores y evitar, de esa manera, tener que registrar cada año a 60 estudiantes diferentes: con el nombre de usuario genérico simplemente hay que cambiar la contraseña y "vaciar" el espacio de trabajo de cada estudiante al finalizar cada curso académico.

Una vez registrado a todo el alumnado, era necesario crear los espacios de trabajo de cada alumno, de cada grupo cooperativo y de cada grupo-clase, ajustando convenientemente los derechos de acceso a cada uno de estos espacios de trabajo

(carpetas). Hay que tener presente que la flexibilidad que permite el BSCW se debe a que no parte de ninguna estructura predeterminada: cuando uno se conecta al BSCW por primera vez justo después de registrarse encuentra un espacio totalmente desierto. A partir de aquí, el/la usuario/a crea su(s) propio(s) espacio(s) de trabajo donde va creando y colgando objetos (documentos, carpetas, foros de discusión, URLs...) y después puede "compartirlos" con aquellas personas con las que quiera trabajar cooperativamente. En este caso, cada uno de los estudiantes tenía acceso a tres carpetas:

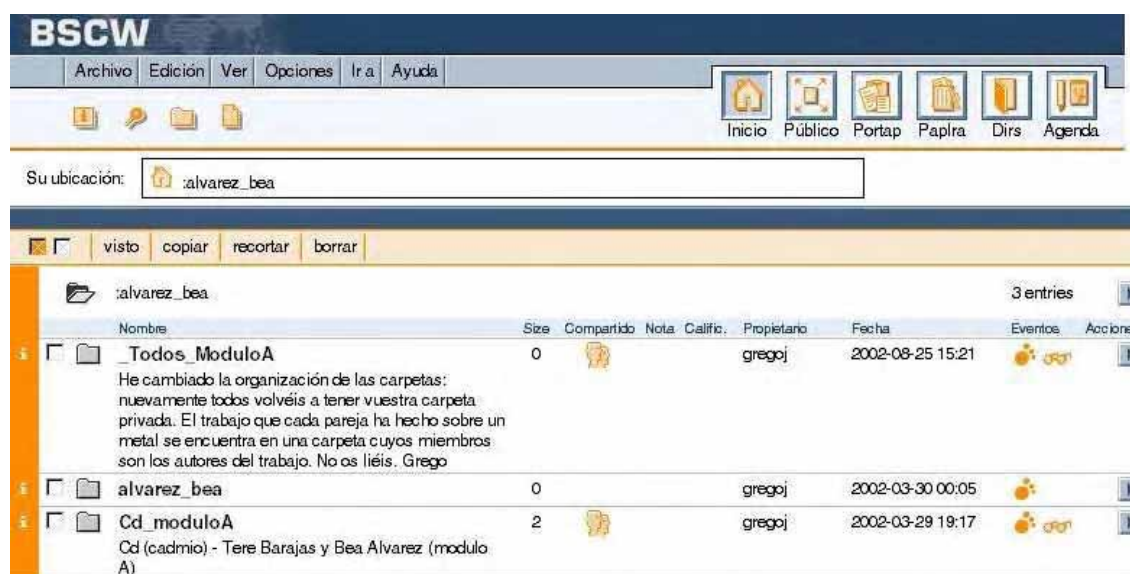


Figura 3.- Página de inicio de la alumna Bea Álvarez donde se observan tres tipos de carpeta: la personal ("alvarez_bea"), la de grupo cooperativo "Cd_moduloA" y la de grupo-clase "_Todos_ModuloA".

- *Carpeta personal:* una carpeta donde sólo el estudiante (y el profesor) tienen total acceso. El alumnado utilizó esta carpeta para realizar los ejercicios de iniciación al BSCW y al editor HTML, como se explicará más adelante.
- *Carpeta de grupo cooperativo:* carpeta donde tenían total acceso los miembros del grupo cooperativo (en principio formado por dos estudiantes del mismo grupo-clase). En esta carpeta debía tener lugar la elaboración cooperativa del proyecto del grupo, con las posibilidades que para la cooperación asincrónica permite el BSCW. El resto de estudiantes del mismo grupo-clase tenían acceso de sólo lectura a las carpetas de grupo cooperativo ajenas a las suyas. El acceso de sólo lectura, o "restringido", permite entrar en la carpeta y ver, consultar, leer, copiar o descargarse cualquier fichero que haya en ella, pero no pueden borrar, modificar o editar nada. Según Johnson et al. (1999) "los grupos de aprendizaje cooperativo permiten que, además del docente y los contenidos académicos, los propios compañeros sean fuentes de información". El alumnado de los otros grupos-clase no tenía ningún tipo de acceso a esta carpeta, ya que se dio la circunstancia que algunos de los proyectos a realizar eran idénticos para grupos cooperativos de diferentes grupos-clase.

- *Carpeta de todo el grupo-clase:* carpeta compartida por todo un grupo-clase, donde todo el alumnado tenía total acceso: subir o borrar documentos, crear subcarpetas, participar en el foro, colgar direcciones de páginas *web* que pudieran ser interesantes para todo o parte del grupo-clase. El profesor también aprovechaba este espacio para colgar documentos útiles para todo el grupo-clase, como manuales, guías y páginas *web* interesantes. A través de esta carpeta, el alumnado podía entrar, con permiso restringido, a cualquiera de las carpetas de grupo cooperativo mencionadas en el párrafo anterior.

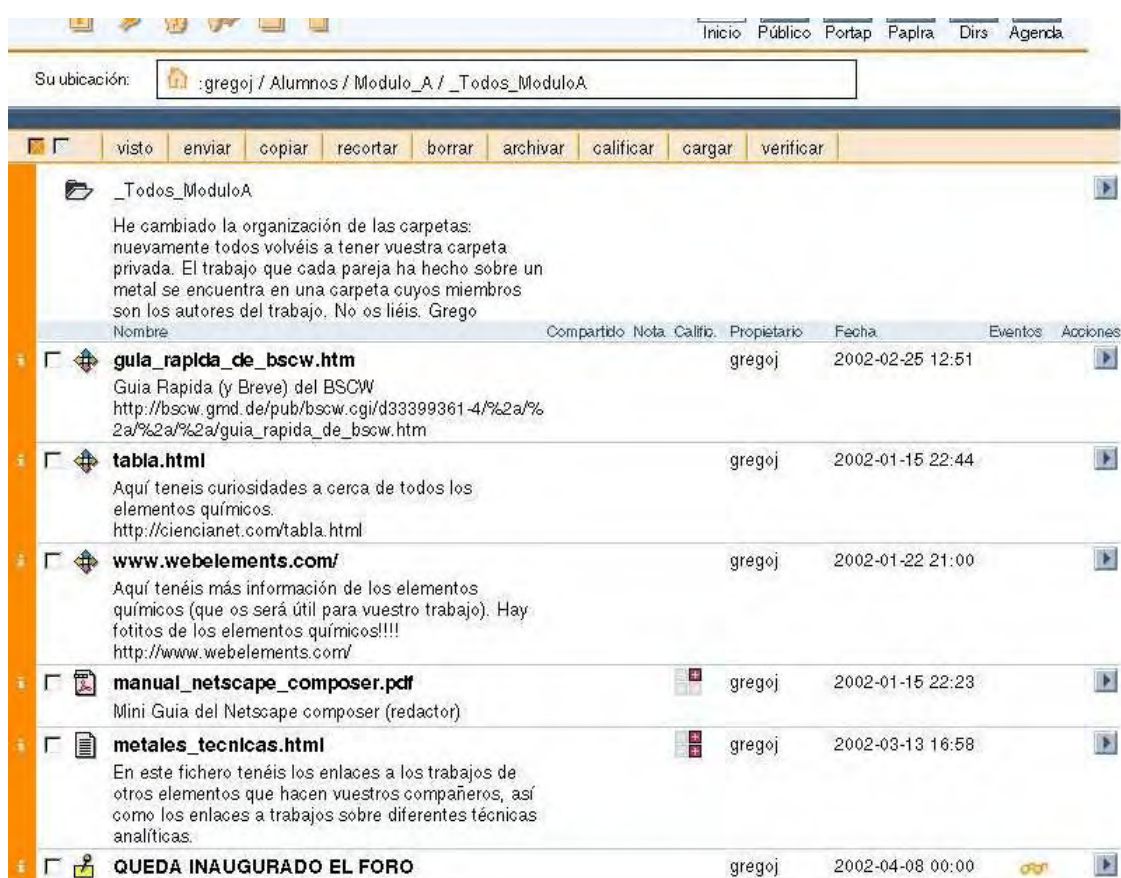


Figura 4.- Interior de la carpeta de grupo-clase "*Todos_ModuloA*".

De esta manera, cuando un estudiante entraba por primera vez en el BSCW, encontraba 3 carpetas: la personal, la de grupo cooperativo y la de grupo-clase. Es decir, además del registro de todo el alumnado, el profesor tuvo que crear 60 carpetas individuales, 30 de grupo cooperativo y 3 de grupo-clase (para cada uno de los dos cursos escolares), ajustando convenientemente para cada carpeta los miembros que tenían acceso y el tipo de acceso.

Las primeras sesiones de este proyecto se destinaron a que los estudiantes aprendieran a utilizar las funciones básicas del BSCW: colgar objetos (archivos, carpetas, páginas *web*), copiar, recortar, mover, descargar ficheros, añadir notas, participar en los foros, añadir descripciones en los objetos... También aprendieron el

significado de los iconos de eventos. En el segundo año, los estudiantes tuvieron a su disposición una pequeña guía de consulta sobre el BSCW creada por nosotros:

<http://www.xtec.net/~gjimene2/llicencia/tutorials/bscw/> (en catalán).

Una vez que el alumnado se había habituado al entorno BSCW, comenzaron las sesiones de aprendizaje del editor HTML para crear páginas *web* y, de esa manera, poder realizar el proyecto. A pesar de que a partir de la versión 4.3, lanzada el 15 de julio de 2005, el BSCW incorpora un editor HTML de tipo *WYSIWYG* ("lo que ves es lo que obtienes"), en el momento de realizar esta experiencia el BSCW no disponía de esta funcionalidad y, dado que el BSCW es una herramienta gratuita, se consideró la opción de utilizar un editor HTML de tipo *WYSIWYG* también gratuito, de tal manera que cualquier instituto pueda repetir esta experiencia sin necesidad de software comercial, aunque se ha de ser consciente de que el software de libre distribución generalmente presenta menos posibilidades técnicas que un software comercial. El editor HTML elegido fue el Netscape Composer 4.78.

¿Por qué hacer un proyecto en formato de página *web* (HTML)? Aunque pueda parecer obvio que si se trabaja en un entorno telemático los ficheros que se generen hayan de ser *.htm(l)*, lo cierto es que nada obliga a que éste sea el único tipo de fichero válido. Otras experiencias educativas con entornos telemáticos (Llitjós, Jiménez, Carandell y Puigcerver, 2003) han utilizado ficheros creados con editores de texto (MS Word, por ejemplo) o de diapositivas (MS Powerpoint, por ejemplo). A pesar del esfuerzo que suponía tener que enseñar al alumnado el uso de editores HTML, puesto que sólo un 4% del alumnado tenía conocimientos suficientes de creación de páginas *web*, el hecho es que nos decidimos a trabajar con páginas *web* por dos motivos:

- Los ficheros *.htm(l)* acostumbran a ocupar poco espacio, reduciendo el tiempo de carga de la página *web* y no requieren la ejecución de un tercer programa, como pasaría si se hubiese realizado el proyecto con MS Word o MS Powerpoint.
- La creación de ficheros *.htm(l)* permiten otro tipo de cooperación adicional: hipertexto cooperativo (Jiménez y Llitjós, 2005a).

Netscape Composer es una herramienta de fácil aprendizaje, aunque presenta una funcionalidad limitada, especialmente si se compara con otros editores HTML comerciales populares como MS Frontpage o Dreamweaver. Es una herramienta bastante intuitiva y en algunos aspectos se asemeja a un editor de texto, aunque se diferencia de éstos en algunos aspectos, de entre los cuales destacamos:

- Los formatos no son tan fáciles de aplicar. A menudo hay que recurrir al uso de tablas (con líneas transparentes) para situar los objetos por toda la página.
- Se tienen que colgar las páginas *web* que se han realizado. Para eso se utiliza la opción "publicar" del Netscape Composer o la opción correspondiente del BSCW para subir un fichero al servidor.
- La creación de enlaces (*links*) a otras páginas *web*, a direcciones de correo electrónico o bien a otras partes del mismo documento es una función importante respecto de un editor de textos.

Los estudiantes aprendieron a usar el editor Netscape Composer y, además de las explicaciones del profesor, podían consultar unos tutoriales sencillos creados por el propio profesor en los que se explicaba cómo utilizar el Netscape Composer junto con el BSCW. Estos tutoriales pueden consultarse en:

<http://www.xtec.net/~gjimene2/llicencia/tutorials/composer-bscw/>

Para practicar el manejo de ambas herramientas, los estudiantes tuvieron que realizar una serie de ejercicios previos a la elaboración del proyecto. Por ejemplo, en el curso 2002-03, el alumnado se distribuyó en grupos de seis componentes y cada grupo realizó un informe sencillo, en formato página *web*, con los resultados analíticos que ellos mismos habían obtenido en una salida de campo, en la que analizaron el agua del río Llobregat en seis puntos diferentes. Estos informes pueden consultarse en:

<http://www.xtec.net/~gjimene2/llicencia/llobregat2002/>

Una vez que el alumnado había adquirido las habilidades básicas del BSCW y del Netscape Composer, empezaron a trabajar sobre el proyecto asignado: cada grupo cooperativo debía realizar una serie de diferentes páginas *web* sobre un metal en concreto y su presencia y análisis en aguas. Cada grupo cooperativo, en cada grupo-clase, debía realizar el proyecto sobre un metal diferente. El sistema de derechos de acceso del BSCW permitía que todo el alumnado de un mismo grupo-clase pudiera ver el progreso y el trabajo del resto de compañeros de su grupo-clase y, por tanto, aprender con aquello que sus compañeros iban haciendo, además de compartir información en la carpeta de grupo-clase. Los proyectos asignados a los grupos cooperativos de los tres grupos-clase eran independientes y esto permitió que pudiera haber proyectos sobre el mismo metal en grupos-clase diferentes.



Figura 5.- *Página principal del trabajo realizado sobre el plomo.*

El proyecto de cada metal consistía, en concreto, en una serie de páginas *web* enlazadas entre ellas, y cada página debía hacer referencia a un aspecto concreto del metal:

- *Página de inicio*: El nombre del metal y el de los autores
- *Propiedades fisicoquímicas del metal*.
- *Fotografías*: Imágenes del metal en su estado nativo o de sus compuestos.
- *Presencia en aguas*: Información sobre la presencia del metal en aguas naturales (orígenes y niveles).
- *Legislación*: Niveles máximos permitidos por la legislación de dicho metal en aguas potables de redes públicas (los trabajos del curso 2001-02 hacen referencia al RD 1138/1990, derogado por el RD 140/2003).
- *Técnicas de análisis*: Métodos analíticos para determinar el metal en aguas.
- *Curiosidades y efectos sobre la salud*: Efectos del metal en el organismo humano y curiosidades sobre el metal.

Además de para crear enlaces de hipertexto cooperativo (Jiménez y Llitjós, 2005a), los estudiantes tuvieron que consultar Internet para buscar la información necesaria para completar el proyecto. La búsqueda de información a través de Internet obligaba a los estudiantes a analizar la información de las páginas *web* que encontraban, teniendo que rechazar aquellas que contenían errores o información química incorrecta. La navegación por Internet potenció no únicamente el espíritu crítico y la necesidad de analizar correctamente la información encontrada, sino que también lo hizo con el desarrollo de habilidades grupales, tales como la negociación y la toma de decisiones, ya que constantemente los miembros de un grupo cooperativo tenían que llegar a acuerdos sobre las páginas *web* que encontraban, bien fuera para extraer información sobre ellas o bien para decidir si creaban un enlace a dicha página.

Aunque los grupos cooperativos eran sólo de 2 personas del mismo grupo-clase, el BSCW permitió que éstas pudieran trabajar asincrónicamente, debido a la organización de las sesiones de laboratorio. Al haber sólo un profesor para la asignatura, el uso del BSCW permitió que, mientras se utilizó el BSCW (unas ocho semanas a lo largo del curso), se pudieran realizar algunas de las prácticas de laboratorio correspondientes a esta asignatura (Jiménez y Llitjós, 2004) con la mitad del alumnado, con las ventajas que eso supone, ya que mientras que uno de los dos componentes del grupo cooperativo estaba en el aula de informática con el BSCW, el otro miembro estaba en el laboratorio realizando una actividad práctica. A la semana siguiente, se invertían los papeles y el miembro del grupo que había estado en el laboratorio ahora estaba en la sala de informática y viceversa. El sistema BSCW mantenía informados a unos y otros sobre los movimientos que tenían lugar en los espacios de trabajo compartidos y los estudiantes aprovechaban las funcionalidades del BSCW para coordinar su trabajo: foros, agenda de grupo, descripciones en los documentos, versionado de documentos.... Los estudiantes que disponían de conexión a Internet fuera de las clases de la asignatura podían continuar trabajando sobre el proyecto, aunque es necesario indicar que las horas de

clase presenciales asignadas a la realización del proyecto eran más que suficientes para que lo pudieran completar con éxito sin necesidad de tenerse que conectar fuera de las horas de clase. En las primeras sesiones del proyecto, destinadas al aprendizaje del manejo del BSCW y del Netscape Composer, y en alguna sesión estándar del BSCW no hubo este desdoblamiento con las actividades de laboratorio y todo el alumnado estaba en las aulas de informática: en las sesiones de aprendizaje de las herramientas informáticas, se distribuyeron por parejas en un mismo ordenador; en las sesiones estándar de BSCW, a pesar de que alguna pareja prefería trabajar juntos en el mismo ordenador, lo común era ver a los integrantes del grupo cooperativo en ordenadores diferentes.

En el segundo año de este estudio (2002-03), uno de los grupos-clase dispuso de un menor número de horas lectivas respecto a los otros dos grupos-clase, por lo que el profesor permitió a los estudiantes de dicho grupo-clase la realización del proyecto en una única página web, con todas las secciones anteriores como apartados de la misma. Asimismo, en este segundo año los estudiantes tuvieron que realizar otro trabajo cooperativo sobre técnicas de análisis. En esta ocasión, y con el objetivo de aprovechar más aún las posibilidades de cooperación que ofrece el BSCW, los grupos cooperativos estaban formados por 5-6 estudiantes, por tanto, el profesor tuvo que crear nuevas carpetas de grupos cooperativos para tal efecto.

RESULTADOS

Los proyectos realizados por los estudiantes pueden consultarse en estas *webs*:

- curso 2001-02: <http://www.xtec.net/~gjimene2/llicencia/students/bscw0102.htm>
- curso 2002-03: http://www.xtec.net/~gjimene2/llicencia/students/inicio_2003.html

EVALUACIÓN

La evaluación del proyecto se realizó en dos niveles: Por una parte, el profesor evaluó los diferentes proyectos como una actividad más de clase y por otra parte, el alumnado evaluó, mediante una encuesta, el uso del BSCW como recurso didáctico en la unidad didáctica "metales en aguas".

Los proyectos, una vez colgados en el servidor como auténticas páginas web, fueron evaluados por el profesor atendiendo a una plantilla con una serie de pautas que el alumnado conocía desde el inicio del proyecto y que tenían en cuenta aspectos funcionales (p.ej: "interés de los contenidos para los destinatarios" o "entorno claro y amigable"), aspectos técnicos y estéticos (p.ej: "gestión ágil de los enlaces", "velocidad de acceso aceptable"), aspectos científicos (p.ej: "terminología y corrección científica", "calidad, estructuración y actualización de los contenidos") y aspectos pedagógicos (p.ej: "adecuación de los contenidos a los destinatarios"). Cada grupo cooperativo recibió una misma calificación por el proyecto, pero, de acuerdo con Johnson et al. (1999), es necesario observar el trabajo y la frecuencia de desempeño

de las habilidades de cooperación deseadas. Por tanto, la nota final para cada estudiante consistía en la calificación común del proyecto matizada por un componente individual o factor de corrección que se obtuvo teniendo en cuenta la cantidad, el tipo y la fecha de las interacciones de cada miembro con el entorno BSCW, aprovechando la función de "búsqueda" de la que dispone el BSCW y que permite al profesorado obtener esa información con relativa facilidad.

En cuanto a la evaluación del uso del BSCW como recurso didáctico realizada por los estudiantes, éstos tuvieron la posibilidad de completar una encuesta voluntaria en la que se les pedía su valoración sobre seis aspectos del BSCW, sobre una escala Likert del 1 al 7, correspondiendo el 1 a "muy negativo" y el 7 a "muy positivo". Los resultados obtenidos pueden consultarse en la tabla 1.

	Mediana	Rango intercuartílico
Utilidad del espacio cooperativo BSCW para la docencia	6,0	2,0
Utilidad del espacio BSCW para el desarrollo de esta asignatura	6,0	2,0
Grado de aplicación docente al espacio cooperativo BSCW	6,0	1,0
Contribución del BSCW a la preparación de recursos didácticos <i>on line</i>	6,0	2,0
Grado de aprovechamiento del espacio de trabajo	6,0	2,0
Contribución del BSCW a la adquisición de una actitud crítica sobre el aprovechamiento de recursos <i>on line</i>	6,0	2,0

Tabla 1.- Resultados obtenidos (n=37).

Como se puede ver, el alumnado que participó en la encuesta respaldó mayoritariamente el uso del BSCW como entorno cooperativo en estas clases de química, con una valoración que en los todos los casos generó una mediana superior al 5 ("positivo"). El hecho de que el rango intercuartílico (es decir, la distancia existente entre el 50% central de los datos) no supere en ningún caso las 2 unidades en la escala medida, indica un elevado grado de acuerdo entre los estudiantes a la hora de valorar los 6 ítems. Estos resultados están en consonancia con el comentario generalizado de los estudiantes, según el cual la valoración de la producción cooperativa de material hipermedia usando el BSCW como soporte informático fue considerada como muy positiva.

CONCLUSIONES

El BSCW es una herramienta útil y de gran versatilidad para establecer una red de comunicación y cooperación entre los estudiantes y entre los estudiantes y el profesorado, y constituye un formato alternativo al aprendizaje cooperativo tradicional.

La disponibilidad del material, la facilidad de comunicación con el resto de miembros del grupo de trabajo y las facilidades que ofrece el BSCW para el trabajo cooperativo *on line* (especialmente el sistema de eventos), aumentan la implicación y esfuerzo en el alumnado.

La creación de este tipo de proyectos desarrolla la habilidad de los estudiantes para negociar y llegar a acuerdos, les obliga a realizar búsquedas de información y clasificarla y seleccionar la de más relevancia, despertando el espíritu crítico respecto a la información disponible en la red.

El alumnado considera muy ventajoso tener a su disposición los materiales de trabajo en cualquier momento. Para el profesorado, la opción de disponer de una visión general de las acciones de cada estudiante se considera como ventaja muy importante, ya que, en combinación con otras técnicas, facilita la evaluación del componente individual en un trabajo en grupo.

Agradecimientos

Este artículo forma parte de un proyecto de investigación que uno de los autores (G. Jiménez) ha desarrollado gracias a una licencia retribuida concedida por el *Departament d'Educació* de la *Generalitat de Catalunya* (DOGC núm.: 4182 de 26.7.2004).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baran, J.; Currie, R. y Kennepohl, D. (2004). Remote instrumentation for the teaching of laboratory. *Journal of Chemical Education*, 81(12), 1814-1816.
- Bowen, C. W. (2000). A quantitative literature review of cooperative learning effects on High School and College Chemistry achievement. *Journal of Chemical Education*, 77(1), 116-119.
- Cancilla, D.A. (2004). Initial desing and development of an undergraduated laboratory network: a new approach for the use of instrumentation in the undergraduate curriculum. *Journal of Chemical Education*, 81(12), 1809-1813.
- Cartwright, H.M. y Valentine, K. (2002). A spectrometer in the bedroom – the developement and potential of internet-based experiments. *Computers & Education*, 38(1/3), 53-64.
- Cooper, M.M. (1995). Cooperative Learning, an approach for large enrollement courses. *Journal of Chemical Education*, 72(2), 162-164.
- Díez, C. (2005). Una experiencia de comunicación a través de internet en el marco de la enseñanza de la física y la química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 218-233.
- Donovan, W.J. y Nakhleh, M.B. (2001). Student's use of web-based tutorial materials and their understanding of chemistry concepts. *Journal of Chemical Education*, 78(7), 975-980.
- Jefferies, P y Hussain, F. (1998). Using the Internet as a teaching resource. *Education + Training*, 40(8), 359-365.
- Jiménez, G. y Llitjós, A. (2004). Análisis volumétrico del agua del grifo: cinco experiencias para la enseñanza secundaria post-obligatoria. *Química e Industria*, 51(9), 25-31.
- Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005a). Una experiencia sobre hipertexto cooperativo en la clase de química. *Revista Iberoamericana de Educación* (versión digital), OEI: <http://www.campus-oei.org/revista/experiencias95.htm> (acceso: 17/05/2005).

- Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005b). Recursos didácticos informáticos en la enseñanza de la química: Una perspectiva histórica. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 101(3), 47-53.
- Johnson, D.W. y Johnson, R.T. (1999). *Aprender juntos y solos*. Buenos Aires: Aique.
- Johnson, D.W.; Johnson, R.T. y Holubec, E.J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Buenos Aires: Paidós.
- Judd, C.S. (1998). News from online: using the web for your courses. *Journal of Chemical Education*, 75(9), 1073.
- Kerns, T. (1996). Should we use cooperative learning in college chemistry? *Journal of College Science Teaching*, 25(6), 435-438.
- Koehler, B.P. y Orvis, J.N. (2003). Internet-based prelaboratory tutorials and computer-based probes in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 80(6), 606-608.
- Kogut, L.S. (1997). Using cooperative learning to enhance performance in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 74(6), 720-722.
- Liu, D.; Walter, J. y Brooks, D.W. (1998). Delivering a chemistry course over the Internet. *Journal of Chemical Education*, 75(1), 123-125.
- Llitjós, A.; Jiménez, G.; Carandell, N. y Puigcerver, M. (2003). Aplicación de un entorno telemático para el trabajo cooperativo en la enseñanza de la química. En *V Taller Internacional de la Enseñanza de la Química, 5-8 noviembre*. Ciudad de la Habana, Cuba: Facultad de Química de la Universidad de la Habana.
- Murov, S. (2001). Exploring chemistry resources on the Internet. *Journal of Chemical Education*, 78(10), 1429-1432.
- Okebukola, P.A. y Ogunniyi, M.D. (1984). Cooperative, competitive, and individualistic science laboratory interaction patterns – Effects on students' achievement and acquisition of practical skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(9), 875-884.
- Paulisse, K.W. y Polik, W. F. (1999). Use of www discussion boards in Chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 76(5), 704-707.
- Pence, L.E. (1999). Cooperative electronic mail: effective communication technology for introductory chemistry. *Journal of Chemical Education*, 76(5), 697-698.
- Penn, J.H.; Nedeff, V.M. y Gozdzik, G. (2000). Organic Chemistry and the Internet: a web-based approach to homework and testing using the WE_LEARN system. *Journal of Chemical Education*, 77(2), 227-231.
- Prendes, M.P. (2003). Aprendemos... ¿cooperando o colaborando? Las claves del método. En Martínez, F. (Ed.). *Redes de comunicación en la enseñanza*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Puigcerver, M.; Colomer, M.; Miró, A.; Durán, H.; García, P.; Gold, G.; Llobera, R.; Sanz, C. y Llitjós, A. (2001). Aplicación del sistema telemático interactivo BSCW a la enseñanza de las Ciencias. En *VI Congreso Internacional sobre investigación en la Didáctica de las Ciencias. Retos de la enseñanza de las Ciencias en el siglo XXI. 12-15 de septiembre*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. Tomo 2, pp. 325-326.

- Reeves, J. y Kimbrough, D. (2004). Solving the laboratory dilemma in distance learning general chemistry. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 8(3), 47-51.
- Robinson, W.R. (2000). Design of an asynchronous Internet-based course for advanced placement chemistry teachers. *The Chemical Educator*, 5, 246-251.
- Slaving, R.E. (1995). *Cooperative Learning*. Boston: Allyn & Bacon.
- Steeple, C. y Mayes, T. (1998). A special section on computer-supported collaborative learning. *Computers & Education*, 30(3/4), 219-221.
- Tissue, B.M. (1996). Applying hipermedia to chemical education. *Journal of Chemical Education*, 73(1), 65-68.
- Tissue, B.M. (1997). Overview of interactive programming methods for the world-wide web. *Trends in Analytical Chemistry*, 16(9), 490-495.
- Varjola, I. (2000). Use of Internet in the teaching of chemistry in Finnish schools: a case study. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 121-128.
- Webb, N.M. (1989). Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Educational Research*, 13(1), 21-39.
- Wenzel, T.J. (1995). A new approach to undergraduate analytical chemistry. *Analytical Chemistry*, 67(15), 470A-475A.

SUMMARY

In this article we present an innovative 2-year experience using BSCW with students from a Higher-Level Vocational Training course of Environmental Chemistry. BSCW is a groupware tool which enables cooperation over the Web. The characteristics and main functionalities of this tool are described in the article, as well as how it was used with these students, who created web-based projects about metals in waters. Student feedback showed a high acceptance of this cooperative hypermedia-authoring experience.

Keywords: *ICTs and the Internet; Teaching of Chemistry, Computer-Supported Cooperative Learning; Telematic Environments; Hypermedia authoring.*

4. TRABAJO TELEMÁTICO COOPERATIVO EN CIENCIAS

Anna Llitjós Viza, Miquel Colomer Busquets, Paloma García Wehrle, Gregorio Jiménez Valverde, Antoni Miró Clària, M. Cristina Sanz López y Manel Puigcerver Oliván

4.1. Introducción

El trabajo cooperativo (Johnson et al. 1999) se está introduciendo y extendiendo su utilización como una nueva manera de enfocar el proceso de enseñanza-aprendizaje, cuyo interés pone de manifiesto en congresos sobre innovación docente, investigación educativa, enseñanza de las ciencias..., así como en otros foros similares. En este contexto, el uso de entornos telemáticos de trabajo cooperativo puede ser un instrumento de indudable eficacia, tanto para favorecer el trabajo cooperativo como para ayudar a la docencia. Sin embargo, aunque las tecnologías de la información y la comunicación se hallan cada vez más presentes en las aulas y ya no resulta infrecuente el uso de *software* didáctico, páginas web y otros recursos tecnológicos, las plataformas de comunicación telemática siguen siendo, en la actualidad, un recurso didáctico minoritario.

La finalidad de este capítulo es la de efectuar algunas aportaciones relacionadas con la aplicación de plataformas telemáticas que faciliten la cooperación y el trabajo grupal, tanto en el aula como fuera de ella, independientemente del nivel educativo en el que trabajemos.

4.2. Algunas características del trabajo cooperativo

Muy sucintamente, quisiéramos sintetizar algunas de las características fundamentales propias del trabajo cooperativo. Si bien existen numerosas definiciones acerca del mismo, y en algunos casos se diferencia del llamado trabajo colaborativo por ligeros matices (ver Prendes 2003), podríamos considerar que el trabajo cooperativo es un conjunto de procedimientos de enseñanza en el que el grupo-clase se organiza en grupos pequeños y heterogéneos; el alumnado trabaja de forma conjunta y coordinada para solucionar tareas y alcanzar los objetivos propuestos, profundizando en su propio aprendizaje.

Podría pensarse que el trabajo cooperativo se limita a ser el típico y clásico trabajo en grupo, ampliamente extendido en la docencia. Sin embargo, la filosofía del trabajo cooperativo va más allá del trabajo en grupo tradicional. Como afirma Prendes (2003), hablar de trabajo cooperativo significa hablar de un trabajo en grupo, pero con ciertos matices que lo hacen peculiar: todo trabajo cooperativo comporta un trabajo en grupo, pero no todo trabajo en grupo es trabajo cooperativo. ¿Cuáles son, entonces, las características que definen y distinguen el trabajo cooperativo? Según Johnson et al. (1999) y Prendes (2003), serían las siguientes:

- El alumnado acepta la indicación de trabajar juntos. El rendimiento individual depende del esfuerzo de todos.
- El objetivo del grupo es maximizar el rendimiento de todos los miembros. Consecuentemente, el grupo es más que la suma de sus partes, y todo el alumnado tiene un mejor desempeño que si hubieran trabajado de forma individual o en grupos de aprendizaje tradicional, gracias a las interacciones que se producen entre los miembros del grupo (Lobato 1998).
- Se produce una interdependencia positiva: un miembro de un grupo solamente alcanza los objetivos inicialmente marcados si los otros miembros también los alcanzan. De modo opuesto, si uno fracasa, fracasan todos; consecuentemente, los esfuerzos de cada integrante del grupo no solamente repercuten en sí mismos, sino que también se benefician los demás.
- El grupo debe asumir la responsabilidad de alcanzar su objetivo común y cada miembro será responsable de cumplir con la parte de trabajo que le corresponda.
- Se obtienen resultados conjuntos.
- El trabajo es colectivo y los miembros del grupo se ayudan, explican ideas a los demás y se apoyan, tanto en lo académico como en lo personal.
- Se trabajan las formas de interrelación personal.
- Autoanalizan la eficacia en el logro de los objetivos y cómo es su propio trabajo conjunto.

Los mismos autores enfatizan que la utilidad de la cooperación se justifica plenamente si se tiene en consideración que el desarrollo intelectual se produce parejo al desarrollo social. Así, existen numerosas evidencias empíricas de que el trabajo cooperativo mejora el rendimiento académico (ver Bowen 2000), pero además se consiguen mejoras de carácter social; entre otras, podríamos citar el incremento de la responsabilidad y participación activa en el proceso de aprendizaje, una mayor autoestima y unas relaciones interpersonales más positivas que las que se obtienen con esfuerzos competitivos o individualistas (Slavin 1995). Asimismo, se potencian habilidades grupales como la toma de decisiones o la capacidad para negociar y llegar a acuerdos.

Del trabajo cooperativo se deriva el aprendizaje cooperativo, entendido por Ralph y Yang (1993) como "el intercambio y cooperación social entre grupos de estudiantes con el propósito de facilitar la toma de decisiones y/o la solución de problemas". Sin embargo, hay que tener muy presente que, aunque el aprendizaje cooperativo es fruto del trabajo cooperativo, no todo el trabajo cooperativo tendrá como consecuencia el aprendizaje. La cooperación, pues, consiste en trabajar juntos en pequeños grupos para

alcanzar objetivos comunes, para que el alumnado maximice su propio aprendizaje y el de los demás.

4.3. Características del entorno telemático de trabajo cooperativo BSCW

Llegado a este punto, podríamos formularnos la pregunta de si es posible la utilización del ordenador y de las redes telemáticas para llevar a cabo trabajos cooperativos. La respuesta es afirmativa, ya que en los últimos años se ha desarrollado una serie de herramientas telemáticas especialmente diseñadas para el trabajo cooperativo telemático, agrupadas bajo la terminología común de *groupware*.

Este *groupware* puede ser no estructurado o estructurado (Prendes 2003). En el primero de los casos, se utilizan distintas aplicaciones y recursos telemáticos (como el correo electrónico, el *chat* o la web) para facilitar el desarrollo de la interacción y la cooperación entre estudiantes; en cambio, en el segundo caso se incluyen entornos telemáticos de trabajo con una interfaz de comunicación en la que se integran diversas posibilidades de colaboración, se controlan los accesos de los usuarios, se registran sus acciones, etc.

Dentro de los *groupwares* estructurados, y como ejemplo de la categoría de "espacios compartidos de trabajo", está el BSCW, (*Basic Support for Cooperative Work*), que a nuestro juicio y al de otros investigadores (Appelt y Mambrey 1999, Klöckner 2000, Multisilta 1998, Sikkel et al. 2002, entre otros) es de una enorme utilidad didáctica y permite llevar a cabo un trabajo cooperativo no solamente en el aula, sino también fuera de ella, ya que facilita la cooperación entre estudiantes que no necesariamente coinciden siempre en el espacio y/o el tiempo (cooperación remota y diferida). Los "espacios compartidos de trabajo" son áreas virtuales en donde los miembros de un grupo cooperativo pueden compartir información y documentos, gestionar datos y estar informados del trabajo de los otros miembros del grupo, dentro de un proyecto determinado mediante un ambiente integrado de comunicación fundamentalmente asincrónica (es decir, en tiempo diferido), lo que permite el acceso e intercambio de documentos e información en cualquier momento y lugar, y todos los miembros del grupo reciben información sobre el proceso global.

El BSCW presenta unas características que lo hacen muy idóneo para aplicarlo en la docencia universitaria, ya que favorece el trabajo cooperativo y en grupo entre el alumnado (Litjós 2000), así como entre éste y el profesorado. Este entorno telemático se desarrolló en Alemania en 1995 (Bentley et al. 1997) por el FIT (Instituto para la Aplicación de la Tecnología de la Información), una unidad de investigación del GMD (Centro Nacional Alemán de Investigación para la Tecnología de la Información). Es accesible al público desde:

<http://bscw.fit.fraunhofer.de/>

http://www.bscw.de/index_en.html

El BSCW es un recurso didáctico que se utiliza con éxito como plataforma de cooperación en diversos niveles educativos, especialmente en secundaria y universidad (ver por ejemplo Corcho et al. 2002, Jiménez et al. 2005, Jiménez y Llitjós 2005 y 2006a, Llitjós et al. 2001 y 2002, Puigcerver et al. 2002a, Martín 2004 y Stahl 2004), ya que presenta una serie de características que lo hacen especialmente útil para estos fines. Entre ellas, cabe destacar que no requiere de la instalación de ningún programa específico, ya que como infraestructura de comunicación emplea Internet, independientemente de la plataforma que se use (Windows, Mac, Unix, Linux, etc.). Por tanto, el usuario de BSCW únicamente necesita tener un ordenador conectado a Internet y un navegador (Internet Explorer, Ópera, Mozilla, Netscape...); a partir de aquí, únicamente hay que introducir en el navegador la dirección en la que se encuentra alojado el servidor de BSCW (URL).

Para ser miembro de BSCW, es imprescindible registrarse como usuario. Caso de desear utilizar el servidor público y gratuito de GMD-FIT, habría que dirigirse a la siguiente dirección <http://bscw.fit.fraunhofer.de/pub/bscw.cgi?op=rmail>

Otra manera de acceder a BSCW es ser invitado por los gestores de un servidor privado (de una universidad o departamento, de un grupo de investigación, etc.). En ambos casos, el acceso se controla mediante el habitual sistema de petición de nombre y contraseña.

La interfaz de BSCW se puede configurar en un idioma determinado, incluidos el castellano y el catalán.

Cualquier servidor de BSCW dispone de unos espacios de trabajo (de 20 MB en el caso del servidor público de GMD-FIT) que pueden ser compartidos por distintos usuarios. Cada espacio puede contener diferentes tipos de información (documentos de texto, imágenes, archivos de audio o video, enlaces a otras páginas web, etc.); además, el BSCW también presenta la posibilidad de crear foros de discusión, facilitando la comunicación asincrónica. Los contenidos de cada espacio de trabajo se presentan como objetos de información ordenados según una jerarquía de carpetas, similar al sistema operativo Windows o Mac.

A diferencia de la mayoría de páginas web, en las que se puede descargar una determinada información, los usuarios de BSCW también pueden cargar información desde sus respectivos ordenadores.

Se trata de un entorno telemático de trabajo cooperativo sumamente abierto y flexible, sin una estructura predeterminada. Así, cuando un usuario accede por primera vez al servidor público de BSCW, se tienen todas las posibilidades del sistema para poder trabajar y ningún contenido establecido previamente; la estructura y los contenidos de los espacios de trabajo se van creando y diseñando según las necesidades educativas de los grupos de cooperación telemática. Obviamente, si el usuario accede a un servidor de BSCW privado, puede encontrarse con una estructura y unos contenidos que han diseñado la persona o personas que proponen la

cooperación; sin embargo, cada miembro puede cambiar la estructura original por la que considere más operativa según sus necesidades.

El entorno BSCW dispone de un sofisticado sistema de derechos de acceso que permite, entre otras cosas, que la persona que lo gestiona tenga un control total sobre los objetos contenidos en una determinada carpeta: lectura, borrado, modificación, adición, etc., mientras que el resto de miembros pueda tener solamente acceso de lectura o, simplemente, no tenga ningún tipo de acceso por no trabajar en el tema concreto del espacio (carpeta).

El sistema BSCW registra de forma automática todos los sucesos correspondientes a cada miembro, objeto o proceso, y genera automáticamente un informe diario de actividad. Este documento recoge todas las operaciones efectuadas en los espacios compartidos, indicando por parte de qué usuarios se han llevado a cabo y el tipo de operación (por ejemplo, lectura, copia, borrado o modificación de un documento). El día y hora en que se han efectuado las operaciones también queda registrado en el informe, que puede emplearse como un instrumento más de evaluación del alumnado.

El sistema informa a cada miembro acerca de lo que sucede en él, mediante un servicio de "eventos" que informan, de forma icónica, de los cambios habidos en los objetos de información de los espacios compartidos. Así, existen iconos que informan que el objeto ha sido leído, editado, movido a otra carpeta, incorporado, etc. A partir de estos iconos, el usuario puede saber qué se ha hecho, cuándo y quién lo ha hecho. De esta forma, se facilita que los miembros de trabajo cooperativo puedan coordinar su trabajo.

4.4. Trabajo cooperativo mediante la utilización de BSCW

Como hemos comentado, el BSCW es un entorno sumamente abierto y flexible que permite adaptarse a cada asignatura o grupos de asignaturas, y a la gran diversidad de situaciones de enseñanza-aprendizaje que pueden darse en las aulas. Asimismo, el BSCW permite optimizar el tiempo del que se dispone para impartir la docencia desde una perspectiva que es coherente con el planteamiento implícito de integración al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

En este apartado se presentan algunas posibles aplicaciones, fruto de nuestra experiencia en la Facultad de Formación del Profesorado de la Universidad de Barcelona desde el curso 1997-98, en el que se aplicó por vez primera el BSCW a la docencia en una asignatura de libre elección ("Lenguaje Audiovisual y Enseñanza de las Ciencias). Distinguiremos dos situaciones académicas diferentes: la que se da con asignaturas obligatorias de carácter presencial y con un número elevado de estudiantes por aula (alrededor de 80), que no facilita el desarrollo del trabajo cooperativo, y la de asignaturas optativas de carácter semipresencial y con un reducido número de alumnos por aula (no superior a 20) que permite el trabajo cooperativo en toda su amplitud.

4.4.1. Aspectos de cooperación con BSCW

En este apartado presentamos una utilización del BSCW en asignaturas obligatorias, en las que el elevado número de alumnos limitaba las posibilidades de realizar un trabajo cooperativo, si bien se empezaron a trabajar aspectos de cooperación mediante la aplicación de BSCW (Puigcerver et al. 2001 y 2004). En este caso se hallan las asignaturas "Ciencias naturales y su didáctica", "Ciencias físico-químicas y su didáctica" de la titulación de Maestro de Educación Primaria, o "Conocimiento del Medio Natural" de la titulación de Maestro de Educación Infantil. Con ligeras modificaciones entre las distintas asignaturas, se optó por una estructura (figura 1) en la que se generaron unos espacios de trabajo creados por el profesorado con acceso al alumnado, el cual intervenía en el crecimiento de la mayoría de estos espacios tras una sesión previa de presentación y exploración del BSCW.

4.4.1.1. Espacios comunes

Para facilitar la lectura se numeran los espacios, sin que esto signifique jerarquía, ni orden de aparición en pantalla. El aspecto que presenta la pantalla inicial es común a todo el alumnado y al profesorado, pero cada miembro, puede reestructurarla.

Espacio 1.- Como repositorio de material de interés para el alumnado: programa de la asignatura, bibliografía recomendada, dossier de guiones de actividades prácticas, informaciones complementarias de la asignatura,...

Espacio 2.- Actividades de enseñanza-aprendizaje, con diferentes espacios (subcarpetas) para cada tema de la asignatura. Cada actividad puede comportar la realización de un trabajo escrito por parte del alumnado.

Espacio 3.- Artículos de interés, para tratar temáticas complementarias o de ampliación de la asignatura.

Espacio 4.- Conjunto de guías elaboradas por una de las autoras de este capítulo para la utilización de BSCW y para editar sencillas páginas *web* con un navegador en lenguaje HTML

Espacio 5.- Recopilación de imágenes propias y de otras fuentes: fotografías, esquemas, ilustraciones, etc. que permiten comprender y complementar algunos aspectos conceptuales de la asignatura. Dentro de la enorme diversidad de los seres vivos, por ejemplo, se ha elaborado un álbum de fotos con especies representativas de los taxones más relevantes.

Espacio 6.- Recursos existentes para trabajar la asignatura, tanto en el ámbito de la diplomatura de Magisterio como en la etapa de la educación primaria. Aquí se incluyen, además de una selección de páginas *web* de interés que complementan algunos aspectos conceptuales de la asignatura, un conjunto de posibilidades que se configuran como recursos didácticos de

la misma: museos, parque zoológico, acuario, escuelas de naturaleza, granjas-escuela, etc.

Espacio 7.- Los grupos de estudiantes participan en aspectos del trabajo cooperativo. Cargan sus producciones finales, elaboradas previamente en espacios de trabajo particulares, como explicaremos más adelante. Este espacio es de libre acceso a todo el grupo clase, de manera que todo el alumnado puede consultar los trabajos elaborados por el resto de grupos, lo que consideramos altamente enriquecedor porque se favorece su difusión y permite una discusión ágil y sencilla de estas producciones. Por otra parte, de esta forma se permite una interactividad en la corrección de estas producciones, ya que todos pueden ser copartícipes de las correcciones de todos, lo que favorece notablemente el proceso de corrección y autocorrección (Llitjós 2006a).

Espacio 8.- Foro de debate sobre algunos aspectos que resultan de interés para el alumnado y que no siempre se pueden discutir en el aula, por diversos motivos: falta de tiempo, porque no pertenecen al núcleo central de la sesión, noticias de actualidad relacionadas con aspectos colaterales, etc.

Espacio 9.- Notas que, a modo de "tablón de anuncios", recojan noticias de actualidad relacionadas con el desarrollo de la asignatura. Por ejemplo, la existencia de una exposición temporal de setas, recordatorios del material de prácticas que hay que traer para la próxima sesión, etc.

Comentarios y consultas.- No constituyen un espacio, pero se pueden añadir en cualquier momento y a cualquier documento. Son notas breves en las que el alumnado puede comentar, sugerir o formular preguntas acerca de aspectos relacionados con los contenidos de la asignatura. Obviamente, la respuesta a estas preguntas la puede dar cualquier otro alumno, no solamente el profesorado.

4.4.1.2. Espacios individuales o de subgrupo

Espacio de profesorado.- Aparte de estos espacios comunes entre profesorado y alumnado, normalmente el docente opta por crear y abrir un espacio de acceso individual para su uso, que puede decidir compartir con el resto del profesorado de la asignatura y del curso, aspectos organizativos, listas del alumnado, comentarios sobre la marcha de la asignatura, etc.

Espacios de subgrupo.- Por su parte, los diferentes grupos de estudiantes que integran el grupo-clase abren sus espacios de trabajo de acceso restringido a los miembros de cada grupo (sin acceso, por tanto, al resto del grupo-clase) para ir elaborando sus producciones y trabajos de curso. En estos espacios, cada pequeño grupo puede cargar los documentos de texto que elaboren, imágenes, videos, etc. Estos espacios son de gran utilidad, puesto que los miembros de cada grupo pueden acceder a éstos desde cualquier ordenador conectado a Internet y, desde allí, modificar documentos, hacer comentarios, añadir nuevos objetos, etc. De esta forma, como se ha indicado, puede realizarse una parte de trabajo en grupo sin

necesidad de que los miembros que lo integran tengan que estar necesariamente en el mismo sitio a la misma hora; por tanto, se consigue con este sistema iniciar una cooperación superando las limitaciones espacio-temporales que, muy a menudo, constituyen un gran problema para el alumnado. Los estudiantes, gracias al BSCW, podrán poner en común las informaciones que hayan recogido de manera no necesariamente presencial, y el sistema de notificación de eventos de BSCW les mantendrá informados sobre las actividades del resto de su grupo.

Espacios individuales.- En algunas asignaturas, se utilizan estos espacios, que crea cada alumno, para sus propios borradores o comentarios, que considera que no están preparados para compartir.

Finalmente, cabe comentar que este tipo de aplicación permite que el profesorado de la asignatura tenga una completa información sobre todo lo que sucede en todos los espacios de trabajo compartidos. Incluso puede elaborar una ficha de control que ayude a evaluar la actividad de cada estudiante por la cantidad y el tipo de actividades realizadas en el entorno: creación de un documento, lecturas, copias, modificaciones, etc. Además, el profesorado puede saber si esta actividad se ha producido de una forma regular y constante a lo largo de todo el curso o si, por el contrario, se ha concentrado en los últimos días del mismo.

4.4.2. Aplicación de BSCW al trabajo cooperativo

En este apartado se expone la aplicación que se ha efectuado con el BSCW en la asignatura optativa semipresencial "Estudio de materiales del entorno", en la que se tratan diferentes materiales del medio, priorizando los aspectos químicos y ambientales. Dado el reducido número de estudiantes por grupo, en este caso se dieron las condiciones idóneas para poder llevar a cabo un auténtico trabajo cooperativo telemático como metodología de enseñanza-aprendizaje, utilizando el BSCW.

A partir de la experiencia docente previa, se ha considerado necesario implantar la cooperación telemática de una forma gradual; para ello, se elaboró una secuencia didáctica con tres fases claramente delimitadas: trabajo individual (fase 1), iniciación al trabajo cooperativo (fase 2) y trabajo cooperativo (fase 3). A continuación se exponen algunos de los aspectos más relevantes de las tres fases y la aplicación que se hizo del BSCW en cada una de ellas.

4.4.2.1. Trabajo individual

En esta etapa, de introducción y de entrenamiento autónomo, el alumnado, orientado por el profesorado, realiza un trabajo individual, en el entorno telemático BSCW, tras unas sesiones previas de presentación de esta herramienta informática. Esta iniciación al BSCW se combina con el aprendizaje de la confección páginas web (hipertextos o hipermedia) con un editor html gratuito y de fácil manejo (*Composer* de *Netscape*). El objetivo básico es introducir al alumnado en el trabajo científico y didáctico de

algunos materiales del entorno, así como en la vertiente de la comunicación de los trabajos.

En esta fase, el alumnado debe realizar individualmente dos tareas relacionadas con materiales del entorno:

1) Se trata de seleccionar un tema de actualidad y estudiarlo desde el punto de vista de los materiales del entorno, haciendo especial énfasis en las ciencias experimentales en general y en la química en particular, sin olvidar los aspectos ambientales, tecnológicos y sociales. Los temas elegidos son muy diversos; a modo de ejemplo se pueden citar: "el tabaco", "el vino", "la madera" (a partir de las noticias sobre el incendio de bosques), etc. El profesorado sugiere un guión de trabajo con los siguientes apartados: "Introducción", "Origen", "Composición", "Propiedades", "Obtención", "Transformaciones", "Usos y aplicaciones", "Aspectos medioambientales", "Glosario", "Fuentes de información" y "Anexos".

En este primer trabajo, el alumnado aplica los conocimientos adquiridos en las sesiones iniciales de trabajo en el entorno telemático y de elaboración de páginas web. Los estudiantes adquieren y retienen el conocimiento cuando participan activamente en su construcción (Bodner 1986) y la elaboración de páginas web permite al alumnado crear y organizar su propio conocimiento (Jonassen 1991) ya que le incita a pensar cómo representar una idea, cómo establecer relaciones entre ellas y cómo unir diferentes representaciones de las mismas (Lehrer et al. 1994). Además, la presentación como hipertexto ilustrado obliga al alumnado a efectuar un esfuerzo de síntesis, puesto que en cada pantalla la cantidad de texto debe ser muy reducida. Por otra parte, debe guardarse un equilibrio entre texto e imagen, deben crearse enlaces internos a los distintos apartados (pantallas) existentes y enlaces externos a páginas web relacionadas con el tema que se ha seleccionado previamente. Como en el apartado "Fuentes de información" deben crearse enlaces a las páginas consultadas, se elimina la tentación habitual entre los estudiantes de 'copiar' y 'pegar'. Finalizado el trabajo, debe colgarse en el espacio creado a tal efecto.

2) La segunda tarea, fijada por el profesorado, versa sobre el tema "Estudio del agua y su potabilización", y consta de dos partes bien diferenciadas:

- Comentario de una web real sobre el agua, "Aiguarium" (que actualmente no se encuentra activa) creada por miembros de la Universidad Pompeu Fabra.

Las actividades a efectuar consisten en seguir unas pautas preparadas por el profesorado que obligan al alumnado a comentar, completar, corregir y sugerir cambios del documento de partida. Cada estudiante guarda el resultado de estas actividades en una carpeta que puede ser consultada por el resto del grupo-clase. Realizado el trabajo, se crea un nuevo espacio en el que el profesorado cuelga un "documento modelo" que corresponde al texto comentado y corregido, y se abre un nuevo plazo de tiempo para que

cada estudiante autocorrija el trabajo a partir del modelo. Los documentos definitivos se cuelgan en una nueva carpeta o espacio.

- Creación de una web sobre el agua y su potabilización. Consiste en realizar un trabajo similar al primero (tema de actualidad), partiendo de la información acumulada en la tarea anterior, añadiendo aspectos de la potabilización del agua y otros que se consideren relevantes. Como documento inicial, se recomienda la consulta de una página web creada por el grupo ECEM (Enseñanza de las Ciencias y Educación Medioambiental) de la Universidad de Zaragoza en colaboración con nuestro grupo ECEM de la Universidad de Barcelona (<http://www.educagua.net>).

El alumnado debe presentar sus informes como hipertextos (formato HTML) y los debe cargar en la carpeta creada a tal efecto.

A partir de este momento, cada estudiante se autoevalúa, y el resto del grupo-clase puede consultar los informes y evaluarlos. Sin embargo el profesorado es quien toma la responsabilidad de efectuar la evaluación final, constituyendo, en suma, un ejemplo de evaluación cooperativa (Jiménez 2006).

Cabe destacar que, en esta primera fase, el entorno BSCW se aplica de forma estructurada, integrando diversas posibilidades de cooperación, controlando los accesos, registrándose las acciones y presentando una interfaz de comunicación a través de la que se organiza la información.

4.4.2.2. Iniciación al trabajo cooperativo

Es un periodo que denominamos de consolidación de la autonomía e inicio de la cooperación. Se pretende una mejora del trabajo individual y el inicio del trabajo cooperativo. En esta fase, el alumnado efectúa tareas en grupos reducidos (3-4 estudiantes) que tienen tareas independientes y tareas comunes. Se han tratado temas como: "Material de un laboratorio químico" o "Científicos y científicas". Cada estudiante es responsable de la ejecución de una parte, pero puede ayudar a sus compañeros/as con nuevas informaciones. Todos los miembros del grupo deben efectuar un seguimiento global del proceso de ejecución, y la información se debe compartir. El informe final consiste en un proyecto web sobre un tema seleccionado. Cada participante del grupo, cuelga su parte del trabajo (pantalla) y genera un enlace dirigido a la página principal, en la que figura el título y el índice del proyecto. De este modo, se crea un hipertexto cooperativo (Jiménez y Llitjós 2006b) que facilita el acceso al conjunto de trabajos. El proceso de evaluación es análogo al del trabajo inicial. En esta segunda fase, el profesorado ejerce el rol de tutor, dejando la responsabilidad del aprendizaje al alumnado. Obviamente, la autonomía del alumnado se incrementa a medida que se va habituando al sistema de trabajo.

Cabe recordar que en esta fase cada estudiante realiza individualmente el trabajo sobre la parte que ha seleccionado, pero el resultado final consiste

en la creación de un hipertexto cooperativo presentado en la red en forma de proyecto web conjunto.

4.4.2.3. Trabajo cooperativo

En esta fase, el alumnado, en grupos cooperativos reducidos (3-4 personas), selecciona un tema de una lista propuesta por el profesorado: papel, algodón, sal común, vidrio, sacarosa, colorantes, pan...

A partir del guión del primer trabajo de curso, se hace una adaptación a las características del material escogido. Para más detalles, ver Llitjós et al. (2004) y Llitjós (2006a)

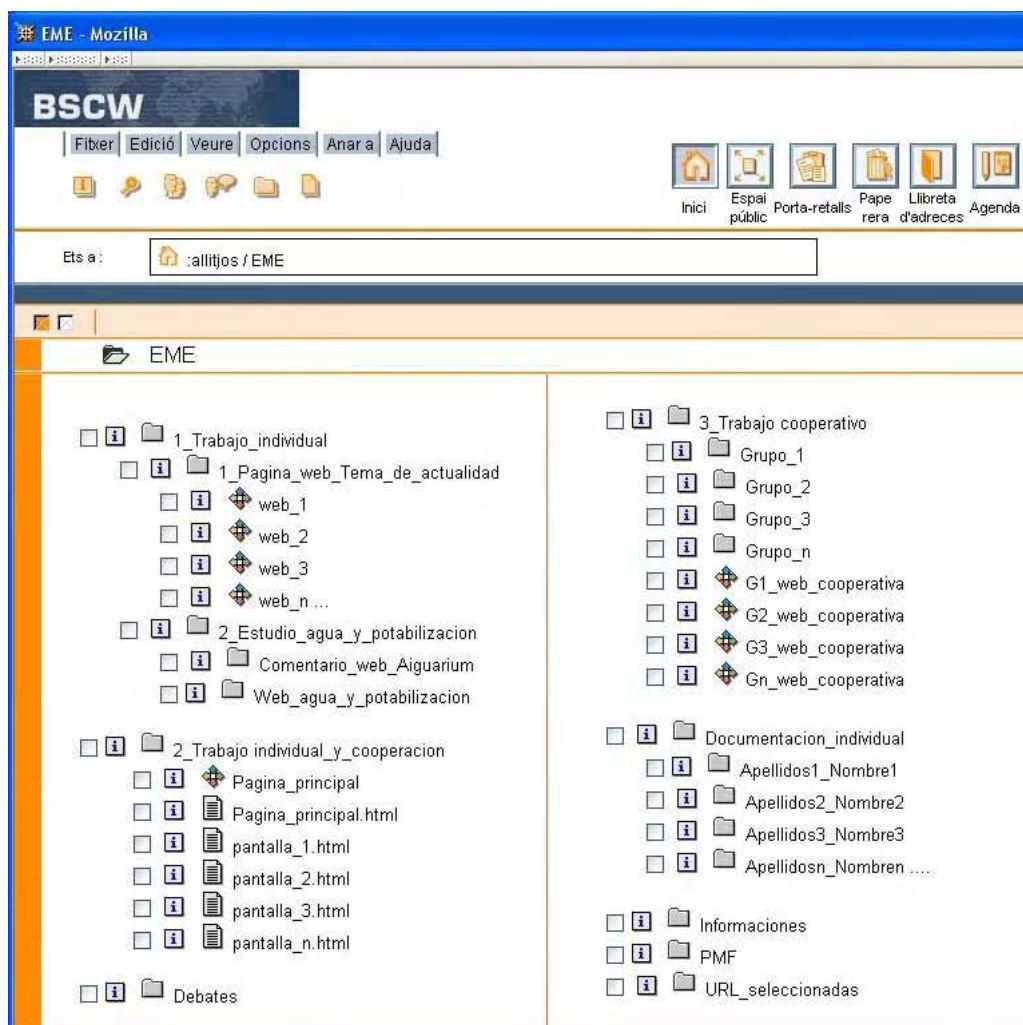


Figura 1.- Ejemplo del espacio de la asignatura "Estudio de Materiales del Entorno".

Las tareas cooperativas a realizar por los componentes del grupo son coherentes con las sugeridas en Martínez (2003). Así, el alumnado debe elegir un tema, preparar un esquema de trabajo, diseñar las diferentes

tareas y las diferentes pantallas, así como organizar y distribuir todas las tareas entre los miembros del grupo. También deben asignar un rol a cada miembro.

A partir de este punto, comienza la ejecución de los distintos aspectos del guión y se inician diversos procesos:

- Se discuten las características de lo que efectúa, o ha efectuado, cada componente del grupo, en función de criterios preestablecidos.
- Se plantean y diseñan propuestas para completar el trabajo.
- Se preparan las evaluaciones como parte imprescindible del trabajo cooperativo.
- Se valoran los resultados en función de los criterios preestablecidos por parte del grupo cooperativo.
- Se proponen debates sobre cualquier aspecto del trabajo.

La información que selecciona el alumnado debe ser compartida por todo el grupo en un espacio de trabajo común. Entre otras tareas, cuando el trabajo va avanzando el alumnado debe consultar y revisar las partes de los restantes miembros del grupo, efectuar propuestas de modificación y colaborar en la redacción definitiva. El resultado o informe es un hipertexto cooperativo con enlaces internos y externos que debe ser revisado por cada miembro del grupo.

Al finalizar la tarea, la página web revisada se carga en la plataforma BSCW, permitiendo su consulta al resto de grupos de la clase. Por último, estos informes se exponen oralmente en el aula por parte de cada grupo cooperativo.

Nuevamente se efectúa una evaluación cooperativa, en la que todos los estudiantes efectúan sus autoevaluaciones, así como las evaluaciones de los proyectos web y de las exposiciones orales de cada miembro de los distintos grupos (incluido el propio). Durante esta fase, el profesorado lleva a cabo la supervisión directa y el seguimiento de los grupos si bien la responsabilidad del proceso docente recae mayoritariamente en el alumnado.

Se han efectuado análisis sobre las evaluaciones cooperativas efectuadas en esta asignatura, cuyos resultados se pueden consultar en Puigcerver et al. (2005). En el caso que al lector le interese profundizar en este proyecto – itinerario desde el trabajo individual al trabajo cooperativo – se puede consultar la Conferencia plenaria que tuvo lugar el 14 de septiembre en los XXII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales (Litjós, 2006b).

4.5. Otros entornos telemáticos de trabajo cooperativo

Si bien el BSCW presenta una serie de características que, a nuestro juicio, hacen que sea una plataforma dotada de una enorme flexibilidad y de una enorme potencia para el trabajo cooperativo, ésta no es la única herramienta telemática destinada a esta finalidad. En este apartado vamos a comentar y comparar sucintamente otro entorno de trabajo cooperativo, el Synergeia, que es una adaptación del BSCW a la docencia, y una plataforma de e-learning que tiene algunas prestaciones útiles para realizar el trabajo cooperativo, el Moodle.

4.5.1. Synergeia

El entorno Synergeia corresponde a una optimización del BSCW para contextos educativos. Eso significa que las prestaciones básicas de BSCW, como el servicio de eventos o los espacios compartidos de trabajo en forma de carpetas también se encuentran en Synergeia, pero esta plataforma presenta nuevas características que lo hacen más atractivo para la cooperación entre estudiantes. BSCW es un ejemplo de *groupware* CSCW (*Computer-Supported Cooperative Work*), mientras que Synergeia es un ejemplo de *groupware* CSCL (*Computer-Supported Collaborative Learning*), o lo que es lo mismo, el BSCW se utiliza principalmente para la gestión cooperativa del conocimiento (compartir y manipular un conocimiento que ya existe en alguna parte del grupo de trabajo), mientras que Synergeia está diseñado para dar soporte a la construcción cooperativa y compartida del conocimiento, es decir, de un conocimiento que es nuevo dentro del grupo de trabajo. Por las características de uno y otro, el uso del BSCW quizá resulte más apropiado en niveles educativos superiores, mientras que Synergeia pueda resultar más adecuado y de uso más simple al alumnado de niveles inferiores (primaria y secundaria obligatoria).

Synergeia es más que una adaptación del BSCW para escuelas y colegios. Además de ofrecer un diseño más vistoso y atractivo para el alumnado, en el entorno Synergeia se han suprimido determinadas funciones del BSCW que tienen muy poca aplicación en la enseñanza y otras han sufrido pequeños cambios para adecuarlas al mundo educativo. Por ejemplo, algunas de las carpetas estándar del BSCW ahora reciben el nombre de carpetas "de curso" y carpetas "de grupo" (figura 2). Este cambio de nombre no sólo resalta que son espacios con propiedades especiales, sino que enfatiza que estas carpetas no se deberían considerar como contenedores pasivos de información, sino que son espacios donde ha de tener lugar la construcción activa y compartida del conocimiento. Otra de las modificaciones de Synergeia está relacionada con la creación de estas carpetas "de curso" y de "grupo". En efecto, en el BSCW, la creación de carpetas para el trabajo cooperativo puede ser engorroso para el docente, en función del diseño que desee realizar, ya que ha de crear diferentes carpetas y ajustar manualmente los derechos de acceso de los miembros y no miembros de cada grupo cooperativo a cada una de las diferentes carpetas y subcarpetas que forman el curso. Quizá el docente no desee que los no miembros de un grupo de trabajo tengan acceso -aunque sea "sólo de lectura"- a la carpeta de otro grupo de trabajo, o quizá sí lo desee... en

cualquier caso será un ajuste manual. En Synergeia este proceso resulta menos laborioso para el docente. Por una parte, porque se han simplificado los roles de usuario, dejando sólo dos figuras básicas ("profesor" y "estudiante"), con derechos de acceso diferentes y predeterminados, y por otra parte, porque ha sido automatizado el proceso de creación de los espacios virtuales de aprendizaje, y la asignación y gestión de los permisos de acceso para las diferentes carpetas se hace fácilmente, siguiendo unos sencillos pasos. De hecho, en un reciente estudio, Rubens et al. (2005) han concluido que Synergeia resulta de fácil uso para el profesorado.

Su ubicación: gregoj / Crédito de Síntesis

06anabel, 06antonio, 06aranbxa, 06david, 06eli, 06evab, 06evad, 06irene, 06jeni, 06jesi, 06jose, 06laura, 06raquel, 06roger, 06sergio, 06toni, 06txema, 06xavi, 06yoli, Eduard, gpascual, gregoj, juang

actualizar enviar Copiar enlace Cortar borrar archivo

Crédito de Síntesis
C10 - Crédito de Síntesis 2005/06 **Carpeta de curso** 8 de entradas

Nombre	Tamaño	Compartir	Nota	Clasificado	Propietario	Fecha	Eventos	Menú
Calendario Crédito de Síntesis	7				gregoj	2006-05-02 17:44		
Grupo 1 Jose Antonio, David, Eva B, Jéssica, Raquel	26				gregoj	2006-05-22 22:36		
Grupo 2 Sergi, Antonio, Aranbxa, Eva D	11				gregoj	2006-05-16 01:31		
Grupo 3 Xavier, Toni, Yolanda, Laura	24				gregoj	2006-06-14 22:42		
Grupo 4 Txema, Roger, Jenny, Elisabet, Irene	24				gregoj			
Material adicional	5				gpascual			
Trabajos finales	0				gregoj			
Foro del Crédito de Síntesis 4 notas (2 no leído)	4				gregoj			

Carpeta de grupo

Grupo 3
Xavier, Toni, Yola

Nombre
Calendario del Grupo 3
Bibliografía, recursos de Internet
Jueves 06/04/06
Lunes 03/04/06 Datos de la salida de campo al río
Martes 04/04/06
Miércoles 05/04/06
Viernes 07/04/06
Índice
Foro Grupo 3 3 notas (2 no leído)

Carpeta estándar

Nombre	Tamaño	Compartir	Nota	Clasificado	Propietario
Mapa de la zona.jpg	34.2 K				gpascual
Informes	5				Eduard
Recomendaciones.html	5 K				gpascual
Meteorología.xls (datos hasta 06.04.05)	10.2 K				Eduard
Sonometrías (muestreo 03.04.06)	80.2 K				Eduard

Figura 2.- Tipos de carpetas en Synergeia: carpeta "de curso", "de grupo" y estándar.

Otra de las modificaciones del BSCW es la conversión de sus foros en los "espacios de construcción del conocimiento" (Scardamalia y Bereiter, 1994) de Synergeia. Corresponden a espacios compartidos de discusión en donde los estudiantes pueden comunicarse y crear su propio conocimiento compartido. A diferencia de un foro de discusión estándar, los "espacios de construcción del conocimiento" de Synergeia permiten indicar la categoría de cada una de las intervenciones con diferentes "tipos de pensamiento", cada uno de ellos con un icono identificativo y diferente color de fondo: "problema", "mi explicación", "explicación científica", "evaluación" y "sumario". La idea es que, usando estos "tipos de pensamiento", los estudiantes desarrollen y potencien procesos cognitivos de mayor nivel (Lakkala et al., 2001), puesto que han de pensar a qué categoría pertenece la contribución que van a realizar en el foro y el uso de estas categorías ayuda a que las discusiones que tienen lugar vayan más allá de la simple

dinámica de preguntas y respuestas, fomentando, por tanto, una investigación progresiva (Muukkonen et al., 2004). El conocimiento no es, por tanto, simplemente asimilado, sino que es construido a partir de la resolución de problemas de comprensión en los que el alumnado trata la nueva información como algo problemático que necesita ser explicado (Chan et al., 1997). Los "espacios de construcción de conocimiento" que hacen uso de una mayor variedad de diferentes "tipos de pensamiento" pueden, por tanto, considerarse pedagógicamente más ricos (ITCOLE, 2003).

Los estudiantes, en principio, trabajan cooperativamente dentro de la carpeta "de grupo" asignada a su grupo de trabajo y disponen de acceso restringido "sólo de lectura" o de ningún acceso a las carpetas "de grupo" de otros grupos cooperativos. No pueden trabajar en la carpeta de "curso", ya que, generalmente, tienen acceso "sólo de lectura" a dicha carpeta y, por tanto, sólo pueden consultar la información que el docente ha colgado allí para todo el grupo-clase, pero no pueden editar o borrar esa información ni añadir nuevos contenidos. Cuando la tarea asignada por el docente a un grupo cooperativo ha sido completada, ésta ha de poder ser consultable por todos los miembros del curso, pero para que cualquier material elaborado por un grupo cooperativo pase de su carpeta "de grupo" a la carpeta "de curso" y sea accesible, por tanto, al resto de compañeros, se ha de superar positivamente un proceso de negociación.

La negociación es una de las principales novedades del sistema Synergiea respecto del BSCW. Cuando se activa un proceso de negociación sobre un objeto (sea un documento o una carpeta con un contenido determinado, por ejemplo), los miembros de ese grupo cooperativo podrán ir editándolo y dispondrán de un foro especial para la discusión asociada al proceso de elaboración o de edición cooperativa de dicho objeto. Los miembros de dicho grupo deberán ir emitiendo su voto, positivo o negativo, sobre el objeto en cuestión y cuando se alcance la mayoría de votos afirmativos establecida previamente por el docente (incluso puede requerirse unanimidad), entonces el objeto en negociación se moverá desde la carpeta "de grupo" a la "de curso", donde ya no podrá ser modificado por ningún estudiante, aunque podrá ser consultado por todos. Junto al objeto negociado, también se moverá el foro de discusión asociado a ese proceso de negociación que, además, habrá ido recogiendo la justificación de todos los votos emitidos. El docente podrá rechazar en última instancia, si así lo estima oportuno, el documento creado y devolverlo a la carpeta "de grupo" (*renegociar*), para que corrijan errores o lo completen, teniéndose que superar un nuevo proceso de negociación una vez se hayan corregido los errores o se haya completado dicho documento. También podrá dar por finalizado un proceso de negociación que no cuente con la mayoría establecida de votos positivos (*publicar*), haciendo pasar directamente dicho objeto a la carpeta de curso. Esta opción es especialmente útil en casos en los que el docente desee desbloquear un veto injustificado de algún miembro de un determinado grupo cooperativo que impida alcanzar la mayoría requerida de votos positivos.

Además de la negociación, la otra gran diferencia de Synergeia respecto del BSCW es la capacidad del primero para la comunicación sincrónica (en tiempo real), a través de dos nuevas prestaciones: el servicio de mensajería instantánea y "MapTool" o pizarra cooperativa (Jiménez y Llitjós, 2006c). El servicio de mensajería instantánea posibilita que dos miembros que están conectados en un mismo momento puedan *chatear*, siendo, por tanto, una prestación similar a los conocidos sistemas de mensajería MSN de Microsoft o ICQ. Esta funcionalidad es útil cuando un usuario ve, gracias al novedoso sistema de alerta de usuarios del entorno, que un miembro de su grupo cooperativo también está conectado en ese momento y desea comunicarse con él. El servicio de mensajería instantánea, por problemas de compatibilidad con las aplicaciones Java, está deshabilitado en el servidor público del Synergeia del FIT/GMD.

The image displays a screenshot of the Synergeia web interface. At the top, there is a voting section with three options: 'Voto positivo' (indicated by a green checkmark), 'Voto negativo' (indicated by a red X), and 'Pendiente de votar' (indicated by a yellow circle). Below this, a box indicates 'Negociación aceptada' and shows a transition from 'carpeta grupo' to 'carpeta curso'. A table lists two items: 'LEGISLACION' and 'Foro de Negociación y Votaciones', both with a size of 8 and a date of 2004-06-01. The bottom part of the image shows a forum thread with several comments. One comment is highlighted in a blue box, stating: 'Rechazar esta propuesta | by: 04natalia_c | 2004-05-05 | Fallaría incorporar un poco más de información, que sé que la tienes. COMPÁRTELA!!! El fondo de pantalla creo que lo copiaré o usaré uno muy parecido.' Below this comment are options to 'Responder a esta nota', 'Editar esta nota', 'Borrar esta nota', and 'Descripción de tipos de pensamiento'.

Figura 3.- Ejemplo de un proceso de negociación: carpeta y foro de negociación.

La pizarra cooperativa (*MapTool*), por su parte, permite que dos o más miembros de un grupo cooperativo (estudiantes y/o docentes) puedan elaborar cooperativamente gráficos o mapas conceptuales en tiempo real (con zona de *chat* incluida) y el sistema registra todas estas sesiones de trabajo. Esta herramienta también permite la cooperación asincrónica, ya que posibilita que cualquier miembro del grupo cooperativo pueda consultar o recuperar cualquier sesión previa de pizarra cooperativa, aunque no hubiera participado en ella. De este modo puede ver qué hicieron y sobre

qué discutieron sus compañeros, y puede continuar la elaboración del diagrama o la conversación en el punto en el que la dejaron sus compañeros en la sesión previa, generando un nuevo registro de pizarra cooperativa, susceptible de ser modificado y ampliado nuevamente en posteriores ocasiones por cualquier miembro del grupo cooperativo.

El profesorado interesado encontrará unos detallados manuales de ayuda de Synergeia en la página web www.synergeia.info con los que podrá crear y gestionar un entorno virtual en Synergeia, con independencia del nivel de conocimientos informáticos que tenga. Asimismo encontrará unas guías de uso para el alumnado, que sirven de complemento a las explicaciones del docente.

Synergeia es, en definitiva, un entorno flexible y adaptable, que puede ser utilizado con estudiantes de cualquier nivel y área de conocimiento. En el caso concreto de las ciencias experimentales, hemos usado Synergeia tanto en la ESO, como en el Bachillerato y en la familia química de la Formación Profesional (Jiménez et al. 2006). En este último caso, Synergeia sirvió no sólo como entorno para favorecer la cooperación telemática entre estudiantes, sino también como soporte informático para la elaboración cooperativa de material hipermedia (Jiménez y Llitjós, 2006b).

4.5.2. Moodle

Moodle es otro ejemplo de *groupware* CSCL (*Computer-Supported Collaborative Learning*), ya que está diseñado para dar soporte a la construcción cooperativa y compartida del conocimiento. Moodle está claramente orientado a la gestión de cursos para entornos de enseñanza y aprendizaje que pueden ser totalmente virtuales o semipresenciales. A diferencia del BSCW y Sinergeia, Moodle es *Open Source* bajo una licencia libre GPL. Ello significa en la práctica que todos los usuarios tienen el derecho a instalar el *software*, usarlo y mejorarlo con la condición de que se comparta el código. Es por ello que Moodle está traducido a más de 70 idiomas, que está instalado en multitud de centros de enseñanza y que la comunidad de personas que lo desarrollan sea cada vez más amplia. Algunas universidades han migrado recientemente sus campus virtuales a Moodle, con miles de usuarios registrados. Estos hechos se reflejan en las continuas mejoras del sistema y la incorporación de nuevos módulos y funcionalidades. Además, Moodle puede instalarse de forma fácil y con pocos conocimientos de informática en cualquier ordenador en el que pueda "correr" PHP y un servidor de base de datos como MySQL o PostgreSQL. En la práctica, cualquier ordenador actual de sobremesa de los centros docentes, con los sistemas operativos MacOS, Linux o WindowsXP, cumple con los requisitos mínimos para soportar Moodle y ser utilizado por decenas de usuarios. Esto ha contribuido aun más a su rápida popularización, aunque se recomienda que para un uso masivo y/o intensivo el servidor tenga unas prestaciones mayores de las que tiene un ordenador de sobremesa.

Moodle parte de un modelo pedagógico constructorista social que inspira los rasgos generales del entorno y sus funcionalidades. Según las propias

personas que lo han desarrollado, Moodle está diseñado bajo la óptica de la construcción del conocimiento basado en la comunicación y el trabajo en grupo entre los participantes de los cursos: alumnos, grupos de alumnos y docentes. Por ello Moodle incluye, entre otros, *forums*, *wikis*, *chats*, glosarios y también diversos tipos de módulos preconfigurados, que a diferencia del BSCW, se utilizan para su uso exclusivo en entornos de enseñanza y aprendizaje: cuestionarios, tareas, etc.

Aunque Moodle haya sido concebido desde sus inicios como un sistema para facilitar el aprendizaje, no puede forzar una utilización didáctica de todas sus prestaciones. Un docente puede limitarse a activar un foro electrónico y a poner a disposición de los alumnos unos manuales o los contenidos teóricos de las distintas lecciones. De todas, formas es frecuente que el docente novel en este tipo de sistemas telemáticos se vea seducido por las distintas posibilidades tecnológicas del sistema y apabulle a los alumnos con las distintas funcionalidades que incorpora Moodle: principalmente *bloques*, *recursos* y *actividades*. No hay que olvidar que Moodle se limita a facilitar unas aplicaciones web bajo una determinada óptica pedagógica y que es responsabilidad del docente su correcta y adecuada utilización en las diversas fases de un curso, asignatura o actividad telemática. En este sentido Moodle no fuerza un estilo de enseñanza con soporte telemático, aunque sea éste el objetivo para el que fue creado y para el que se continua desarrollando.

En Moodle los profesores pueden optar entre tres formatos de curso preconfigurados: por semanas y por temas, similares a los entornos presenciales tradicionales, o por un "formato social", en el que la actividad educativa se realiza alrededor de un foro. En los dos primeros formatos de cursos los recursos y actividades se programan al estilo tradicional y Moodle proporciona módulos de *Bloques*, *Recursos* y *Actividades*.

4.5.2.1. Bloques

La página principal de un curso contiene por defecto bloques a izquierda y derecha, y una columna central donde están los principales contenidos (*Recursos* y *Actividades*). Los bloques muestran información o añaden funcionalidades destinadas al estudiante o al mismo profesor, como mostrar los alumnos que hay conectados, las novedades en el curso, la actividad reciente o información de canales RSS remotos. Aparte de los bloques que se incluyen con el paquete estándar de Moodle, hay un conjunto de bloques no estándar que pueden ser agregados por el administrador del sistema. El administrador del curso o docente puede agregar, ocultar o suprimir los bloques que convengan y desplazarlos lateralmente o verticalmente según las necesidades.

4.5.2.2. Recursos

En la parte central de la página web de un curso se encuentran los *Recursos* y *Actividades* disponibles para los distintos temas. Moodle aporta un conjunto de *Recursos* que nos permiten añadir cualquier contenido a un curso: una simple página de texto sin formato, una página web, un archivo

en cualquier formato, o una dirección Web. También se puede añadir un paquete IMS al curso o usar etiquetas para incluir instrucciones o más información.

4.5.2.3. Actividades

Moodle incluye, además de los módulos de gestión de *Recursos*, módulos de actividad de aprendizaje más o menos interactivas que pueden incluirse en cualquier curso. Las actividades que realizan los alumnos o grupos de alumnos pueden ser enviados y calificados por los profesores mediante algunos módulos de actividades; tal es el caso de las *Tareas* o *Talleres* (deberes). Otras actividades se pueden calificar de forma automática mediante los *Cuestionarios*. La comunicación del grupo pueden realizarse en los *Chat* y en los *Foros* que el profesor puede activar para cada semana de trabajo, tema o unidad. También pueden realizarse *Consultas* para obtener las opiniones de los participantes en un curso. Asimismo, es posible la edición colaborativa de documentos web mediante los *Wikis*. Los "contenidos" se pueden presentar y gestionar usando las actividades de *Lecciones*. Otro módulo de actividades muy útil en un curso o un tema es el que gestiona *Glosarios* que pueden ser o no editados por los estudiantes.

Moodle también facilita la utilización de uno de los tipos de actividades de *e-learning* más habituales, los *Scorms*, acrónimo de *Shareable Content Object Reference Model*. Scorm es un sistema que describe qué estándares y qué especificaciones existentes pueden utilizarse, y de qué forma, con el objetivo de crear materiales de aprendizaje destinados a entornos web. Estos *Scorms* pueden contener, entre otros, *applets* de Java, páginas web o animaciones de *flash*.

Los Bloques, Recursos y Actividades son los principales tipos de módulos que Moodle ofrece para los cursos, pero existen otros módulos que pueden ser descargados de Internet e incluso se pueden desarrollar módulos propios y compartirlos con otros docentes.

El docente puede gestionar un curso restringiendo el acceso a una lección o un tema a determinados grupos, habilitando actividades solo durante un tiempo predeterminado, efectuar un seguimiento del trabajo de los alumnos, etc.

Si los docentes pueden, en un principio, quedar seducidos por los distintos módulos y sus posibilidades, los usuarios, habitualmente alumnos, poco habituados a utilizar sistemas web avanzados, pueden sentirse apabullados con la multitud de prestaciones. No hay que olvidarse que en el diseño de un curso y la utilización de un entorno telemático de aprendizaje el elemento central es el alumno y/o grupo de alumnos y su aprendizaje.

El profesorado interesado encontrará documentación de Moodle en distintos idiomas en la página web <http://docs.moodle.org/> con los que podrá crear y gestionar un curso a través de este sistema, con independencia del nivel de conocimientos informáticos que tenga.

4.6. Referencias bibliográficas

Appelt, W. y Mambrey, P. (1999). *Experiences with the BSCW shared workspace system as the backbone of virtual learning environment for students*. Seattle: ED-MEDIA 99.

Bentley, R., Appelt, W., Busbach, U., Hinrichs, E., Kerr, D., Sikkell, K., Trevor, J. y Woetzel, G. (1997). Basic support for cooperative work on the World Wide Web. *International Journal of Human-Computer Studies*, 46 (6), 827-846.

Bodner, G. M. (1986). Constructivism: a theory of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), 873-878.

Bowen, C.W. (2000). A quantitative literature review of cooperative learning. Effects on high school and college chemistry achievement. *Journal of Chemical Education*, 77 (1), 116-119.

Chan, C., Burtis, J. y Bereiter, C. (1997). Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and Instruction*, 15 (1), 1-40.

Corcho, P., Luengo, R. y González, J.J. (2002). Enseñanza colaborativa en la Red: el entorno visual BSCW. *Campo Abierto*, 22, 113-134.

ITCOLE (2003). *Final field test and evaluation report. Deliverable 7.5*. Unpublished report. Consultado el 11/09/2006 en <http://bscl.fit.fraunhofer.de/en/evaluation.pdf>

Jiménez, G. (2006). Obtención de notas individuales a partir de una nota de grupo mediante una evaluación cooperativa. *Revista Iberoamericana de Educación*, 38 (5), 1-14. Consultado el 11/09/2006 en <http://www.rieoei.org/1221.htm>

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005). BSCW: Trabajo cooperativo on-line en la clase. *Quark* (revista digital). Consultado el 11/09/2006 en http://www.fq.profes.net/apieaula2.asp?id_contenido=45567

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2006a). Cooperación en entornos telemáticos en la enseñanza de la química. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 3 (1), 115-133. Consultado el 11/09/2006 en http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_1/Jiménez_y_Llitios_2006.pdf

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2006b). Producción cooperativa de materiales hipermedia en espacios compartidos de trabajo: un caso de enseñanza de la Química. *Revista Iberoamericana de Educación*, 39(2), 1-14. Consultado el 11/09/2006 en <http://www.rieoei.org/deloslectores/1547Valverde.pdf>

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2006c). Procesos comunicativos en entornos telemáticos cooperativos. *Comunicar. Revista de Medios de Comunicación y Educación*, 27, 149-154.

Jiménez, G., Llobera, R. y Llitjós, A. (2005). Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4 (3). Consultado el 11/09/2006 en http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N3.pdf

Jiménez, G., Núñez, E. y Llitjós, A. (2006). Synergeia, un entorno telemático cooperativo en el área de ciencias. *Alambique*, 50, 84-90.

Johnson, D., Johnson, R. y Holubec, E. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Barcelona: Quilmas/Paidós-Educador.

Jonassen, D. H. (1991). Hypertext as instructional design. *Educational Technology Research and Development*, 39 (1), 83-92.

Klöckner, K. (2000). *BSCW-Educational Servers and Services on the WWW-How Shared Workspaces support Collaboration in Educational Projects-Technical Demonstration*. Adelaide: International-C4-ICDE. (Conference-on-Distance-Education-and-Open-Learning"Competition-Collaboration-Continuity-Change").

Lakkala, M.; Rahikainen, M. y Hakkarainen, K. (Eds). (2001). *D2.1 Perspectives of CSCL in Europe: A Review*. Helsinki: ITCOLE-project.

Lehrer, R., Erickson, J. y Connell, T. (1994). Learning by designing hypermedia documents. *Computers in the Schools*, 10 (1/2), 227-254.

Llitjós, A. (2000). Hacia el siglo XXI: Comunicación audiovisual de la Química. En: *Aspectos didácticos de Física y Química*. Química 9. Colección Educación Abierta (pp. 145-170). Zaragoza: Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad de Zaragoza.

Lobato, C. (1998). *El trabajo en grupo. Aprendizaje cooperativo en Secundaria*. Bilbao: Universidad del País Vasco.

Llitjós, A., (2006a). Comunicación telemática de las ciencias. Entorno BSCW. En M. Quintanilla y A. Adúriz-Bravo (Ed.), *Enseñar Ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuesta* (pp. 160-183). Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Llitjós, A., (2006b). Entornos telemáticos como recurso de innovación. Conferencia plenaria. En: *XXII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Educación científica: Tecnologías de la Información y la Comunicación, y Sostenibilidad*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Llitjós, A., Colomer, M., Puigcerver, M. y Miró, A. (2001). Ciencia en el siglo XXI: enseñanza de las ciencias y entornos telemáticos interactivos. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. Extra, 149-150.

Llitjós, A., Miró, A., Morales, M.J., Puigcerver, M. y Sánchez, M.D. (2002). *Entorno telemático para el trabajo cooperativo en ciencias experimentales*. Relación Secundaria-Universidad. La Laguna: Universidad de La Laguna.

Llitjós, A., Miró, A., Morales, M.J., Puigcerver, M. y Sánchez, M. D. 2004. Enseñanza semipresencial y formación del profesorado en ciencias. Entorno BSCW. En: *La didáctica de las ciencias experimentales ante las reformas educativas y la convergencia europea* (pp. 475-280). San Sebastián: Universidad del País Vasco.

Martín, I. 2004. La plataforma de trabajo cooperativo BSCW y su aplicación al área de ciencias sociales. *Iber*, 40, 104-115.

Martínez, F. (2003). *Redes de comunicación en la enseñanza. Las nuevas perspectivas del trabajo corporativo*. Colección: Papeles de Comunicación, 39. Barcelona: Editorial Paidós.

Multisilta, J. (1998). *Experiences from BSCW in virtual classrooms*. Florida: World conference of the www internet and intranet proceedings.

Muukkonen, H., Hakkarainen, K. y Lakkala, M. (2004). Computer-mediated progressive inquiry in Higher Education. En: T. S. Roberts (Ed.), *Online collaborative learning: Theory and practice* (pp. 28-53). Hershey: Idea Group Inc.

Prendes, M.P. (2003). Aprendemos... ¿cooperando o colaborando? Las claves del método. En: F. Martínez (Ed.) *Redes de comunicación en la enseñanza. Las nuevas perspectivas del trabajo corporativo* (pp. 95-127). Barcelona: Paidós.

Puigcerver, M., Colomer, M., Miró, A., Duran, H., García, P., Gold, G., Llobera, R. y Sanz, M.C. (2001). Aplicación del sistema telemático interactivo BSCW a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, nº Extra (Vol. II), 325-326.

Puigcerver, M., Sanz, M.C. y Llitjós, A. (2002a). Aplicación del entorno telemático interactivo BSCW a la asignatura "Ciencias Naturales y su Didáctica" de la Diplomatura de Magisterio. En: *Relación Secundaria Universidad* (pp. 120-128). La Laguna: Publicaciones de la Universidad de la Laguna.

Puigcerver, M., Colomer, M., Miró, A., Durán, H., García, P., Gold, G., Llobera, R., Sanz, C. y Llitjós, A. (2002b). Aplicación del sistema telemático interactivo BSCW a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Nº Extra, 2, 325-326.

Puigcerver, M.; Sanz, M.C.; García, P.; Llitjós, A. 2004. El entorno telemático BSCW aplicado a la asignatura "Seres vivos y medio ambiente" de la diplomatura de Magisterio. En: *La Didáctica de las Ciencias Experimentales ante las Reformas Educativas y la Convergencia Europea* (pp. 495-500). San Sebastián: Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.

Puigcerver, M., Miró, A., y Llitjós, A. (2005). Cooperative Work using BSCW telematic interactive environment: A case study. En: *Contributions of Research to Enhancing Students' Interest in Learning*. E-book, 483-486.

Ralph, E. y Yang, B. (1993). Beginning teachers' utilization of instructional media: A Canadian case study. *Educational & Training Technology International*, 304, 299-318.

Rubens, W., Emans, B., Leinonen, T., Gómez-Skarmeta, A. y Simona, R.J. (2005). Design of web-based collaborative learning environments. Translating the pedagogical learning principles to human computer interface. *Computers & Education*, 45(3), 276-294.

Scardamalia, M. y Bereiter, C. (1994). Computer support for knowledge-building communities. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(3), 265-283.

Sikkel, K., Gommer, L. y Veen, J. (2002). Using shared workspaces in higher education. *Innovations in Educational and Teaching International*, 39 (1), 26-45.

Slavin, R.E. (1995). *Cooperative learning: theory, research and practice*. Boston: Allyn & Bacon.

Stahl, G. 2004. Groupware goes to school: adapting BSCW to the classroom. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 19 (3/4), 162-174.



(Ago. 05) Synergeia: adaptación del sistema BSCW al mundo educativo

Este artículo ha sido enviado para su publicación en Profes.net por:

GREGORIO JIMÉNEZ VALVERDE Y ANNA LLITJÓS VIZA

Profesor y colaboradora en el IES Mercé Rodoreda
de L'Hospitalet de Llobregat

En un artículo anterior describíamos la herramienta BSCW como recurso didáctico para trabajar cooperativamente on-line. En esta ocasión, presentamos el entorno Synergeia, concebido como una adaptación del sistema BSCW al mundo educativo.



Ambas herramientas son gratuitas, favorecen el trabajo en equipo y pertenecen a la categoría de software llamado groupware. Pero mientras el **BSCW** es un ejemplo de **groupware CSCW** (Computer-Supported Cooperative Work), el **Synergeia** es un ejemplo de **groupware CSCL** (Computer-Supported Collaborative Learning), o lo que es lo mismo, el BSCW se utiliza principalmente para compartir y manipular un conocimiento que ya existe, mientras que el Synergeia está orientado a la **construcción cooperativa** y compartida de conocimiento.

Por las características de uno y otro, el uso del BSCW quizá resulte más apropiado en niveles educativos superiores, mientras que el Synergeia está enfocado para el alumnado de niveles obligatorios, especialmente la ESO.

A continuación, enumeramos las principales novedades del Synergeia respecto del BSCW, no obstante, una explicación más detallada de estas características pueden encontrarse en los tutoriales del Synergeia que se incluyen al final del texto.

1. Simplificación de los roles y de las funcionalidades

El entorno Synergeia simplifica los roles de usuario con dos figuras básicas, profesor y estudiante, con derechos de acceso diferentes y

predeterminados. Este cambio simplifica el proceso de creación de cursos y dentro de éstos, de grupos.

2. Automatización de la creación de los espacios virtuales de aprendizaje

En el BSCW, la creación de carpetas para el trabajo en grupos puede resultar trabajoso para el profesor, ya que éste debe ajustar manualmente los derechos de acceso de los miembros de cada grupo, debido a que es posible que desee que el acceso a determinadas carpetas quede restringido. Sin embargo, en el entorno Synergeia la creación de espacios virtuales de aprendizaje, carpetas con características concretas llamadas cursos y grupos; se hace automáticamente siguiendo unos sencillos pasos.

3. Interfaz visualmente más agradable para los usuarios

Además de ofrecer un diseño más vistoso y colorido, en el entorno Synergeia se han suprimido algunas funciones del BSCW que no tienen ninguna aplicación en la enseñanza y otras funciones que se mantienen han sufrido pequeños cambios para adecuarlas al mundo educativo. Por ejemplo, alguna de las carpetas estándar del BSCW ahora reciben el nombre de cursos y grupos. Este cambio de nombre no sólo resalta que son carpetas con propiedades especiales, sino que enfatiza que las carpetas en Synergeia no se deberían considerar como contenedores pasivos de información, sino que son espacios donde ha de tener lugar la construcción activa y compartida del conocimiento.

4. Evolución de los foros del BSCW a "espacios de construcción del conocimiento".

Estos espacios son foros como los del BSCW a los que se les ha añadido una característica que permite especificar cuál es el tipo de contribución que se está realizando y así facilitar la construcción compartida del conocimiento.

5. La pizarra cooperativa "MapTool".

A diferencia del BSCW, el Synergeia incorpora una útil herramienta de comunicación sincrónica (Chat) que permite que dos o más miembros de un grupo cooperativo puedan trabajar simultáneamente para elaborar mapas conceptuales o diagramas. Esta herramienta permite registrar todas las sesiones y que cualquier miembro del grupo pueda consultar, recuperar y continuar cualquier sesión previa de pizarra cooperativa, aunque no hubiera participado en ella, viendo qué hicieron y sobre qué hablaron sus compañeros.

6. Sistema de alerta de usuarios

Además del sistema de eventos del BSCW, Synergeia informa sobre qué usuarios están conectados en ese momento en el entorno (nombres de usuario en negrita) y cuáles de ellos están en una sesión de pizarra cooperativa (nombres de usuario en rojo).

7. La negociación

Los estudiantes en principio trabajan dentro de las carpetas de "grupo". Para que cualquier material elaborado por ellos pase a la carpeta de "curso" y sea accesible al resto de compañeros, se ha de superar positivamente un **proceso de negociación**. Cuando se activa un proceso de negociación sobre un documento, los miembros del grupo podrán editarlo y dispondrán de un foro para la discusión sobre el mejor modo de presentar el documento. Los estudiantes deberán ir emitiendo su voto y hasta que no se alcance la mayoría o la unanimidad, el documento no formará parte de la carpeta curso, donde ya no podrá ser modificado. Junto con el documento, también se moverá el foro de discusión asociado. El profesor podrá rechazar, si lo considera oportuno.

8. Sistema de mensajería instantánea

El entorno Synergeia dispone de un sistema de mensajería instantánea que posibilita que dos miembros conectados en el sistema puedan chatear. Esta funcionalidad es útil cuando un usuario ve que un miembro de su grupo también está conectado en ese momento y desea ponerse en contacto con él. NOTA: El servicio de mensajería instantánea NO está disponible en el servidor público del Synergeia del FIT/GMD.

Descripción de la aplicación en el aula

Hemos utilizado el entorno Synergeia aplicado a la unidad didáctica de **Aniones y amonio en aguas**, del módulo de **Depuración de Aguas**, del **Ciclo de Química Ambiental** durante el curso 2003-04. La aplicación del Synergeia como entorno de trabajo cooperativo vino precedida por el uso del BSCW durante los cursos 2001-02 y 2002-03 en la misma asignatura. Los estudiantes trabajaron en grupos de cuatro personas, pertenecientes a diferentes grupos-clase y, por tanto, nunca coincidieron físicamente en la realización de las actividades. Los grupos cooperativos generaron una serie de proyectos en formato de página Web sobre la presencia y técnicas de análisis de diferentes aniones y amonio en las aguas.

Cada proyecto debía contener una página Web que hiciera referencia a cada uno de los siguientes aspectos de dicho ion: página principal del proyecto, presencia en la litosfera, imágenes de compuestos derivados de ese ion, presencia en aguas naturales, legislación en aguas potables, toma de muestras de aguas para analizar dicho ion, métodos de análisis y curiosidades y efectos sobre la salud de dicho ion. Los proyectos creados durante los cursos 2001-02, 2002-03 y 2003-04 pueden consultarse en [el siguiente enlace](#).

Tutoriales

Los docentes que lo deseen, pueden consultar unos tutoriales sobre el Synergeia que hemos preparado [en el siguiente enlace](#). Estos tutoriales incluyen un foro para docentes usuarios de esta herramienta, así como unas guías pensadas para ser utilizadas por el alumnado.

Artículo relacionado

- [BSCW: Trabajo cooperativo on-line en la clase](#)

(Recibido: 11-01-06 / Aceptado: 17-04-06)

- Gregorio Jiménez y Anna Llitjós
Barcelona

Procesos comunicativos en entornos telemáticos cooperativos

Communication processes in virtual cooperative environments

La educación se encuentra sometida a grandes cambios, provocados por la influencia de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC). En este nuevo modelo de enseñanza que se avecina, el alumnado debería jugar un papel cada vez más activo. En este artículo se presenta un recurso didáctico gratuito consistente en un entorno virtual que favorece la cooperación entre estudiantes a través de diferentes estrategias comunicativas, tanto entre los usuarios en sí mismo, como entre los usuarios y el propio entorno.

In this paper we present a teaching resource consisting on a virtual environment which promotes cooperation among students through different user-to-user and environment-to-user communication strategies, which are free be used for academic and research purposes.

DESCRIPTORES/KEY WORDS

Aprendizaje cooperativo, Internet, entornos de aprendizaje cooperativos, recursos didácticos, comunicación por ordenador.

Cooperative learning, the Internet, cooperative learning environments, teaching resources, computer communication.

En la actualidad, muchos pedagogos, especialmente en el área de la tecnología educativa, abogan por un cambio de enfoque y pasar de la instrucción centrada en el docente, a la instrucción centrada en el estudiante (Hannafin y Land, 1997; Harasim, 1990). La pedagogía centrada en el estudiante se pregunta qué necesitan aprender los estudiantes, cuáles son sus preferencias de aprendizaje y qué es significativo para ellos, más allá de lo que es considerado como conocimiento básico en una disciplina dada o de lo que quiera enseñar el docente. En este sentido, la instrucción basada en la web proporciona una oportuni-

ción centrada en el docente, a la instrucción centrada en el estudiante (Hannafin y Land, 1997; Harasim, 1990). La pedagogía centrada en el estudiante se pregunta qué necesitan aprender los estudiantes, cuáles son sus preferencias de aprendizaje y qué es significativo para ellos, más allá de lo que es considerado como conocimiento básico en una disciplina dada o de lo que quiera enseñar el docente. En este sentido, la instrucción basada en la web proporciona una oportuni-

- ◆ Gregorio Jiménez Valverde es profesor del IES «Mercè Rodoreda» de Hospitalet (Barcelona) (gjimene2@xtec.net) y Anna Llitjós Viza es miembro del Grupo ECEM del Departamento de Didáctica de Experimentales y Matemática de la Universidad de Barcelona (anna.litijos@ub.edu).

dad única para que los materiales de aprendizaje y las actividades se ajusten a los estilos individuales de aprendizaje (Bonk, Wisner y Lee, 2004). Las redes de enseñanza permiten el acceso a comunidades de aprendizaje más auténticas que las que se pueden encontrar en ambientes educativos convencionales centrados en el docente. De acuerdo con este movimiento centrado en el estudiante, las herramientas on-line proporcionan oportunidades para construir conocimiento y compartir y buscar activamente información (Harasim, 1990).

Además, como profesionales de la educación, debemos preparar a nuestro alumnado para vivir en la sociedad del conocimiento y, por tanto, las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) no pueden quedar al margen de nuestra función docente. El profesorado, por tanto, está obligado a encontrar nuevos y mejores métodos pedagógicos para alcanzar estos retos. Las TIC juegan un papel esencial en la reestructuración del proceso docente por diversos motivos, entre los cuales destacamos el hecho de que facilitan la comunicación entre personas, minimizando las dificultades de tiempo, espacio e idioma.

El aprendizaje colaborativo asistido por ordenador (CSCL, Computer-Supported Collaborative Learning) es uno de los recursos más prometedores para la mejora de la enseñanza, ya que además de introducir las TIC en el aula –lo que constituye una aplicación de «b-learning» (Garrison y Kanuka, 2004)– lo hace en un contexto de cooperación. El CSCL nace de la unión del aprendizaje cooperativo clásico y del CSCW (trabajo cooperativo asistido por ordenador) y representa un ejemplo de «groupware» (Jiménez y Lliujós, 2006).

El aprendizaje cooperativo clásico puede definirse como aquella técnica pedagógica en la que los estudiantes trabajan juntos hacia la consecución de un mismo objetivo y cada individuo alcanza dicho objetivo si, y sólo si, el resto de miembros del grupo cooperativo también lo alcanzan (Jiménez, Llobera y Lliujós, 2006). El aprendizaje cooperativo es también una técnica pedagógica centrada en el estudiante, y su adecuada implantación conduce a una mejora del rendimiento académico de los estudiantes, así como del incremento de la responsabilidad y de su participación activa en el proceso de aprendizaje. También están descritas una mejora de la autoestima, una mejor integración del alumnado –cada vez más heterogéneo–, y unas interrelaciones más positivas, ya que el hecho de tener que realizar un proyecto común potencia el desarrollo de habilidades interpersonales, como son la negociación o la toma de decisiones (Johnson y Johnson, 1999).

En la instrucción presencial, la comunicación tiene lugar a través de varios canales: la palabra pronunciada (en explicaciones o discusiones, por ejemplo), la palabra escrita (libros de texto, transparencias, exámenes escritos...) o imágenes (libros de texto, transparencias...). Aunque muy destacados, estos no son los únicos canales comunicativos en una clase presencial, ya que un cambio en el gesto facial, una mano levantada momentáneamente, una cara contrariada o un gesto de asentimiento pueden comunicar tanto en un momento determinado como la palabra escrita o pronunciada. La comunicación por ordenador (CMC), sin embargo, no tiene la riqueza de la comunicación cara a cara. Aunque la CMC puede tomar diferentes formas (correo electrónico, foros de discusión, videoconferencia...), la forma predominante de comunicación en los entornos virtuales cooperativos suele ser textual. El papel que juega el CSCL va más allá de la simple facilitación de la comunicación entre estudiantes que no coinciden en el espacio o tiempo, ya que las interacciones de grupo e interpersonales implican el uso de unos canales de comunicación determinados para la reorganización y modificación de las estructuras de conocimiento y comprensión de cada estudiante (Tomlinson y Henderson, 1995). El presente trabajo tiene como objetivo describir los procesos de comunicación asociados a la cooperación y a la construcción del conocimiento que tienen lugar en un entorno telemático educativo para el aprendizaje cooperativo: «Synergeia».

1. «Synergeia»

El entorno Synergeia representa un ejemplo de CSCL y constituye una adaptación para contextos educativos del sistema BSCW (Jiménez y Lliujós, 2006a). Tanto Synergeia como BSCW son herramientas «groupware» telemáticas que favorecen la cooperación a personas que no coinciden en el espacio y/o en el tiempo; pero, mientras que el BSCW se usa principalmente para la gestión cooperativa del conocimiento, es decir, compartir y manipular un conocimiento que ya existe en algún lugar del grupo de trabajo, el entorno educativo Synergeia está orientado a facilitar la construcción cooperativa y compartida de un conocimiento que es nuevo dentro del grupo de trabajo, con una simplificación de la tarea del profesorado como gestor del espacio virtual, además del soporte que ofrece el entorno para el trabajo cooperativo. En otras palabras, el BSCW es un ejemplo de CSCW, mientras que Synergeia es una aplicación CSCL. Synergeia se basa en espacios compartidos de trabajo (shared workspaces), que corresponden a un tipo de «group-

ware» consistente en un área virtual en donde los miembros de un grupo cooperativo pueden compartir información y documentos, gestionar datos y estar informados del trabajo de los otros miembros del grupo, dentro de un proyecto determinado mediante un ambiente integrado de comunicación, normalmente asincrónica (es decir, en tiempo diferido), lo que permite el acceso e intercambio de documentos o información en cualquier momento y lugar y todos los miembros del grupo reciben información sobre el proceso global.

A diferencia de otros «groupware» de espacios compartidos de trabajo que están basados en bases de datos especiales (como Lotus Notes, por ejemplo), Synergieia se basa en sistemas de hipertexto distribuido (www), lo que facilita su integración con el hipertexto cooperativo (Jiménez y Llitjós, 2006b), por ejemplo. Para acceder a Synergieia, basta un ordenador con conexión a Internet y un navegador; independientemente de su sistema operativo, ya que sólo hay que indicar en qué página web se encuentra alojado el servidor de Synergieia. Es un entorno telemático fácil de utilizar (Rubens y otros, 2005), y gratuito: los centros educativos pueden conseguir gratuitamente la licencia de uso y el software necesario para montar un servidor propio de Synergieia o bien pueden utilizar el servidor público del FIT. Synergieia presenta, además, una interfaz adaptada al idioma del usuario de tal manera que un estudiante español podría cooperar con un estudiante inglés a través del sistema Synergieia y cada uno vería la interfaz en su idioma materno.

El entorno controla diferentes espacios compartidos de trabajo, visualizados como carpetas de «curso» y de «grupo», que pueden contener diferentes objetos, como documentos, imágenes, enlaces a otras páginas web, discusiones sobre asuntos determinados, información de contacto del resto de miembros... El profesorado gestiona los permisos de los estudiantes en el entorno, al cual se accede con un nombre de usuario/a y contraseña.

2. Comunicación del entorno con los usuarios: eventos

Un entorno para el aprendizaje cooperativo debe informar sobre lo que sucede en él para permitir que los estudiantes coordinen su trabajo. El servicio de «eventos» es un intento del sistema de proporcionar a los usuarios informaciones de los otros usuarios respecto de los objetos de las carpetas de grupo y de curso. Es decir, si un estudiante perteneciente a un grupo realiza una modificación en algún fichero de la carpeta de su grupo mientras sus compañeros están desconectados, cualquiera de estos compañeros podrá saber la próxima vez que se conecte que ese fichero fue modificado porque aparecerá un icono indicativo junto a dicho fichero. Los «eventos» se producen cuando un usuario realiza cualquier acción en un espacio compartido de trabajo: objeto nuevo, objeto editado, objeto movido, evento dentro de esa carpeta, curso o grupo y objeto leído o abierto. El sistema Synergieia registra los eventos y presenta los que son recientes a cada usuario, hasta que éste actualiza el sistema y borra todos los eventos. Cada entrada de un evento describe qué se ha hecho, cuándo se ha hecho y quién lo ha hecho. El sistema también permite realizar búsquedas a los distintos usuarios: a partir de nombres, contenidos o propiedades específicas se pueden encontrar objetos como archivos o la fecha de modificación de un documento. Al profesorado le puede interesar realizar una búsqueda por nombre de usuario y así saber todas las interacciones de cada uno de sus estudiantes con el sistema Synergieia. De todos modos, el profesorado recibe diariamente un correo electrónico con un lista-



Figura 1: Interior de una carpeta de curso.

do de todos los eventos que han tenido lugar en el curso y en las carpetas de grupo de dicho curso.

3. Comunicación asincrónica entre usuarios: espacios de construcción del conocimiento

El Synergeia permite un tipo de comunicación asincrónica entre sus usuarios: los espacios de construcción del conocimiento. Los usuarios pueden iniciar una discusión sobre cualquier tema que deseen y el sistema presenta el hilo de discusiones a propósito de ese tema inicial de una manera agradable. Además de las funciones típicas de un foro común, el sistema Synergeia permite indicar el tipo de cada una de las aportaciones que se hace en el foro (llamados «tipos de pensamiento»), cada uno de ellos con un icono y color de fondo diferentes:

Las TIC juegan un papel esencial en la reestructuración del proceso docente por diversos motivos, entre los cuales destacamos el hecho de que facilitan la comunicación entre personas, minimizando las dificultades de tiempo, espacio e idioma.

- Problema: un estudiante expone un problema, pregunta o dificultad.
- Mi explicación: otro estudiante responde a un problema de un compañero.
- Explicación científica: tipo de contribución generalmente reservado al profesorado.
- Evaluación: comentarios para analizar hasta qué punto el proceso avanza en la dirección deseada, si se están utilizando los métodos adecuados, como puede ser el reparto de tareas.
- Sumario: síntesis, conclusiones o resúmenes de todo lo que se lleva discutido hasta ese momento. Esta opción resulta especialmente interesante, ya que la redacción de un resumen del proceso exige al estudiante reorganizar el material y el conocimiento y separar lo importante de lo que no lo es (Slavin, 1995).

El trabajo cooperativo siempre comprende dos niveles de comunicación: «formal» y «cultural» (Robinson, 1991). El nivel formal se refiere a la comunicación directamente relacionada con los objetos de trabajo y las tareas a realizar. En el nivel cultural, los miembros de un grupo cooperativo interpretan el trabajo, le dan sentido al desarrollo del proceso, expresan sus dudas, etc. En el aprendizaje cooperativo, los estu-

diantes deben elaborar sus estructuras cognitivas en un contexto social, y una de las maneras más efectiva de conseguirlo es a través de las propias explicaciones del estudiante, especialmente en el nivel cultural. Webb (1989) encontró que los estudiantes que más provecho obtuvieron del aprendizaje cooperativo fueron aquellos que proporcionaron explicaciones elaboradas a los demás miembros del grupo cooperativo. El hecho de que un estudiante exprese su opinión le ayuda a comparar su comprensión sobre un tema con la de sus compañeros de grupo y, por tanto, puede validar sus ideas o bien encontrar discrepancias que le ayudarán a aprender significativamente (Steeple y Mayes, 1998). La comunicación, por tanto, constituye un proceso que cataliza la construcción compartida del conocimiento (estrictamente hablando, el conocimiento dif-

ícilmente puede ser compartido en el sentido literal de la palabra, ya que éste no es algo que pueda pasarse de una persona a otra).

El sistema Synergeia permite, por tanto, que los estudiantes se comuniquen en los niveles formal y cultural. Los espacios de construcción del conocimiento se encuentran en las carpetas de cursos y grupos, en

la página personal de cada usuario (puede utilizarlo como zona de reflexión) y en las propuestas de negociación, que se discutirán posteriormente.

Las discusiones asincrónicas, en las que los estudiantes pueden participar en cualquier momento desde cualquier localización, tienen poco en común con la información escrita tradicional, ya que los usuarios experimentados utilizan un estilo que se caracteriza por la escritura abreviada y el uso de «emoticones» y smilies (Kemery, 2000). Este tipo de discusiones permite más tiempo para reflexionar y aportar contribuciones más maduras (Henri, 1992) y son más efectivas para la discusión profunda de ideas (Harasim, 1990), si bien las discusiones asincrónicas son una hoja de doble filo y estas ventajas se pueden transformar en desventajas, ya que las discusiones en foros pueden ser también breves y poco profundas (Kemery, 2000).

En estos espacios, se puede potenciar el aprendizaje del alumnado a través de la reflexión sobre lo que otros han escrito en los foros y la interacción entre los participantes, ya que éstos no sólo leen lo que otros han escrito, sino que también influyen en el desarrollo de las respuestas al interaccionar unos con otros, aunque algunos estudiantes no se tomen el tiempo nece-

sario para leer todas las respuestas a un problema y simplemente respondan al problema original, sin haberse leído las respuestas que hayan podido dar otros estudiantes (Kemery, 2000). Puede ser frustrante para algunos estudiantes ver que alguien no se ha tomado el tiempo necesario para leer lo que habían escrito.

4. Comunicación sincrónica: «Map tool» o pizarra cooperativa

Synergeia incorpora una útil herramienta de comunicación sincrónica que permite que dos o más miembros de un grupo cooperativo (estudiantes y/o docentes) puedan trabajar simultáneamente para elaborar mapas conceptuales o diagramas a la vez que chatean, registrando las sesiones. Esta herramienta también permite la cooperación asincrónica, ya que permite que cualquier miembro del grupo cooperativo pueda consultar o recuperar cualquier sesión previa de pizarra cooperativa, aunque no hubiera participado en ella, viendo qué hicieron y sobre qué hablaron sus compañeros y puede continuar la elaboración del diagrama o la conversación en el punto en el que la dejaron en la sesión previa.

Pea (1985) sugirió que recursos como las herramientas para crear mapas conceptuales o los tipos de pensamiento de los foros Synergeia pueden incrementar el conocimiento compartido o interpersonal.

Además de la pizarra cooperativa, el sistema Synergeia ofrece otra herramienta para la comunicación sincrónica: los mensajes instantáneos, con funcionalidad similar al servicio de mensajería ICQ. Los mensajes instantáneos posibilitan que dos miembros conectados en el sistema puedan chatear (los usuarios conectados en un momento dado en el sistema Synergeia aparecen con sus nombres de usuario en negrita). Esta funcionalidad es útil cuando un usuario ve que un miembro de su grupo también está conectado en ese momento y desea ponerse en contacto con él o ella. Este servicio, sin embargo, no está disponible en el servidor público del Synergeia del FIT.

5. Comunicación para el acuerdo y toma de decisiones: la negociación

Los estudiantes, en principio, trabajan dentro de la carpeta de su grupo, puesto que sólo tienen acceso restringido («sólo lectura») a la carpeta de

«curso». Respecto al acceso a las carpetas de grupos de los que no son miembros, el docente puede optar por denegar el acceso o permitir el acceso de sólo lectura a dichas carpetas. Para que cualquier material elaborado por ellos pase a la carpeta de «curso» y sea accesible, por tanto, al resto de compañeros, se ha de superar positivamente un proceso de negociación. Cuando se activa un proceso de negociación sobre un objeto (sea un documento o una carpeta que contenga, por ejemplo, diferentes páginas web seleccionadas por el alumnado), los miembros del grupo cooperativo podrán ir editándolo cooperativamente y dispondrán de un foro especial para la discusión asociada al proceso de elaboración o edición de dicho objeto. Los estudiantes deberán ir emitiendo su voto, positivo o negativo, sobre el objeto en cuestión y cuando se alcance la mayoría de votos afirmativos establecida previamente por el docente (incluso puede requerirse unanimidad), entonces el documento o carpeta en negociación se moverá a la carpeta del curso, donde ya no podrá ser modificado. Junto con el objeto, también se moverá el foro de discusión asociado a esa negociación que, además, habrá ido recogiendo el sentido del voto de cada miembro del grupo. El docente podrá rechazar, si así lo estima oportuno, el documento creado y devolverlo a la carpeta de grupo, para que corrijan errores o lo completen. También podrá dar por finalizado un proceso de negociación que no cuente con la mayoría establecida de votos positivos, haciendo pasar directamente dicho objeto a la carpeta de curso.

6. Conclusión

El entorno Synergeia es un recurso de recursos más optimizado, desde un punto de vista educativo, que el BSCW (Llitió, 2000). Es un sistema abierto,



Figura 2. Interior de una carpeta de negociación.

flexible y dinámico, que no permanece fijo, sino que puede evolucionar o cambiar siempre que se considere necesario. Permite, dentro de un marco común, diseños específicos para cada asignatura o grupo de asignaturas, adaptables a la gran diversidad del alumnado y de estrategias de aprendizaje, aspecto este último muy importante y significativo en la actualidad. Las posibilidades de comunicación (sincrónica y asincrónica), entre alumnado y profesorado y entre el sistema y los usuarios permiten coordinar y crear conocimiento compartido y en eso se centra una parte importante del interés para su aplicación en el mundo de la docencia. El profesorado interesado en el entorno Synergeia encontrará unos tutoriales y guías de uso creados por nosotros en la siguiente dirección web: www.synergeia.info.

Referencias

- BONK, C.J.; WISHER, R.A. & LEE, J. (2004): «Moderating learner-centered e-learning: Problems and solutions, benefits and implications», en ROBERTS, T. (Ed.): *Online collaborative learning: theory and practice*. Hershey, Idea Group Publishing: 54-85.
- GARRISON, D.R. y KANUKA, H. (2004): «Blended learning: Unconverging its transformative potencial in higher education», en *Internet and Higher Education*, 7(2): 95-105.
- HANNAFIN, M.J. y LAND, S.M. (1997): «The foundations and assumptions of technology-enhanced student-centered learning environment», en *Instructional Science*, 25(3): 167-202.
- HARASIM, L.M. (1990): «On-line education: An environment for collaboration & intellectual amplification», en HARASIM, L. (Ed.): *On-line education: Perspectives on a new environment*. Nueva York, Praeger: 39-64.
- HENRY, F. (1992): «Computer conferencing and content analysis», en KAYE, A. (Ed.): *Collaborative learning through computer conferencing*. The Najaden Papers. Berlín, Springer-Verlag: 117-136.
- JIMÉNEZ, G., LLOBERA, R. y LLITJÓS, A. (2005): «Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de química», en *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(3) (www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N3.pdf) (08-01-06).
- JIMÉNEZ, G. y LLITJÓS, A. (2005): «Una experiencia sobre hipertexto cooperativo en la clase de química», en *Revista Iberoamericana de Educación* (www.campus-oei.org/revista/experiencias-95.htm) (08-01-06).
- JIMÉNEZ, G. y LLITJÓS, A. (2006a): «Cooperación en entornos telemáticos y la enseñanza de la química», en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1): 115-133 (www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_1/Jimenez_y_Llitjos_2006.pdf) (08-01-06).
- JIMÉNEZ, G. y LLITJÓS, A. (2006b): «Producción cooperativa de materiales hipermedia en espacios compartidos de trabajo: un caso de enseñanza de la Química», en *Revista Iberoamericana de Educación*, 39(2) (www.rieoei.org/deloslectores/1547Valverde.pdf) (03-07-06).
- JIMÉNEZ, G., LLOBERA, R. y LLITJÓS, A. (2006): «La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de abertura», en *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1): 59-70.
- JOHNSON, D.W. y JOHNSON, R.T. (1999): *Aprender juntos y solos*. Buenos Aire, Aique.
- KEMERY, E.R. (2000): «Developing on-line collaboratorion», en A. AGGARWAL (Ed.): *Web-based learning and teaching technologies: opportunities and challenges*. Hershey, Idea Group Publishing: 227-245.
- LLITJÓS, A. (2000): «Hacia el siglo XXI: Comunicación audiovisual de la química», en VARIOS: *Aspectos didácticos de Física y Química*. Zaragoza, ICE Universidad de Zaragoza: 145-170.
- RUBENS, W. y OTROS (2005): «Design of web-based collaborative learning environments. Translating the pedagogical learning principles to human computer interface», en *Computers & Education*, 45(3): 276-294.
- PEA, R.D. (1985): «Beyond amplification: using the computer to reorganize mental functioning», en *Educational Psychologist*, 20(4): 167-182.
- ROBINSON, M. (1991): «Double-level languages and co-operative working», en *Artificial Intelligence and Society*, 5(1): 34-60.
- SLAVIN, R.E. (1995): *Cooperative learning*. Boston, Allyn & Bacon.
- STEEPLES C. y MAYES, T. (1998): «A special section on computer-supported collaborative learning», en *Computers & Education*, 30(3/4): 219-221.
- TOMLINSON, H. & HENDERSON, W. (1995): «Computer Supported Collaborative Learning in schools: a distributed approach», en *British Journal of Educational Technology*, 26(2): 131-140.
- WEBB, N. (1989): «Peer interaction and learning in small groups», en *International Journal of Educational Research*, 13: 21-39.

Synergeia, un entorno telemático cooperativo en el área de ciencias

Gregorio Jiménez Valverde
IES Mercè Rodoreda.
Hospitalet de Llobregat
(Barcelona)

Eva Núñez Cruz
Anna Llitjós Viza
Universitat de Barcelona

En este artículo se presentan tres experiencias educativas usando el entorno Synergeia que fueron llevadas a cabo con grupos de estudiantes de la ESO, de bachillerato y de formación profesional, en el área de ciencias. Synergeia es un entorno telemático que facilita la cooperación y la construcción de conocimiento a través de la web y que es gratuito para las instituciones educativas.

Palabras clave: *aprendizaje cooperativo, Internet, entornos telemáticos, creación de materiales hipertextuales, enseñanza de las ciencias.*

Synergeia, a cooperative virtual environment in Science education.

In this article we present three didactic experiences using Synergeia with students from Compulsory Secondary Education, High School and Higher-Level Vocational Training courses in the area of Science education. Synergeia is a groupware tool which enables cooperation and knowledge building over the Web and which is free to use for academic purposes.

Keywords: *Cooperative learning, Internet, Virtual environments, Hypertext authoring, Science education.*

Internet constituye un recurso muy valioso para el profesorado de ciencias porque ofrece nuevas y fascinantes maneras de aprender ciencia y porque proporciona una serie de ventajas específicas tales como: la posibilidad de superar las dificultades espaciales y temporales o la facilidad de que docentes y estudiantes publiquen sus materiales curriculares o proyectos (Jefferies y Hussain, 1998). El aprendizaje cooperativo asistido por ordenador, utilizando entornos telemáticos, se fundamenta en la viabilidad de cooperación entre personas que no coinciden en el espacio o en el tiempo.

El aprendizaje colaborativo asistido por ordenador es uno de los recursos más prometedores para la mejora de la enseñanza, ya que además de introducir las tecnologías de la información i la comunicación (TIC) en el aula lo hace en un contexto de cooperación. El aprendizaje cooperativo puede definirse como aquella técnica pedagógica en la que los estudiantes trabajan juntos hacia la consecución de un mismo objetivo y cada individuo alcanza dicho objetivo si y solo si el resto de miembros del grupo cooperativo también lo alcanzan (Jiménez, Llobera y Llitjós, 2005).

En cuanto a la creación de materiales hipertextuales (o multimedia) por parte del alumnado, no solo se considera como un avance en la tecnología educativa (Dillon y Gabbard, 1998), sino que también, según Landow (1995), estas actividades proporcionan una cooperación adi-

cional, ya que cualquier documento introducido en un sistema en red que soporte nexos electrónicos o telemáticos existe en cooperación con todos y cada uno de los documentos presentes en el sistema y, por tanto, todo documento electrónicamente o telemáticamente unido con otro coopera con él, en lo que podríamos llamar *hipertexto cooperativo* (Jiménez y Llitjós, 2005a).

Igual que el aprendizaje cooperativo, la creación de materiales hipertextuales es una actividad centrada en el estudiante (Allinson y Hammond, 1990). La correcta ejecución de estas actividades conduce a una mayor motivación, a una mayor retención del conocimiento, a una mayor comprensión y a actitudes más favorables respecto de la materia objeto de estudio (Felder y Brent, 1996).

El presente trabajo tiene como objetivo describir tres experiencias llevadas a cabo con el entorno Synergeia, en tres niveles educativos: en la rama química de la formación profesional, dentro de una actividad de creación de materiales hipertextuales; en el bachillerato, en una materia optativa de química ambiental y en una actividad dentro del proyecto de «Escuelas Verdes», con alumnado de ESO y bachillerato.

Synergeia

El entorno Synergeia es una versión del entorno BSCW, con unas características específicas y nuevas funcionalidades que lo hacen más atractivo para el ámbito educativo (Jiménez y Llitjós, 2005b), si bien el BSCW también se utiliza en contextos escolares (Jiménez y Llitjós, 2006a). Ambos están basados en espacios compartidos de trabajo, es decir, áreas virtuales en donde los miembros de un grupo cooperativo pueden compartir información y documentos, gestionar datos y estar informados del trabajo de los otros miembros del grupo, dentro de un proyecto determinado mediante un ambiente integrado de comunicación, normalmente asincrónica (es decir, en tiempo diferido), lo que permite el acceso e intercambio de documentos o información en cualquier momento y lugar, y todos los miembros del grupo reciben información sobre el proceso global.

Para acceder a Synergeia, basta un ordenador con conexión a Internet y un navegador, independientemente de su sistema operativo: solo hay que indicar en qué página web se encuentra alojado el servidor de Synergeia. Es un entorno telemático fácil de utilizar y además los centros educativos pueden conseguir gratuitamente la licencia de uso y el *software* necesario para montar un servidor propio de Synergeia o bien pueden utilizar el servidor público del FIT. Synergeia presenta, además, una interfaz adaptada al idioma del usuario (castellano, inglés, francés...).

Synergeia y la creación de materiales hipertextuales en los ciclos formativos de química

El entorno Synergeia fue utilizado durante el curso académico 2003-2004 en el Ciclo Formativo de Grado Superior (CFGS) de química ambiental, en el IES Mercè Rodoreda de L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona), dentro de una experiencia de elaboración de materiales hipertextuales correspondiente a la unidad didáctica «Iones en aguas» del módulo Depuración de aguas.

Durante las primeras sesiones de clase destinadas a esta experiencia, y con la ayuda de unos tutoriales creados expresamente, se explicó el funcionamiento general del entorno Synergeia y se dieron instrucciones sobre cómo crear documentos sencillos en formato de página web (utilizando el editor HTML gratuito Netscape Composer 4.78). Estos tutoriales pueden consultarse en:

- <www.synergia.info>
- <www.xtec.net/~gjimene2/llicencia/tutorials/composer/index_syn.htm> (Composer).

A continuación, el alumnado fue distribuido en grupos cooperativos, formados por estudiantes de diferentes grupos-clase (generalmente, dos estudiantes de un grupo-clase y otros dos de otro). El proyecto que debían realizar consistía en crear una serie de páginas web sobre determinados aspectos relacionados con la presencia de un ion en aguas: página principal del proyecto, imágenes de compuestos, presencia en aguas, legislación en aguas potables, toma de muestras, métodos de análisis y, por último, curiosidades y efectos sobre la salud.

Cada estudiante trabajó dentro de la carpeta de grupo cooperativo, utilizando las funcionalidades que para la cooperación ofrece Synergeia: espacios de construcción del conocimiento (foros), agenda de grupo, pizarra cooperativa, descripciones y versiones de los documentos... La comunicación, sincrónica y asincrónica, entre los diferentes miembros de un grupo cooperativo era especialmente importante, puesto que pertenecían a grupos-clase diferentes y, por tanto, no coincidían presencialmente en las horas del módulo. También fue de especial utilidad la existencia de «eventos» de Synergeia, gracias a los cuales los estudiantes podían coordinar el trabajo, ya que este servicio informa a los miembros de cada grupo cooperativo de todos los movimientos y acciones que han tenido lugar en la carpeta de su grupo desde su última conexión al sistema, de tal manera que cada usuario sabe en todo momento qué ficheros son nuevos o han sido modificados, cuándo se realizó esta acción y quién la llevó a cabo.

Los estudiantes tuvieron que consultar Internet para buscar la información necesaria para completar el proyecto. La búsqueda de información a través de Internet obligaba a los estudiantes a analizar la información de las páginas web que encontraban, teniendo que rechazar aquellas que contenían errores o información química incorrecta. La navegación por Internet potenció no únicamente el espíritu crítico y la necesidad de analizar –y sintetizar– correctamente la información encontrada, sino que también desarrolló las habilidades grupales, tales como la negociación y la toma de decisiones.

Teniendo en cuenta el *hipertexto cooperativo*, el docente potenció este tipo de cooperación animando al alumnado a crear el mayor número de hiperenlaces posibles. Enlaces no solo a páginas web externas (después de los procesos de análisis y selección de información anteriormente citados), sino, y muy especialmente, enlaces a los proyectos de otros estudiantes, fueran estos de otros grupos o de cursos anteriores, constituyendo en este último caso una hipercooperación a través del tiempo.

Los proyectos resultantes¹ fueron evaluados según una plantilla en la que se tenían en cuenta aspectos funcionales, técnicos, estéticos, científicos y pedagógicos de las páginas web creadas. Estas evaluaciones fueron realizadas tanto por el docente como por los propios estudiantes (sin autoevaluación). Además, y para evaluar la responsabilidad individual, aspecto fundamental en actividades cooperativas (Slavin, 1982), y poder ajustar la nota de grupo al rendimiento individual, los estudiantes realizaron una autoevaluación del trabajo en grupo, según la cual cada estudiante tuvo que evaluar, siguiendo una escala preestablecida, la aportación individual de cada componente de su grupo cooperativo (incluido el propio estudiante) en función de la contribución al trabajo en equipo y al cumplimiento de los acuerdos adoptados por el grupo cooperativo (Jiménez y Llitjós, 2006b). A partir de esta coevaluación, el docente pudo deducir unas calificaciones individuales a partir de la nota de grupo, y estas calificaciones individuales fueron matizadas según el número, tipo y fecha de las interacciones de cada estudiante con el entorno Synergeia, aprovechando la información que, de todos los eventos, registra dicho entorno.

Synergeia como plataforma para la cooperación educativa ambiental en el bachillerato y en la ESO

Inicialmente, Synergeia fue utilizado durante el curso 2004-2005 en la materia optativa de química ambiental de 1º de bachillera-

to, en el IES Marianao de Sant Boi del Llobregat (Barcelona). La profesora distribuyó al alumnado en diferentes grupos y cada uno de ellos tuvo que realizar una presentación PowerPoint en la que se detallara el procedimiento llevado en los análisis realizados con un captador estándar de Gauge, los resultados de los cuales son mensualmente publicados en la página web del centro y en la revista municipal de la población. Los estudiantes aprovecharon las funcionalidades que para el trabajo cooperativo ofrece Synergeia, en especial lo relacionado con la elaboración cooperativa y el versionado de un documento y que se explica con más detalle en los tutoriales de Synergeia anteriormente citados.

Posteriormente, durante el 5º Foro de Escuelas Verdes (2005), los centros IES Marianao e IES Salvador Dalí (El Prat de Llobregat) presentaron un proyecto conjunto: «Análisis y comparación de diferentes parámetros del agua del delta del río Llobregat». En este primer encuentro físico entre representantes de estos dos centros se propuso la posibilidad de crear un espacio cooperativo y virtual entre los dos centros. Se utilizó Synergeia como plataforma para facilitar la cooperación del alumnado participante en dicho proyecto de Escuelas Verdes (figura 1), programa de la Generalitat de Catalunya basado en la reorientación de la educación hacia el desarrollo sostenible.

Una vez creado dicho espacio virtual, en forma de carpeta de curso (¡¡Somos Escuelas Verdes!!), los estudiantes participantes –de ambos

Figura 1. Página principal (carpeta de curso) del proyecto de Escuelas Verdes

The screenshot shows the Synergeia web interface. At the top, there is a navigation bar with 'Principal', 'Editar', 'Ver', 'Opciones', 'Ir a', and 'Ayuda'. Below this is a search bar and a toolbar with icons for 'Mo', 'Publico', 'Portal', 'Papel', 'Dira', and 'Canal'. The main content area displays a folder named 'BOM ESCOLES VERDES!' with a list of documents. The documents are as follows:

Documento	Participantes	Estado	Fecha
Calendario de SOM ESCOLES VERDES!	0	gregoj	2005-04-19
MapTool Sesion	0	Evaky	2005-04-22
Alba	5	Evaky	2005-05-22
Beta	6	Evaky	2005-05-22
Delta	4	Evaky	2005-05-22
Epsilon	4	Evaky	2005-05-22
Gamma	4	Evaky	2005-05-22
IMATGES DE LA PRESA DE MOSTRA RIU LLOBREGAT	0	Evaky	2005-04-17
MATERIAL FÓRUM 2005	5	Evaky	2005-04-17
COM FUNCIONA EL SYNERGEIA...????????	0	Evaky	2005-05-25
I.E.S. MARIANAO	0	Evaky	2005-04-24
I.E.S. SALVADOR DALÍ	0	Evaky	2005-04-17
FÓRUM DE SOM ESCOLES VERDES!	0	Evaky	2005-04-17

centros, tanto de ESO como de bachillerato– fueron distribuidos en diversos grupos cooperativos. De las actividades propuestas, destacamos aquella en la que los estudiantes tenían que discutir en los espacios de construcción de conocimiento del Synergeia posibles soluciones para mejorar la limpieza de sus centros. A partir de todas las aportaciones realizadas, cada grupo tuvo que seleccionar las mejores ideas, siguiendo un proceso de «negociación» de Synergeia, y con las mejores ideas ya en la carpeta de «curso» se compararon los resultados aportados por cada grupo para obtener una conclusión final. Una de las más llamativas la constituyó el hecho de que los estudiantes de uno de los institutos aportaron algunas soluciones para los problemas de limpieza y orden del otro instituto.

Conclusión

Synergeia es una herramienta gratuita y de fácil manejo que permite a los estudiantes de secundaria cooperar salvando las dificultades espaciales y temporales, y permite al profesorado tener una visión general de los movimientos de los estudiantes. La realización de actividades en este tipo de entornos desarrolla habilidades cooperativas-grupales en el alumnado, como son la negociación y la toma de decisiones. El uso conjunto con otras actividades, como la creación de materiales hipertextuales o presentaciones obliga a los estudiantes a realizar búsquedas de información, teniendo que clasificar y seleccionar la más relevante, despertando el espíritu crítico respecto de la información disponible en Internet.

Nota

1. Los proyectos pueden consultarse en: <www.ionesenagua.com>

Referencias bibliográficas

- ALLISON, L.; HAMMOND, N. (1990): «Learning support environments: rationale and evaluation» en *Computers & Education*, vol. 15, n. 1-3, pp. 137-143.
- DILLON, A.; GABBARD, R. (1998): «Hypermedia as an educational technology: A review of the quantitative research literature on learner comprehension, control, and style» en *Review of Educational Research*, vol. 68 n. 3, pp. 322-349.
- FELDER, R.M.; BRENT, R. (1996): «Navigating the bumpy road to student-centered instruction» en *College Teaching*, vol. 44, n. 2, pp. 43-47.
- JEFFERIES, P.; HUSSAIN, M.P. (1998): «Using the Internet as a teaching resource» en *Education + Training*, vol. 40, n. 8, pp. 359-365.
- JIMÉNEZ, G.; LLITJÓS, A. (2005a): «Una experiencia sobre hipertexto cooperativo en la clase de química» en *Revista Iberoamericana de Educación* (versión digital). Consultado el 08/01/2006 en:
<www.campus-oei.org/revista/experiencias95.htm>
- JIMÉNEZ, G.; LLITJÓS, A. (2005b): «Synergeia: Adaptación del BSCW al mundo educativo» en *Quark (revista digital)*. Consultado el 08/01/2006 en:
<www.fq.profes.net/apieaula2.asp?id_contenido=46049>
- JIMÉNEZ, G.; LLOBERA, R.; LLITJÓS, A. (2005): «Los niveles de apertura en las prácticas cooperativas de química» en *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4, n. 3. Consultado el 08/01/2006 en:
<www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N3.pdf>
- JIMÉNEZ, G.; LLITJÓS, A. (2006a): «Cooperación en entornos telemáticos y la enseñanza de la química» en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 3, n. 1, pp. 115-133. Consultado el 08/01/2006 en:
<www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_1/Jimenez_y_Llitjos_2006.pdf>
- JIMÉNEZ, G.; LLITJÓS, A. (2006b): «Deducción de calificaciones individuales en actividades cooperativas: una oportunidad para la coevaluación y la autoeva-

luación en la enseñanza de las ciencias» en *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, vol. 3, n. 2, pp. 172-187.

LANDOW, G.P. (1995): *Hipertexto: la convergencia de la teoría crítica contemporánea y la tecnología*. Barcelona. Paidós.

SLAVIN, R.E. (1983): «When does cooperative learning increase student achievement?» en *Psychological Bulletin*, vol. 94, n. 3, pp. 429-445.

*Direcciones
de contacto*

Gregorio Jiménez Valverde. IES Mercè Rodoreda. Hospitalet de Llobregat (Barcelona).

gjimene2@xtec.net

Eva Núñez Cruz y Anna Llitjós Viza. Universidad de Barcelona.

enunez2@xtec.net

anna.llitjos@ub.edu

Una experiència amb entorns telemàtics cooperatius a la classe de química

Gregorio Jiménez Valverde. IES Mercè Rodoreda. L'Hospitalet de Llobregat. gjimene2@xtec.net
Anna Llitjós i Viza. Grup de recerca educativa ECEM (Ensenyament de les Ciències i Educació Mediambiental). Universitat de Barcelona

L'objectiu d'aquesta comunicació és descriure una experiència innovadora sobre treball cooperatiu on-line duta a terme amb els estudiants del CFGS de Química Ambiental utilitzant un entorn telemàtic cooperatiu gratuït "Synergeia". També es posa a l'abast del professorat uns detallats tutorials d'aquesta eina telemàtica per tal que la puguin utilitzar a les seves classes i aprofitar-ne el potencial educatiu.

Com a professionals de l'educació, hem de preparar el nostre alumnat per viure en la Societat de la Informació i, per tant, les Tecnologies de la Informació i la Comunicació (TICs) no poden quedar al marge de la nostra tasca docent. Les TICs juguen un paper fonamental en la reestructuració del procés educatiu ja que, entre d'altres motius, constitueixen per elles mateixes un volum important de currículum tècnic, científic i cultural i, per tant, impliquen un conjunt de tècniques imprescindibles per participar en el nostre entorn cultural. En aquest escrit, descrivim l'aplicació docent d'un recurs telemàtic que afavoreix el treball cooperatiu *on-line* entre estudiants: el Synergeia.

El Synergeia i el treball cooperatiu

El Synergeia és l'aplicació en el món docent de la plataforma d'espais compartits BSCW (Jiménez i Llitjós, 2005a). És un entorn telemàtic, flexible i gratuït que possibilita el treball cooperatiu a persones que no coincideixen a l'espai o en el temps i no requereix cap requisit especial (no és cap programa informàtic). S'hi pot accedir des de qualsevol ordinador connectat a Internet, independentment del seu sistema operatiu, mitjançant qualsevol navegador; només s'ha d'indicar-hi la pàgina web on es troba allotjat el servidor del Synergeia. Els centres educatius poden aconseguir gratuïtament el programari necessari per muntar un servidor propi o bé poden fer servir el servidor públic del FIT.

L'aprenentatge cooperatiu és una tècnica pedagògica centrada en l'estudiant i alguns dels avantatges de la seva aplicació adequada són la millora del rendiment dels estudiants i l'increment de la seva responsabilitat i de la seva participació activa en el procés d'aprenentatge. També estan descrites una millora de l'autoestima, una millor integració de l'alumnat, cada cop més heterogeni, i unes interrelacions més positives, ja que el fet d'haver de realitzar un projecte comú potencia el desenvolupament d'habilitats interpersonals, com són la negociació o la presa de decisions (Johnson i Johnson, 1999).

L'entorn Synergeia és un recurs de recursos. És un sistema obert i dinàmic, que no resta fix sinó que pot evolucionar o canviar sempre que es considera necessari, i en això se centra una part important del seu interès per la seva aplicació en el món de la docència. Permet, dins un marc comú, dissenys específics per a cada assignatura, adaptacions a la gran diversitat de l'alumnat i d'estratègies d'aprenentatge, aspectes molt importants i significatius en l'actualitat.

El Synergeia controla un nombre d'espais compartits de treball, visualitzats com a carpetes de grup i de curs, als quals s'accedeix amb un nom d'usuari/ària i contrasenya. Una carpeta pot contenir diferents objectes, com ara documents, imatges, adreces d'Internet, discussions sobre assumptes determinats, informació de contacte de la resta de membres, etc. El professorat gestiona els permisos dels usuaris a les diferents carpetes.

The screenshot shows the Synergieia interface for user 'alumna01'. At the top, there is a navigation bar with 'Principal', 'Editar', 'Ver', 'Opciones', 'Ir a', and 'Ayuda'. Below this is a toolbar with icons for 'Mío', 'Público', 'Portap', 'Papira', 'Dira', and 'Calend'. The user's location is shown as ':alumna01'. A secondary toolbar contains 'actualizar', 'Copiar', 'Cortar', and 'borrar'. The main content area displays a list of 3 entries:

Nombre	Tamaño	Compartir	Nota	Clasificado	Propietario	Fecha	Eventos	Menú
Química Industrial	7				gregoj	2005-04-14 18:41		
www.quimicambiental.com Web del CFGS de Química Ambiental de l'IES Mercè Rodoreda					alumna01	2005-05-28 19:44		
Fòrum personal	0				alumna01	2005-05-28 19:43		

Figura 1. Pàgina d'inici de la usuària "alumna01"

The screenshot shows the interior of the 'C4 - Química Analítica' folder. The user's location is ':gregoj / C4 - Química Analítica'. Below the location, there is a list of users: 04aida, 04alberto, 04alfonso, 04almu, 04ana, 04azahara, 04beatriz, 04carol, 04cesar, 04damia, 04elga, 04eugenia, 04eva, 04francesc, 04ivan, 04jesus, 04juan, 04juancarlos, 04julio, 04laura, 04marina, 04mjose, 04monica, 04natalia_c, 04natalia_r, 04natalia_s, 04nuria, 04orlando, 04pep, 04rafa, 04ruben, 04victor_reg, 04victor_rod, 04virginia, 04xavier, allitjos, evanuc, gregoj, guest03. The main content area displays a list of 13 entries:

Nombre	Tamaño	Compartir	Nota	Clasificado	Propietario	Fecha	Eventos	Menú
Grup 1 (04ana, 04carol, 04laura, 04marina) 1-Cianurs	8				gregoj	2004-04-21		
Grup 2 (04eva, 04natalia_r, 04rafa, 04ruben) 1- Sulfurs	10				gregoj	2004-06-02		
Grup 3 (04azahara, 04natalia_c, 04victor_reg, 04victor_rod) 1-Nitrits	11				gregoj	2004-06-03		
Grup 4 (04aida, 04almu, 04elga, 04juan, 04julio) 1-Nitrats	7				gregoj	2004-05-26		
Grup 5 (04alfonso, 04damia, 04ivan, 04xavier) 1-Fosfats	8				gregoj	2004-06-01		
Grup 6 (04alberto, 04jesus, 04natalia_s, 04nuria) 1-Sillicats	23				gregoj	2004-06-09		
Grup 7 (04cesar, 04francesc, 04mjose, 04virginia) 1-Amoni	12				gregoj	2004-06-02		
Grup 8 (04beatriz, 04eugenia, 04monica, 04pep) 1-Sulfats	15				gregoj	2004-06-08		
negociació de la pag de la legislació	2				04azahara	2004-05-05		
NOTES FINALS MICRO I ANALITICA	1				gregoj	2004-06-10		
Teledocencia C4	12				gregoj	2004-05-02		
Treballs Finals lons en Aigües	11				gregoj	2005-02-19 02:45		
Fòrum Synergieia 28 notas	28				gregoj	2004-06-08		

Figura 2. Interior de la carpeta del curs "C4-Química Analítica", amb les 8 carpetes de grup cooperatiu, al tres carpetes amb informació per a l'alumnat i el fòrum del curs.

A més, el Synergieia ofereix un sistema d'informació sobre els moviments i canvis de tot tipus per tal que els grups puguin coordinar el seu treball. Altres funcionalitats que complementen el sistema Synergieia són els espais de construcció de coneixements, la pissarra cooperativa *on-line* i l'opció de negociació, que permet que el projecte final d'un grup d'estudiants no es doni per bo fins que una majoria dels membres el voti positivament.

El Synergieia a l'IES Mercè Rodoreda

El Synergieia va ser aplicat durant el curs acadèmic 2003-2004 a la unitat didàctica "Anions en aigües" corresponent al Crèdit 4: "Tècniques fisicoquímiques, químiques i microbiològiques d'aigües", del CFGS de Química Ambiental de l'IES Mercè Rodoreda de L'Hospitalet de Llobregat.

Durant les primeres sessions de l'experiència, i amb l'ajut d'uns tutorials creats expressament, es va explicar el funcionament general de l'entorn i es van donar explicacions sobre com crear documents senzills en format de pàgina *web* (fent servir l'editor gratuït *Redactor de Netscape*). Un cop l'alumnat estava familiaritzat amb les dues eines, cada grup de treball havia de realitzar el seu projecte cooperatiu. Els grups de treball estaven formats per qua-

tre estudiants, dos de cada grup-classe. El projecte cooperatiu consistia en una sèrie de pàgines *web* sobre determinats aspectes de la presència d'un anió i de l'amoni en aigües (fig. 3).

L'alumnat havia de treballar dins les seves carpetes de grup. La coordinació i comunicació entre els diferents membres d'un grup cooperatiu era especialment important ja que pertanyien a grups-classe diferents. La comunicació a l'entorn Synergieia es va donar a tres nivells diferents:



Figura 3. Pàgina principal del projecte sobre nitrats, amb enllaços a les seves diferents seccions.

- [problema] legislacion 2 | by 04azahara | 2004-05-05 | otra vez estoy aki.
con el decreto q nos dio grego,q he subido,dp podemos crear un enlace en la pagina web.
deuuuuuuuu
- [problema] efectos sobre la salud | by 04victor_reg | 2004-05-05 | Ya tngo bastante informacion de los efectos sobre la salud de los nitritos, si os parece me encargo de esa parte. Voy a hacer ya la web
- [m] OK informacion util | by 04natalia_c | 2004-05-05 | ME PARECE BIEN,
VES ECHANDO UN VISTAZO EN INFORMACION UTIL PORQUE SI ENCONTRAMOS ALGO INTERESANTE PARA LOS DEMAS Y UNO MISMO,PUES HAY LO GUARDAMOS,ASI NOS PODEMOS AHORRAR TIEMPO BUSCANDO...
- [m] pa victor regalado | by 04azahara | 2004-05-26 | hola victor!
en la carpeta de información útil hay info sobre la alimentación y nitritos.puede que te sirva pa lo de la salud.
adeu
- [problema] Fotos (mensaje de grego) | by gregoj | 2004-05-09 | Os he colgado dos archivos de imágenes de 2 cromatogramas de líquidos, para que podáis utilizarlo en el apartado de Técnicas de Análisis (LC)
- [m] peloteo | by 04victor_rod | 2004-05-18 | Muchisimas gracias grego por hacernos el trabajo mucho más fácil. Si es que siendo tan buen profesor...
- [cientifico] Peloteo no, comentarios objetivos | by gregoj | 2004-06-03 | Gracias por tu sabia apreciación sobre mi labor docente.
Saludos
- [problema] Pa natalia | by 04victor_rod | 2004-05-31 | He entrado en la página de negociación y no se ven las imágenes ni el fondo. Apáñalo como puedas.
- [problema] si q se ve | by 04azahara | 2004-05-31 | hola
la página de Natalia si q se ve,intentalo de nuevo,sino le preguntamos a grego,pero a mi si q se me ve.
Nosotras.
- [problema] eyyyyy | by 04natalia_c | 2004-05-31 | tamos haciendo la toma de muestras,dentro de un rato la pondremos a negociar.
kien se encarga de la portada?
la letra q estamos utilizando es la arial.
fondos azulados de temática de aguas.
esperamos respuesta.
Natalia y Azahara
- [m] Aspectos formales del trabajo | by 04victor_rod | 2004-06-01 | Yo he puesto el fondo de aguas pero la letra Comic Sans. Ya apañaremos el bodrio esta tarde.

Figura 4. Exemple de discussió dins d'un espai de construcció del coneixement.

- *Interacció asincrònica*: Els espais de construcció del coneixement. Aquests espais són fòrums de discussió on s'ha afegit la possibilitat de poder especificar quin és el tipus de contribució que s'està realitzant: "problema" (un estudiant exposa un problema, pregunta o dificultat), "la meua explicació" (un altre estudiant respon a un problema anterior), "explicació científica" (tipus de contribució reservat, generalment, per al professorat), "avaluació" (comentaris per analitzar fins a quin punt el procés avança en la direcció desitjada, si s'estan utilitzant els mètodes adequats, com es pot dur a terme la repartició de

responsabilitats...), i "sumari" (síntesi, conclusions o resums de la discussió) (fig. 4).

- *Interacció sincrònica*: La pissarra cooperativa. Aquesta eina permet que dos o més usuaris puguin treballar simultàniament per crear mapes conceptuals o gràfics amb una finestra de xat per poder coordinar el treball i explicar a la resta de participants en una sessió de pissarra cooperativa què s'està fent (fig. 5). La pissarra cooperativa ofereix a més la possibilitat que qualsevol membre del grup pugui recuperar una sessió anterior de pissarra cooperativa, consultar-la i continuar el gràfic o la discussió en el punt on els seus companys la van deixar.

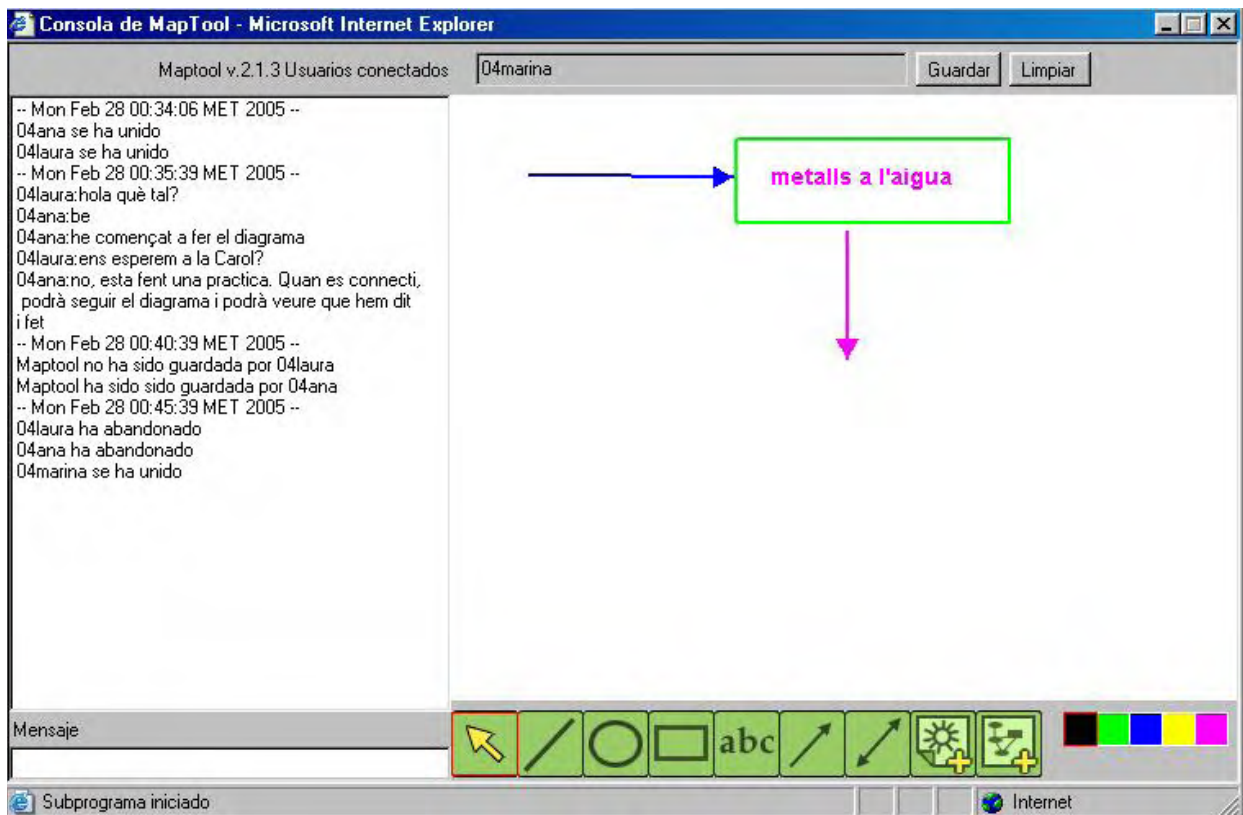






Figura 5. Exemple de sessió de pissarra cooperativa

- *Interacció Synergieia-usuaris*: Els esdeveniments. Un sistema cooperatiu ha d'informar sobre allò que passa per tal de permetre que els usuaris coordinin el seu treball. El servei d'esdeveniments o els informes d'activitats del Synergieia són un intent de proporcionar als usuaris informacions de les activitats dels altres usuaris, respecte dels objectes de l'espai de treball compartit. Els esdeveniments es produeixen quan un usuari realitza una acció en l'espai de treball compartit, tal com penjar, modificar, llegir o editar un document. Els sistema grava els es-

deveniments i presenta els darrers esdeveniments que han tingut lloc en cada objecte per a cada usuari i ho fa mostrant icones diferent, en funció del tipus d'esdeveniment:

-  (objecte nou),
-  (objecte editat),
-  (objecte mogut),
-  (objecte llegit) ...

D'aquesta manera, per exemple, un usuari quan es connecta al Synergieia pot saber, mitjançant les

icones d'esdeveniments, quins esdeveniments han tingut lloc en els espais de treball dels quals ell n'és membre des de la seva darrera connexió al sistema.

Quan algun membre d'un grup cooperatiu considerava que una de les seccions ja estava enllestida, activava el procés de negociació per a aquella subcarpeta. Durant el procés de negociació, tots els membres del grup cooperatiu podien continuar editant els documents que formaven aquella secció i a més disposaven d'un fòrum de discussió on es recollien tots els comentaris sobre l'elaboració del document i el sentit dels vots dels membres del grup: quan s'assolia una majoria de vots positius, aquella subcarpeta corresponent a una secció del seu projecte passava a la pàgina principal del curs, on podia ser consultada, però no editada. El professor podia retornar aquesta subcarpeta amb correccions al grup original per tal que els membres del grup fessin les modificacions oportunes i després activessin un nou procés negociador.

Els treballs finals dels estudiants es poden consultar aquí:

<http://www.xtec.net/~gjimene2/licencia/students/index04.html>



Figura 6. Pàgina principal del curs amb enllaços als treballs

En la realització dels treballs, era molt important que l'alumnat activés tots els enllaços possibles per tal d'unir els seus projectes amb els dels altres grups, fins i tot amb els projectes realitzats durant els dos cursos anteriors amb la plataforma BSCW (cooperació a través del temps). A aquest tipus d'enllaços entre projectes fets per l'alumnat constitueixen un hipertext cooperatiu (Jiménez i Llitjós, 2005b). També era important que els estudiants creessin el major nombre possible d'enllaços a webs externes, d'Internet; per exemple, si en algun apartat d'un dels treballs es feia referència a les al·lèrgies que causava aquell ió, era convenient

incloure un enllaç a una pàgina web externa que parlés sobre aquest tema.

El fet que els alumnes haguessin de navegar per Internet no era només per trobar pàgines web adequades per crear enllaços, sinó principalment per cercar la informació necessària per completar els seus treballs. La cerca d'informació a través d'Internet obligava els estudiants a analitzar la informació de les pàgines que trobaven, rebutjant aquelles que contenien errors o informació química incorrecta. La cerca de pàgines web adequades per crear enllaços ofería als alumnes la possibilitat de desenvolupar habilitats grupals, com ara la negociació i la presa de decisions, donat que cada grup cooperatiu havia de decidir i arribar a un acord sobre quins *links* eren adequats i quins no ho eren.

Avaluació del projecte

Per tal d'avaluar l'experiència, es van establir tres tipus d'avaluacions:

- Avaluació dels projectes en format de pàgines web, d'acord amb una plantilla comuna en la qual es tenien en compte aspectes funcionals, tècnics i estètics, científics i pedagògics de les pàgines web creades. Aquestes avaluacions van ser realitzades tant pel professor com pels estudiants.
- Autoavaluació del treball de grup: cada estudiant va haver d'avaluar, seguint una escala de 9 graus, l'aportació individual de cada component del seu grup (inclòs ell mateix) en funció de la contribució al treball en equip i a l'acompliment dels acords adoptats pel grup cooperatiu.
- Avaluació, mitjançant una enquesta d'opinió de la plataforma Synergeia com a eina per treballar cooperativament. Aquesta avaluació va ser realitzada per tot l'alumnat.

Conclusions

El Synergeia és una eina útil i flexible per establir una xarxa de comunicació i cooperació entre l'alumnat i entre alumnat i professorat, i constitueix un format alternatiu a l'aprenentatge cooperatiu tradicional.

La disponibilitat del material i la facilitat de comunicació amb la resta de membres del grup: comunicació en temps real amb la pissarra cooperativa i comunicació diferida a través dels fòrums, augmenta el nivell de motivació, implicació i esforç de l'alumnat.

La realització d'aquest tipus de projectes desenvolupen l'habilitat de l'alumnat per negociar i arribar

a acords i els fa realitzar cerques d'informació, havent de classificar i seleccionar la de més importància, despertant l'esperit crític respecte de la informació disponible a Internet.

L'alumnat va considerar molt profitós tenir a la seva disposició els materials de treball en qualsevol moment. Per al professorat, l'opció de disposar d'una visió general de les accions de cada estudiant es considera com a un avantatge molt important i que, en combinació amb altres tècniques, facilita l'avaluació del component individual en un treball de grup.

Agraïments

Aquesta comunicació forma part d'un projecte d'investigació del grup ECEM de la Universitat de Barcelona que Gregorio Jiménez desenvolupa gràcies a una llicència retribuïda concedida pel Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya (DOGC núm.: 4182 de 26.7.2004).

Tutorials

Tutorials per a fer pàgines *web* senzilles amb el Redactor de Netscape:

<http://www.xtec.net/~gjimene2/llicencia/tutorials/redactor-bscw/index.htm>

Tutorials del Synergeia per al professorat:

<http://www.xtec.net/~gjimene2/llicencia/tutorials/proffessorat.htm>

Guies d'ús del Synergeia per a l'alumnat:

<http://www.xtec.net/~gjimene2/llicencia/tutorials/alumnat.htm>

Bibliografia

Jiménez, G.; Llitjós, A. (2005a). BSCW: Trabajo cooperativo *on-line* en la clase. *Quark*: http://www.fq.profes.net/apieaula2.asp?id_contenido=45567 (consulta: 30/05/2005).

Jiménez, G.; Llitjós, A. (2005b). Una experiencia sobre hipertexto cooperativo en la clase de química. *Revista Iberoamericana de Educación* (versió digital). OEI, <http://www.campus-oei.org/revista/experiencias95.htm> (consulta: 30/05/2005).

Johnson, D.; Johnson, R. (1999). *Aprender juntos y solos. Aprendizaje cooperativo, competitivo e individualista*. Buenos Aires: Paidós.

ENTORNOS TELEMÁTICOS PARA EL TRABAJO COOPERATIVO EN LOS CICLOS FORMATIVOS DE GRADO SUPERIOR DE LA FAMILIA DE QUÍMICA

JIMÉNEZ VALVERDE, GREGORIO y LLITJÓS VIZA, ANNA
Universidad de Barcelona.

Palabras clave: Trabajo cooperativo; Internet; Química ambiental; Didáctica de la química.

OBJETIVOS

El objetivo básico de esta propuesta es la investigación educativa de sistemas telemáticos interactivos para mejorar la docencia, a través del trabajo cooperativo, en el área de química. En concreto, planteamos una optimización metodológica de dos sistemas telemáticos interactivos para el trabajo cooperativo: **BSCW** (*Basic Support for Cooperative Work*) y su variante docente, **Synergeia**, en el área de química de la formación profesional específica de grado superior.

MARCO TEÓRICO

En los orígenes del aprendizaje colaborativo clásico encontramos a David Johnson y a Roger Johnson. Estos autores definen el aprendizaje cooperativo como "el empleo didáctico de grupos reducidos en los que los alumnos trabajan juntos para maximizar su propio aprendizaje y el de los demás" (Johnson *et al.*, 1999). Es decir, el aprendizaje cooperativo consiste en trabajar juntos para alcanzar objetivos comunes, al contrario que ocurre en una situación competitiva.

Para que el trabajo cooperativo sea funcional y productivo deben darse una serie de condiciones: tiene que crearse una **interdependencia positiva** entre los miembros del grupo, o sea, deben tener la impresión de vinculación entre los miembros. Se intercambian recursos, información y materiales produciéndose una **interacción estimulante**. Cada persona del grupo debe adquirir un **compromiso individual** y no aprovecharse del trabajo del resto del grupo. Para conseguir los objetivos marcados es necesario que el alumno confíe en su grupo, aprenda a respetar las opiniones y las actitudes de los demás y resuelva, de manera constructiva, los conflictos que aparezcan utilizando sus **habilidades personales**. Por último, es importante potenciar una **valoración regular** de la efectividad del grupo para que reflexione sobre qué actuaciones puedan serles de ayuda para mejorar su trabajo (Johnson *et al.*, 1999)

Numerosos estudios avalan la eficacia del aprendizaje cooperativo en la didáctica de la química (Bowen, 2000) tanto en la educación secundaria (Okebukola y Ogunniyi, 1984) como en niveles superiores (Dougherty *et al.*, 1995). El trabajo cooperativo no sólo se aplica en el aula (Kogut, 1997), sino también en el laboratorio (Wenzel, 1995).

El mundo de la educación no ha quedado al margen de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs), lo que permite tener acceso a una cantidad enorme de información, utilizarla como una herramienta de comunicación entre los diferentes miembros de la comunidad educativa, facilitar la gestión de los centros educativos y la posibilidad de cambiar el enfoque de las clases, en la medida que los recursos y el profesorado lo han permitido. Entre las aplicaciones que Internet ha puesto al alcance del profesorado de química podríamos citar la impartición de cursos a través de Internet (Judd, 1998), el uso de laboratorios virtuales (Baran y Currie, 2004) o simplemente Internet como fuente de consulta de información (Varjola, 2000).

Las TICs nos dan un acceso directo e inmediato a una cantidad enorme de información, proporcionando nuevas formas de comunicación y facilitando la creación de grupos de personas que comparten intereses comunes. Así se han creado comunidades de internautas que trabajan cooperativamente por medio de la red, sin limitaciones espaciales ni temporales. De la unión entre los conceptos clásicos del aprendizaje colaborativo y las TICs surge el planteamiento del aprendizaje colaborativo asistido por ordenador (*Computer Supported Collaborative Learning*, CSCL). Su origen se remonta al uso de la modalidad de trabajo cooperativo en contextos de trabajo en la empresa, CSCW (*Computer Supported Cooperative Work*), que posteriormente se han ido implantando en el ámbito docente, dando lugar al CSCL (Steeple y Mayes, 1998). A las herramientas basadas en el CSCW se las denomina *groupware* o software para el desarrollo de tareas grupales. Estos entornos proporcionan oportunidades para el trabajo cooperativo desde localizaciones diferentes y en momentos diferentes, permitiendo un contexto versátil de cooperación entre los participantes, ya que, a diferencia del trabajo cooperativo tradicional, estos entornos favorecen el trabajo cooperativo aunque los participantes no coincidan físicamente en el espacio ni en el tiempo. Los dos entornos telemáticos estudiados son el BSCW y Synergieia

El sistema BSCW (Bentley, 1997) es una herramienta de trabajo que se basa en la web para dar soporte a los grupos que trabajan cooperativamente de forma asincrónica. Es una herramienta de CSCW. Este sistema tiene la ventaja que es accesible con los navegadores estándar y que es una aplicación que va más allá de la navegación y la descarga de información, incorporando características como poder “colgar” documentos, gestionar distintas versiones, conversión de formatos, posibilidad de comprimir documentos para agilizar las comunicaciones, etc. todo ello bajo la supervisión y administración de los miembros de un grupo. El BSCW puede contener diferentes tipos de información como documentos, imágenes, enlaces a otras páginas web, direcciones de Internet y foros de discusión. Los miembros del grupo deben identificarse para acceder al espacio de trabajo. Cada miembro puede organizar su espacio libremente y de forma individual, utilizando una jerarquía de carpetas y subcarpetas según necesidades y conveniencias. Además el sistema BSCW registra permanentemente los eventos que han tenido lugar en un espacio de trabajo, lo que proporciona a los otros usuarios información sobre las actividades de cada miembro del grupo con respecto a los objetos del espacio de trabajo compartido. Esta última función es de gran utilidad ya que permite coordinar el trabajo de los miembros de grupo, a la vez que informa de las acciones realizadas por cada uno de ellos desde que se conectaron por última vez.

El sistema Synergieia (Stahl, 2004) constituye una adaptación del sistema BSCW al ámbito docente. Es, por tanto, una herramienta CSCL. Con respecto al BSCW, se han eliminado algunas funciones, se ha simplificado la tarea del profesorado como gestor del espacio virtual y se ha cambiado la interfaz, haciéndola más atractiva para el alumnado. Las novedades más significativas, sin embargo, corresponden a dos funciones añadidas: por una parte, el “*MapTool*” (pizarra para trabajar de manera simultánea con otros miembros del grupo) y, por otra parte, la posibilidad de “negociar” (el contenido de una carpeta de grupo no se dará por válido sin el visto bueno de todos o la mayoría de los miembros del grupo)

DESARROLLO DEL TEMA

La Formación Profesional Específica, se estructura actualmente en Ciclos Formativos de Grado Medio (CFGM) y de Grado Superior (CFGS), agrupados en 22 familias profesionales, entre ellas la familia de química. Para el acceso a los CFGM es necesario haber completado con éxito la Educación Secundaria Obligatoria, mientras que para el acceso a los CFGS es necesario estar en posesión del título de Bachillerato (o equivalente a efectos de acceso). Los Ciclos Formativos se organizan en diferentes módulos o asignaturas de carácter teórico-práctico.

Los entornos telemáticos interactivos se han estudiado en los últimos tres cursos en alumnos del CFGS de Química Ambiental (perteneciente a la familia profesional de química) del IES Mercè Rodoreda (L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona). Este Ciclo Formativo tiene 60 alumnos matriculados, que se organizan en 3 grupos de 20 alumnos.

Curso 2001-02:

Estudio inicial del BSCW como recurso didáctico del área de química. En primer lugar fue necesario crear el entorno virtual de trabajo compartido para la unidad didáctica “Los metales: su presencia en aguas y técnicas de análisis” (creación de carpetas compartidas, gestión de nombres de usuario, contraseñas y permisos de acceso diferenciados para cada alumno, creación de un foro de discusión). Durante el desarrollo de la unidad didáctica, el papel del profesor fue diferente a la docencia tradicional, ya que tuvo que encargarse, entre otros aspectos, de la administración general del espacio, la moderación del foro, el control de la interactividad de los alumnos con el entorno y con el resto de compañeros. Los estudiantes, después de unas clases de iniciación al sistema BSCW y a un editor de código html, realizaron un trabajo cooperativo (en parejas) sobre los metales, su presencia en las aguas y técnicas de análisis. El resultado final de cada grupo cooperativo fue un trabajo telemático que consistía en 6 páginas web entrelazadas entre ellas: página de inicio del trabajo (presentación del metal), propiedades fisicoquímicas del metal, presencia del metal en aguas superficiales, legislación en aguas potables de consumo público, técnicas de análisis del metal en aguas y curiosidades y efectos del metal sobre la salud. En este curso, la evaluación de los trabajos realizados por el alumnado fue realizada por el profesorado.

Curso 2002-03

Después de la evaluación del uso del BSCW, se corrigieron algunos defectos que se observaron y se mejoraron algunos aspectos organizativos. Después de la experiencia positiva durante el curso anterior, se decidió usar nuevamente el BSCW, pero además de realizar, en parejas, el trabajo cooperativo sobre un metal en muestras de agua, los alumnos tuvieron que realizar otro trabajo cooperativo sobre una técnica de análisis, pero esta vez en grupos de 4 personas, para aprovechar más las capacidades que ofrece el BSCW. Al igual que en el curso anterior, los alumnos debían enlazar mediante hiperenlaces los otros trabajos que estaban realizando o que habían realizado sus compañeros. El profesorado evaluó los trabajos generados, pero el alumnado, además, realizó una evaluación del sistema BSCW, con una valoración global muy positiva.

Curso 2004-05

En este curso se utilizó la plataforma Synergiea como entorno telemático a estudiar. Con los parámetros optimizados durante los dos cursos anteriores, se organizó un nuevo espacio virtual en el sistema Synergiea. En esta ocasión, el alumnado realizó un trabajo cooperativo sobre “aniones en muestras de aguas” (similar al de los metales), aunque en esta ocasión, y para aprovechar al máximo las capacidades de esta plataforma en cuanto a trabajo cooperativo, el trabajo fue realizado por 4 alumnos que no pertenecían al mismo grupo-clase, teniendo en cuenta que se activó la característica de “negociación” y, por tanto, para que un grupo diera su trabajo por finalizado, todos los miembros del grupo tenían que votar de manera positiva, sino el trabajo se rechazaba, la votación se anulaba y los miembros del grupo debían realizar las modificaciones necesarias para que todos valoraran positivamente el trabajo. Nuevamente el alumnado, cuando fue necesario, tuvo que crear hiperenlaces dirigidos a trabajos de los dos cursos anteriores, de tal manera que la información que habían generado los estudiantes durante los tres cursos escolares era

accesible con unos pocos *clicks* del ratón. En esta ocasión, se optimizó el método de evaluación, y de esta manera, se realizaron las siguientes evaluaciones:

- Evaluación de las páginas web generada de acuerdo con una plantilla común en la que se tienen en cuenta aspectos tanto funcionales (p.ej: “interés de los contenidos para los destinatarios” o “entorno claro y amigable”), aspectos técnicos y estéticos (p.ej: “gestión ágil de los enlaces”, “velocidad de acceso aceptable”), aspectos científicos (p.ej: “terminología y corrección científica”, “calidad, estructuración y actualización de los contenidos”) y aspectos pedagógicos (p.ej: “adecuación de los contenidos a los destinatarios”). Esta evaluación fue realizada, para cada trabajo, por el profesor, por una persona externa y por otros compañeros.
- Autoevaluación del trabajo de grupo. Cada estudiante tuvo que evaluar, siguiendo una escala de 9 grados, el trabajo de cada componente de su grupo (incluido él mismo) en función de la contribución al trabajo en equipo y al cumplimiento de los acuerdos adoptados por el grupo. Se siguió el esquema de autoevaluación que sugieren Kaufman y Felder (2000)
- Evaluación de la plataforma Synergiea como herramienta para el trabajo cooperativo. Esta evaluación la realizaron todos los alumnos.

CONCLUSIONES

- El BSCW y el Synergiea son herramientas útiles, prometedoras y de gran versatilidad para establecer una red de comunicación y cooperación entre los estudiantes y entre los estudiantes y el profesorado y constituyen un formato alternativo al aprendizaje cooperativo tradicional
- La disponibilidad del material, la facilidad de comunicación con el resto de miembros del grupo de trabajo y la posibilidad de negociar los acuerdos, aumentan el nivel de motivación, implicación y esfuerzo en el alumnado
- Estos proyectos desarrollan la habilidad de los alumnos para negociar y llegar a acuerdos, realizar una búsqueda de información, clasificarla y seleccionar la de más relevancia, despertando el espíritu crítico respecto a la información disponible en la red.
- El alumnado considera muy ventajoso tener a su disposición los materiales de trabajo en cualquier momento. Para el profesorado, la opción de disponer de una visión general de las acciones de cada estudiante se considera como ventaja muy importante, ya que, en combinación con otras técnicas, facilita la evaluación del componente individual en un trabajo en grupo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARAN, J.; CURRIE, R. y KENNEPOHL, D. (2004). Remote Instruction for the Teaching Laboratory. *Journal of Chemical Education*. Vol. 81 (12), pp. 1814-1816.
- BENTLEY, R.; HORSTMANN, T. y TREVOR, J. (1997). The World Wide Web as enabling technology for CSCW: The case of BSCW. *Computer Supported Cooperative Work*. Vol. 6 (2-3), pp. 111-134.
- BOWEN, C. W. (2000). A Quantitative Literature Review of Cooperative Learning Effects on High School and College Chemistry Achievement. *Journal of Chemical Education*, Vol. 77 (1), pp. 116-119.
- DOUGHERTY, R. C.; BOWEN, C.W.; BERGER, T.; REES, W.; MELLON, E.K. y PULLIAM, E. (1995). Cooperative Learning and Enhanced Communication. *Journal of Chemical Education*. Vol.72 (9), pp.793-797.
- JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. y HOLUBEC, E. (1999) *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Quilmes: Paidós Educador.
- JUDD, C. S. (1998). News from Online: Using the Web for your Courses. *Journal of Chemical Education*. Vol. 75 (9), pp. 1073.
- KAUFMAN, D. B. y FELDER, R. M. (2000). Accounting for individual effort in cooperative learning teams. *Journal of Engineering Education*, Vol 89 (2), pp. 133-140.
- KOGUT, L. S. (1997). Using Cooperative Learning to Enhance Performance in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*. Vol. 74 (6), pp. 720-722.

- OKEBUKOLA, P. A. y OGUNNIYI, M. D. (1984). Cooperative, Competitive, and Individualistic Science Laboratory Interaction Patterns – Effects on Students' Achievement and Acquisition of Practical Skills. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 21 (9), pp. 875-884.
- STAHL, G. (2004). Groupware goes to school: adapting BSCW to the classroom. *International Journal of Computer Applications in Technology*. Vol 19 (3-4), pp. 162-174.
- STEEPLE, C. y MAYES, T. (1998). A Special Section on Computer-Supported Collaborative Learning. *Computers & Education*. Vol. 30 (3/4), pp. 219-221
- VARJOLA, I. (2000). Use of the Internet in the teaching of Chemistry in Finnish schools: a case study. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*. Vol. 1 (1), pp. 121-128.
- WENZEL, T. J. (1995). A New Approach to Undergraduate Analytical Chemistry. *Analytical Chemistry*. Vol. 67 (15), pp. 470A-475A.

ENTORNOS TELEMÁTICOS INTERACTIVOS PARA EL TRABAJO COOPERATIVO EN LOS CICLOS FORMATIVOS DE GRADO SUPERIOR DE LA FAMILIA DE QUÍMICA

Jiménez, Gregorio; Llitjós, Anna.

Grupo Consolidado de Innovación Docente de Didáctica de las Ciencias (GCID de DC)

Grupo de Investigación de Enseñanza de las Ciencias y Educación Medioambiental (Grupo ECEM)

Universidad de Barcelona. Campus Mundet. DCEM.

supergrego@terra.es

Introducción

Una de las finalidades de la educación es facilitar al alumnado las condiciones necesarias para formarse como personas autónomas, capaces de buscar e interpretar información. No se trata sólo de enseñar conceptos, sino de enseñar, también, procedimientos y actitudes para adquirir conocimientos de manera que se complementen todos los contenidos. Es necesario enseñar a *aprender a aprender*, lo que equivale a ser capaz de efectuar aprendizajes significativos en un amplio rango de situaciones y circunstancias.

La estructura del aprendizaje cooperativo facilita y posibilita que el alumnado, interaccionando unos con otros, construyan su propio aprendizaje y no se limiten a ser meros espectadores en el proceso de su aprendizaje, o sea es una buena técnica para *aprender a aprender*. A diferencia de un aprendizaje de forma competitiva, el aprendizaje cooperativo está planteado de manera que cada miembro del grupo pueda alcanzar los objetivos, sólo si los otros miembros alcanzan los suyos.

Las tecnologías de la información y la comunicación también han entrado en el mundo de la educación y eso ha permitido tener acceso a una cantidad enorme de información, utilizarla como una herramienta de comunicación entre los diferentes miembros de la comunidad educativa, facilitar la gestión de los centros educativos y la posibilidad de cambiar el enfoque de las clases, en la medida que los recursos y el profesorado

lo han permitido. Parte del profesorado ha optado por combinar las clases teóricas con el trabajo cooperativo utilizando un entorno telemático, ya que las telecomunicaciones posibilitan el acceso a la información sin que sea necesario coincidir ni en el espacio ni en el tiempo.

El trabajo en entornos virtuales requiere un proceso de planificación más estructurado para reducir la dispersión en el manejo de la información que se comparte, y profundizar en el conocimiento del contexto de todos los participantes y facilitar la posterior interacción. En estos trabajos es muy importante el papel que desempeña el profesorado como agente dinamizador de los procesos de enseñanza y aprendizaje, por lo que debe actuar como guía en el desarrollo del trabajo conjunto coordinando, planificando y organizando la interacción entre grupos, además de conducir los procesos de comunicación y la aportación de nuevas ideas.

Para efectuar un trabajo cooperativo utilizando un entorno telemático, es fundamental y clave la utilización de un sistema al que pueda accederse fácilmente desde cualquier ordenador, y que los requerimientos técnicos no sean excesivos para que esté al alcance de un gran número de usuarios. En la presente propuesta se han usado dos entornos telemáticos interactivos que facilitan el trabajo cooperativo:

- **Sistema BSCW (*Basic Support for Cooperative Work*)**. El sistema BSCW es una herramienta de trabajo que se basa en la web para dar soporte a los grupos que trabajan cooperativamente de forma sincrónica y asincrónica. Este sistema tiene la ventaja que es accesible con los navegadores estándar y que es una aplicación que va más allá de la navegación y la descarga de información, incorporando características como poder “colgar” documentos, gestionar distintas versiones, conversión de formatos, posibilidad de comprimir documentos para agilizar las comunicaciones, etc. todo ello bajo la supervisión y administración de los miembros de un grupo. El BSCW puede contener diferentes tipos de información como documentos, imágenes, enlaces a otras páginas *web*, direcciones de Internet y foros de discusión. Los miembros del grupo deben identificarse para acceder al espacio de trabajo. Cada miembro puede organizar su espacio libremente y de forma individual, utilizando una jerarquía de carpetas y subcarpetas según necesidades y conveniencias. Además el sistema BSCW registra permanentemente los eventos que han tenido lugar en un espacio de trabajo, lo que

proporciona a los otros usuarios información sobre las actividades de cada miembro del grupo con respecto a los objetos del espacio de trabajo compartido. Esta última función es de gran utilidad ya que permite coordinar el trabajo de los miembros del grupo, a la vez que informa de las acciones realizadas por cada uno de ellos desde que se conectaron por última vez.

- **Sistema Synergeia:** El sistema Synergeia está diseñado para dar soporte a la construcción cooperativa del conocimiento en instituciones educativas. De hecho, se basa en el sistema BSCW, pero optimizado para la docencia. Además de las características que presenta el BSCW, Synergeia ofrece nuevas posibilidades: desde la simplificación de la tarea de administración del entorno por parte del profesor, hasta la creación de espacios y herramientas para facilitar la creación del conocimiento cooperativo a través del diálogo y debate entre los miembros de un grupo de trabajo. La negociación entre los miembros de un grupo de trabajo es uno de los factores más importantes a la hora de completar el trabajo grupal. Para facilitar la negociación y la construcción del conocimiento, Synergeia ofrece herramientas específicas para el intercambio de ideas, tanto sincrónicas ("*MapTool*" o pizarra colaborativa, en la que los alumnos pueden trabajar simultáneamente en la construcción de mapas conceptuales, con chat asociado, para poder coordinar y discutir el mapa), como asincrónicas (foros y cuadernos personales y grupales para la construcción del conocimiento).

Estos dos sistemas telemáticos para el trabajo cooperativo han sido usados en la enseñanza de la química de la formación profesional en el IES Mercè Rodoreda, de L'Hospitalet de Llobregat, desde el curso académico 2001-02 hasta la actualidad. En concreto, se han utilizado en el módulo de Depuración de Aguas del Ciclo Formativo de Grado Superior de "Química Ambiental", encontrándose que este tipo de trabajo proporciona un formato alternativo al aprendizaje cooperativo tradicional y que genera una mayor participación e implicación de cada componente del grupo. Además, la disponibilidad del material y la inmediatez de comunicación con el resto de miembros del grupo de trabajo, aumentan el nivel de motivación y de esfuerzo del alumnado.



Subdirecció General de Formació Permanent i Recursos Pedagògics

2a jornada de presentació de llicències d'estudi retribuïdes

CosmoCaixa Barcelona, 15 de març de 2006

Gregorio Jiménez Valverde (gjimene2@xtec.cat)

BSCW i Synergeia: dos entorns telemàtics gratuïts per al treball cooperatiu on-line. Aplicació a la didàctica de la química

Les Tecnologies de la Informació i de la Comunicació (TIC) juguen un paper fonamental en la reestructuració del procés educatiu ja que, entre altres motius, constitueixen per elles mateixes un volum important de currículum tècnic, científic i cultural i perquè ofereixen noves possibilitats en el procés docent, com ara la superació de geogràfiques, temporals o lingüístiques, o la possibilitat que docents i estudiants puguin publicar a Internet els seus materials curriculars o projectes.

La finalitat d'aquest treball és la d'oferir uns tutorials de l'entorn Synergeia per tal que el professorat, de qualsevol àrea i nivell, pugui crear i gestionar aquest entorn a les seves classes i oferir exemples d'ús per a la química. Synergeia és un entorn telemàtic gratuït al qual s'hi pot accedir des de qualsevol ordinador connectat a Internet, és fàcil d'utilitzar i possibilita l'aprenentatge cooperatiu entre persones que no coincideixen en l'espai i/o en el temps.

Synergeia és una optimització docent de la plataforma BSCW, amb noves funcionalitats per tal d'afavorir la construcció compartida de coneixement. Synergeia, com el BSCW, és un sistema obert i dinàmic, que no resta fix sinó que pot evolucionar o canviar sempre que es consideri necessari. Synergeia permet, dins un marc comú, dissenys específics per a cada assignatura i és adaptable a la gran diversitat de l'alumnat i d'estratègies d'aprenentatge, aspectes molt significatius en l'actualitat.

A més, Synergeia constitueix una oportunitat per integrar les TIC a l'aula, fent-ho en un context de cooperació. Amb l'aprenentatge cooperatiu es pot aconseguir que l'alumnat aprengui més del que hauria après en un context individualista i, a més, es potencien habilitats interpersonals, com ara la negociació o la presa de decisions.

5

Evaluación cooperativa y de entornos cooperativos

- 5.1. Problemas en la implantación de actividades cooperativas
- 5.2. MTEI, TIC y VSA de nuestro alumnado
- 5.3. Trabajo 19
- 5.4. Trabajo 20
- 5.5. Trabajo 21
- 5.6. Trabajo 22



Este capítulo comprende cuatro trabajos que abarcan dos temas diferenciados, pero relacionados entre sí porque ambos se refieren a la evaluación. Por una parte, los trabajos 19 y 20 se centran en la evaluación de la responsabilidad individual de los miembros de un grupo, mientras que los trabajos 22 y 23 recogen aspectos de la evaluación del entorno telemático y de la investigación educativa global.

Conviene tener en cuenta que, debido al formato en el que se presenta esta tesis, algunos trabajos abarcan más de uno de los temas de los capítulos que forman parte de la misma, siendo situados en el capítulo con mayor relación. Así, por ejemplo, el trabajo 6, aunque principalmente trata sobre la producción de hipermedia y se encuentra, por tanto, en el capítulo 3, también hace referencia a la evaluación de los proyectos hipermedia e incluye la plantilla utilizada para tal fin. Esta plantilla fue usada tanto por el profesor como por otros estudiantes, siendo, por tanto, parte de la evaluación cooperativa que se llevó a cabo. De manera análoga, y hablando de la evaluación de los entornos y de la investigación global, el trabajo 5 incluye una evaluación no sólo de los proyectos hipermedia, sino también de algunos aspectos globales de la experiencia, como lo recogido en las tablas 2 y 3 de dicho trabajo. Este trabajo se incluyó, por su temática principal en el capítulo 3, pero en el resumen de resultados del capítulo 7 haremos referencia necesariamente también los resultados de este trabajo.

De hecho, los datos generados por los estudiantes del curso 2003-04 están repartidos en tres artículos: trabajos 5, 19 y 20. En el trabajo 5, como se acaba de comentar, hay una valoración global de la experiencia, con un cuestionario Likert de 4 ítems y una respuesta de pregunta libre. En los trabajos 19 y 20 se ofrecen los resultados de la encuesta del proyecto *Innovative Technology for Collaborative Learning and Knowledge Building* (ITCOLE): en el trabajo 19 está la parte de la encuesta de este proyecto que fue comparada con los resultados de estudiantes extranjeros participantes en dicho proyecto y en el trabajo 20 está el resto de la encuesta ITCOLE.

Antes de pasar a los trabajos que forman parte de este capítulo, conviene completar y desarrollar con más profundidad dos asuntos que, por cuestión de espacio, no pudieron ser incluidos en los trabajos 19 y 20: problemas en la implantación de las actividades cooperativas y los valores de MTEI, TIC y VSA de nuestro alumnado.

5.1. Problemas en la implantación de actividades cooperativas.

A pesar de la evidencia que demuestra la relativa efectividad del trabajo en grupos cooperativos, un docente se estaría engañando a sí mismo si pensara que basta con decir "cooperen" o "sean un equipo" para que sus estudiantes trabajen realmente de una manera cooperativa. Hay determinadas condiciones en las que los grupos funcionan correctamente y otras en las que funcionan mal. Los trabajos 19 y 20 se hacen eco de una de las causas que provoca que las actividades cooperativas no funcionen correctamente: la presencia de estudiantes que muestran comportamientos disruptivos. El método propuesto en ambos trabajos para evaluar la responsabilidad individual también permite minimizar la presencia de estudiantes *polizones*, probablemente el comportamiento disruptivo más común en actividades cooperativas. Otros comportamientos de este tipo son enumerados en el artículo 19.

Pero además de esos comportamientos que muestran una pobre ciudadanía de equipo, existen otras barreras o factores que limitan el éxito del aprendizaje cooperativo en las aulas (Johnson y Johnson, 1999). Algunos de esos factores están

directamente relacionados con la figura del profesorado, ya que algunos docentes pueden ser reacios a la implantación de técnicas cooperativas porque piensan que si invierten tiempo en sus clases para este tipo de actividades, no podrán cubrir el temario (Felder y Brent, 1996; Matthews *et al.*, 1995), mientras que otros pueden manifestar, especialmente al principio, una sensación de pérdida del control en sus clases, ya que el aprendizaje cooperativo es una actividad centrada en el estudiante (Panitz y Panitz, 1998).

El aprendizaje cooperativo no sólo fracasa cuando no se implanta correctamente, sino que es necesario tener en cuenta que los beneficios que se pueden obtener no son automáticos ni inmediatos (Felder y Brent, 1996). En la instrucción centrada en el estudiante, el alumnado quizá no se sienta muy contento al comprobar cómo su profesor o profesora ya no les dice todo lo que deben hacer, lo que les obliga a asumir parte del control de su propio aprendizaje. La hostilidad inicial de los estudiantes es común y el docente no debería dejarse tentar por la posibilidad de abandonar estos enfoques cooperativistas a pesar de esta hostilidad del alumnado, ni por su propia sensación de extrañeza al no ser ya la figura central en el proceso docente, ni por ver que inicialmente el rendimiento de sus estudiantes puede empeorar o porque la administración educativa (o sus propios colegas) no comprenden sus nuevos métodos, aunque los planes de estudio hacen una apuesta cada vez más decidida por los planteamientos educativos centrados en el estudiante, tal y como se vio en el capítulo 1. La clave para los docentes es entender cómo funciona el proceso, tomar algunas precauciones para las dificultades que puedan surgir y esperar los inevitables reveses hasta que empiece a ser una técnica rentable, que lo es, y que además mejora con la práctica y la experiencia (Johnson, Johnson y Holubec, 1999).

En relación con la hostilidad que puede manifestar el alumnado hacia estas actividades, Woods (1994) señala que cuando los estudiantes se ven obligados a asumir más responsabilidades (y esto sucede en cualquier actividad centrada en el estudiante), éstos pueden pasar por algunos o por todos los pasos que los psicólogos asocian con el trauma y la congoja:

1. **Impacto** (*shock*): "No me lo creo. Tenemos que hacer actividades en grupo y el profesor ni siquiera va a dar clases".
2. **Negación**: "[El profesor] no puede estar hablando en serio. Si desatiendo sus explicaciones, tal vez todo pase".
3. **Emoción intensa**: "No puedo hacerlo. Mejor dejo la actividad. No me pueden hacer esto a mí, me quejaré al jefe de estudios".
4. **Resistencia y retiro**: "No voy a tomar parte en estos estúpidos juegos. No me importa si el profesor me suspende".
5. **Sometimiento y aceptación**: "Muy bien, creo que todo esto es una estupidez, pero ya que estoy implicado mejor lo intento".
6. **Esfuerzo y exploración**: "El resto parece conseguirlo, quizá yo necesite esforzarme o hacer las cosas de una manera diferente para que esto también me funcione a mí".
7. **Retorno de la confianza**: "¡Oye! Puedo tener éxito después de todo. Creo que esto está empezando a funcionar".
8. **Integración y éxito**: "¡Sí! Esto funciona. No sé cómo pude tener tantos problemas anteriormente".

De la misma manera que unas personas tardan menos en superar una situación traumática, algunos estudiantes pueden saltarse muchos de estos ocho pasos, mientras que otros pueden tener dificultades para superar la negatividad de los pasos 3 y 4. Es necesario recordar que la resistencia y hostilidad que pueden mostrar algunos estudiantes es una parte natural de sus viajes de la dependencia a la autonomía intelectual (Kloss, 1994).

5.2. MTEI, TIC y VSA de nuestro alumnado.

En los trabajos 19 y 20 se describe el proceso para calcular la media de los totales de las evaluaciones individuales (MTEI) de cada grupo cooperativo, los totales individuales de la coevaluación (TIC) y los valores de las sobreautoevaluaciones (VSA). Tan sólo en el trabajo 20 se dan datos reales correspondientes a la investigación de entornos telemáticos: el ejemplo de la NIE de dicho trabajo corresponde al grupo 6 del curso 2003-04. El ejemplo del trabajo 19, sin embargo, está relacionado con la evaluación cooperativa que realizan los estudiantes durante el crédito de síntesis (asignatura en donde también se utilizan los entornos BSCW o Synergeia). Faltaría, por tanto, algún comentario sobre las MTEI de los restantes grupos cooperativos y sobre los TIC y VSA de los estudiantes, y que no pudieron ser incluidos en los trabajos 19 y 20 por problemas de espacio.

En cuanto a las MTEI, la tabla 27 recoge los valores obtenidos por los ocho grupos cooperativos formados en el curso 2003-04. Como puede apreciarse, vemos que ninguno de ellos llega a una MTEI de 90, aunque dos de ellos (grupos 3 y 5) superan claramente el límite de 75. Dos de los grupos (grupo 6 y 7) obtienen un MTEI no inferior a 75, mientras que el resto de los grupos obtienen un MTEI muy cercano a 75. Estos datos indican que ninguno de los grupos sería considerado como "grupo efectivo" ni tampoco como "grupo disfuncional" (aplicando en este último caso un criterio ligeramente flexible), según la clasificación de grupos dada en los trabajos 19 y 20.

Tabla 27. MTEI de los ocho grupos cooperativos del curso 2003-04.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8
MTEI	73,44	73,44	81,25	72,50	85,16	76,56	75,00	72,92

En cuanto a los TIC, ningún estudiante ha recibido un TIC de 100 (el más elevado es 93,75) y 12 estudiantes han recibido un TIC menor de 75. Estos datos, de acuerdo con la clasificación de los trabajos 19 y 20, nos indican que no habría estudiantes *tutores* pero sí 12 estudiantes *polizones*, que representan un 36,4% del total.

Por último, en lo que respecta a los valores de VSA, las autoevaluaciones "infladas" fueron menos comunes que las autoevaluaciones "desinfladas": 10 estudiantes obtuvieron un VSA positivo, mientras que 18 estudiantes obtuvieron un VSA negativo y 3 obtuvieron un VSA igual a cero. 2 alumnas no realizaron la autoevaluación y, por tanto, no es posible calcular su VSA. Estos datos están en sintonía con otras investigaciones llevadas a cabo por nuestro grupo de investigación con estudiantes universitarios (Puigcerver y Llitjós, 2005; Puigcerver, Miró y Llitjós, 2006), en donde además de apreciar unos VSA negativos, también se observó un alto grado de responsabilidad y de honestidad cuando los estudiantes tuvieron que autoevaluarse, con unas evaluaciones que estadísticamente no diferían de las realizadas por el docente.

Obtención de notas individuales a partir de una nota de grupo mediante una evaluación cooperativa

GREGORIO JIMÉNEZ VALVERDE

Instituto de Enseñanza Secundaria Mercé Rodoreda, Barcelona, España

El aprendizaje cooperativo puede definirse como aquella técnica pedagógica en la que los estudiantes trabajan juntos hacia la consecución de un mismo objetivo y cada individuo alcanza dicho objetivo si –y sólo si– el resto de miembros del grupo cooperativo también lo alcanzan (Jiménez, Llobera y Llitjós, 2006). En el aprendizaje cooperativo, el modelo de instrucción se centra en el estudiante mejor que en el docente, y el conocimiento es concebido como un constructo social, facilitado por la interacción, la evaluación y la cooperación entre iguales (Salinas, 2003). Las Tecnologías de la Información y la Comunicación han integrado también los planteamientos del aprendizaje cooperativo y existen entornos telemáticos (como el BSCW o el Synergeia) que facilitan la cooperación entre estudiantes que no coinciden ni en el espacio ni el tiempo (Jiménez y Llitjós, 2005, 2006). Las ventajas del aprendizaje cooperativo están ampliamente difundidas en la bibliografía y, entre las más destacables podríamos citar las siguientes: la mejora del rendimiento de los estudiantes, el incremento de su responsabilidad y participación activa en el proceso de aprendizaje, la potenciación del uso de habilidades cognitivas de alto orden, mayor éxito en la resolución de problemas y mayor autoestima, y unas relaciones interpersonales más positivas que las que se obtienen con esfuerzos competitivos o individualistas (Cooper, 1995; Qin, Johnson y Johnson, 1995; Slavin, 1995).

A pesar de la evidencia que demuestra la relativa efectividad del trabajo en grupos cooperativos, la cooperación no siempre funciona. Hay determinadas condiciones en las cuales los grupos funcionan correctamente y otras en las que no. Cuando no se implanta correctamente, esta técnica también ofrece desventajas respecto de la instrucción tradicional (Salomon, 1992). Uno de los principales motivos para que un grupo cooperativo no funcione es la presencia en el grupo de estudiantes que muestran una ciudadanía de equipo pobre, es decir, estudiantes que no asumen sus compromisos grupales, que no participan o que adoptan una actitud pasiva (Johnson y Johnson, 1992, 1999; Oakley *et al.*, 2004; Salomon, 1992). A continuación se enumeran algunos comportamientos disruptivos en grupos cooperativos y que implican una ciudadanía de equipo pobre:

- *Viajar de polizón o hacer autostop (free-riders)*: Los *polizones* son miembros del grupo que eluden su responsabilidad dentro del grupo pero que intentan conseguir la misma calificación que sus otros compañeros, más responsables (Kerr y Bruun, 1983).
- Efecto ventosa (*suckers*): Estudiantes académicamente superiores que permiten que sus compañeros, con un nivel académico menor, saquen provecho del esfuerzo de los primeros (Kerr, 1983).

- Miembros del grupo excesivamente dominantes que obligan a los otros a hacer las tareas a su manera.
- Miembros resistentes a trabajar en grupo y que intentan sabotear el esfuerzo grupal o que, simplemente, deciden no interactuar con el grupo. Los estudiantes que trabajan solos pueden ser introvertidos, desconocer las instrucciones para trabajar en grupo o quizá perciban una estructura individual o competitiva de recompensas. Entre estos estudiantes, sólo aquellos que tienen las habilidades necesarias serán capaces de aprender sobre la materia en estudio o de solucionar el problema correctamente (Webb, 1989).
- Miembros del grupo que tienen objetivos académicos muy diferentes: unos que desean conseguir un sobresaliente a toda costa, mientras que otros se conforman con hacer lo justo para obtener un suficiente (Deavor, 1994).
- Estudiantes brillantes que hacen todo el trabajo y que rechazan involucrar a sus compañeros de equipo en el proyecto común o en los que se da una división disfuncional de tareas (efecto "*I'm the thinkist, you're the typist*") (Sheingold, Hawkins y Char, 1984).
- Estudiantes que muestran una inapropiada dependencia a la autoridad (Webb, Ender y Lewis, 1986).

De todos estos comportamientos disruptivos, el que ha sido señalado como uno de los inconvenientes principales del aprendizaje cooperativo es el efecto *viajar de polizón* (Kerr y Brunn, 1983). El docente debería fomentar la responsabilidad individual y que los estudiantes asumieran su compromiso con el grupo. De hecho, la responsabilidad individual es uno de las características fundamentales de este tipo de aprendizaje (Johnson, Johnson y Holubec, 1999; Watson, 1992) y consigue que los integrantes del grupo sepan que no pueden ocultarse tras el trabajo de los demás, ya que la responsabilidad individual sólo existe cuando se evalúa el rendimiento de cada estudiante individualmente. Algunos autores, como Slavin (1983), estiman que para que el aprendizaje cooperativo sea un método de aprendizaje instruccionalmente efectivo "el rendimiento de cada miembro del grupo debe ser visible y cuantificable para los otros miembros del grupo".

La mayoría de expertos en aprendizaje cooperativo creen que, de hecho, este tipo de aprendizaje funciona mejor si las evaluaciones grupales se ajustan al rendimiento individual (Kaufman, Felder y Fuller, 2000). Si este ajuste no se realizara, los estudiantes que hubieran mostrado una ciudadanía de equipo pobre recibirían la misma puntuación que aquellos que hubiesen trabajado, lo que es injusto y va en contra del principio de responsabilidad individual. Además, el estudiante que realiza adecuadamente su trabajo, podría considerar que el docente estaría premiando la pereza y la irresponsabilidad, si se prescinde de la evaluación del componente individual en una tarea cooperativa y alguno de los miembros del equipo ha mostrado una ciudadanía de equipo pobre. En palabras de Kaufman, Felder y Fuller (2000), "algunos docentes que no ajustan el componente individual de un trabajo en grupo argumentan que lo único que hacen es simular el ambiente laboral, pero no es cierto. En el mundo profesional, los individuos que no cumplen con sus responsabilidades en un equipo de trabajo sufren tarde o temprano consecuencias peores que una simple baja calificación".

En ocasiones, el profesorado califica globalmente un proyecto grupal y luego desea deducir notas individuales para los miembros de dicho grupo. Es necesario tener en cuenta que el aprendizaje cooperativo

no necesariamente implica la evaluación individual de los miembros de un grupo cooperativo, ya que es una técnica de aprendizaje y de evaluación grupales (Lejk, Wyvill y Farrow, 1996) y no es infrecuente, por tanto, el caso de estudiantes que han trabajado cooperativamente y luego –cuando la actividad cooperativa ha concluido– son evaluados individualmente de una actividad o examen realizado por cada miembro del grupo (Hindle, 1993; Hufford, 1991; Johnston y Miles, 2004). Sin embargo, Según Webb (1993), no es necesaria la evaluación individual de los estudiantes después de haber trabajado cooperativamente para obtener una nota individualizada, ya que, con datos del propio proceso grupal es posible deducir la competencia individual de los estudiantes. Sin estos datos, aclara Webb, la puntuación de la evaluación grupal debería interpretarse únicamente como lo que los estudiantes pueden producir cuando trabajan con otros.

A pesar de los beneficios potenciales de los proyectos en grupo, éstos pueden, por tanto, representar un problema cuando se trata de evaluar a los estudiantes individualmente a partir únicamente del proyecto grupal. Algunos autores salvan sencillamente esta dificultad asignando a cada miembro de un grupo cooperativo la misma nota excepto si hay algún problema con algún miembro de dicho grupo, en cuyo caso el docente decide la distribución de las calificaciones dentro del grupo (Mello, 1993). Convertir la efectividad de las contribuciones de un estudiante determinado en una nota numérica es una tarea complicada, pero cuando se estimula el trabajo en grupo, es esencial que los estudiantes se sientan seguros que serán evaluados justamente por sus contribuciones y que los *polizones* no saldrán beneficiados de los esfuerzos de los otros.

Trabajar en grupo implica un determinado elemento de evaluación entre los componentes de dicho grupo que ayuda a cada miembro a saber de su efectividad en un ambiente grupal (Lejk, Wyvill y Farrow, 1996). Puede aprovecharse este componente de evaluación entre los miembros de dicho grupo para obtener la información grupal a la que hacía referencia Webb (1993) y cuantificar la contribución individual al proyecto del grupo o, dicho en otras palabras, para evaluar la responsabilidad individual. La evaluación entre iguales, o coevaluación (*peer assessment*), además proporciona un mecanismo para detectar y penalizar académicamente a los estudiantes que muestran una ciudadanía de equipo pobre: aunque muchos estudiantes se inclinan a cubrir a compañeros de grupo que puntualmente no han podido cumplir alguno de los acuerdos del grupo o contribuir a solucionar un problema, es poco probable que den una puntuación alta a compañeros de trabajo que sistemáticamente no participan en el trabajo cooperativo.

La coevaluación

Topping (1998) define la coevaluación como la "disposición en la cual los individuos consideran la cantidad, nivel, valor, calidad o éxito de los productos o resultados del aprendizaje de compañeros de igual estatus". En la coevaluación, normalmente hay un elemento de mutualidad y se potencia que los estudiantes jueguen un papel más activo en el aprendizaje cooperativo (Orsmond, Merry y Reiling, 1996). De hecho, este tipo de evaluación no sólo puede promover el aprendizaje activo sino que también puede desarrollar habilidades grupales, de comunicación verbal, tales como la negociación, la diplomacia, aprender cómo dar y aceptar críticas, cómo justificar la posición de uno mismo o cómo rechazar sugerencias (Liu *et al.*, 2001; Orsmond, Merry y Reiling, 1996; Topping, 1998). La coevaluación, por tanto, no sólo es un procedimiento para puntuar, sino que es además una herramienta de aprendizaje, una parte del proceso docente.

Mello (1993) cita cinco beneficios de trabajar y ser evaluado en pequeños grupos:

- Los estudiantes ganan percepción de la dinámica de grupos.
- La evaluación grupal permite el desarrollo de atribuciones más amplias que las que permite la evaluación individual.
- La evaluación grupal desarrolla habilidades interpersonales de los estudiantes.
- Los estudiantes están expuestos a otros puntos de vista.
- Los estudiantes están más preparados para el mundo real.

La coevaluación es apropiada porque el evaluador ha pasado por la misma experiencia de aprendizaje que el evaluado y por tanto su visión como evaluador es más cercana a las perspectivas del estudiante (McConnell, 2000). En la mayoría de estudios sobre coevaluación, los estudiantes muestran una actitud positiva hacia ese método de evaluación (Stefani, 1992; Tooping, 1998). Orsmond, Merry y Reiling (1996) encontraron que los estudiantes sintieron que adoptaron actitudes más críticas, que trabajaron de una manera más estructurada y que este tipo de evaluación les hizo aprender y pensar más. Brown y Dove (citados por Kwan y Leung, 1996) apuntan las siguientes ventajas de la coevaluación (y la autoevaluación):

- Potencia el sentimiento de los estudiantes de controlar su propio proceso de aprendizaje.
- Motiva y estimula su participación activa en el proceso de aprendizaje.
- Hace de la evaluación un proceso compartido y no un proceso solitario.
- Dirige a los estudiantes hacia un aprendizaje más directo y efectivo.
- Favorece la autonomía de los estudiantes en el proceso de aprendizaje.
- Muestra a los estudiantes que su juicio es respetado y sus vivencias son apreciadas.
- Desarrolla habilidades personales e interpersonales.
- Produce una comunidad de aprendizaje en la cual los estudiantes se sienten partícipes.

En cuanto a los aspectos negativos o desventajas que presenta la coevaluación, podríamos citar los siguientes:

- Los estudiantes pueden sentirse incómodos o presionados al tener que evaluar a sus compañeros, ya que pueden ver el proceso como una crítica a sus amigos (Brown, Bull y Pendlebury, 1997; Liu *et al.*, 2001; Williams, 1992). O pueden tomarse este proceso a la ligera, lo que puede provocar molestias entre algunos estudiantes (Orsmond, Merry y Reiling, 1996).
- Para Brown, Bull y Pendlebury (1997), la resistencia que pueden mostrar algunos estudiantes a una coevaluación con propósitos sumativos se basa en el disgusto de juzgar a compañeros, una desconfianza en el proceso y en el tiempo necesario para llevarla a cabo.
- A algunos estudiantes no les gusta el sistema de coevaluación porque ven a sus evaluadores también como competidores. Tienen miedo de ser infraevaluados o de puntuar de manera excesivamente elevada el trabajo de los otros (Liu *et al.*, 2001). Pueden incluso sospechar de las

habilidades evaluadoras de sus compañeros, especialmente aquellos que suelen recibir una puntuación baja (McDowell, 1995).

- En la coevaluación, uno de los primeros temores del profesorado consiste en que los estudiantes acuerden otorgarse puntuaciones idénticas, normalmente elevadas (Kaufman, Felder y Fuller, 2000). En realidad, en la mayoría de ocasiones, no hay nada especialmente malo si los miembros de un grupo alcanzan dicho acuerdo. Esa manera de proceder probablemente indica que el equipo trabajó bien y que cada miembro asumió las responsabilidades que tenía, con lo que la puntuación final individual que recibirá cada miembro será la misma.
- Algunos estudiantes pueden manifestar no sentirse "cualificados" para evaluar el trabajo de sus compañeros (Orsmond, Merry y Reiling, 1996). Otros estudiantes pueden tener el convencimiento de que sólo el profesorado tiene la habilidad y el conocimiento necesarios para evaluarlos correctamente, y se muestran, por tanto, escépticos sobre el grado de corrección de las calificaciones que los otros estudiantes les pudieran otorgar (Zhao, 1998). Parte del alumnado quizá no desee aceptar la responsabilidad de evaluar a sus compañeros y prefiera igualmente que sea el juicio del "experto" (el docente) quien decida sobre la bondad de un trabajo (McDowell, 1995). Algunos estudiantes, en definitiva, esperan que los docentes sean expertos y desean evaluaciones expertas.

En cuanto al aprendizaje en grupos cooperativos, la coevaluación quizá sea la única manera satisfactoria de evaluar cómo trabaja un conjunto de estudiantes en un proyecto de grupo (Brown, Bull y Pendlebury, 1997) ya que los estudiantes pueden juzgar con bastante precisión las contribuciones relativas de cada miembro en el proyecto de grupo (Johnston y Miles, 2004). En palabras de Millis y Cottell (1998), "los estudiantes pueden ser capaces de engañar a su profesor o profesora, pero raramente podrían esconderse de sus propios compañeros". La coevaluación puede, por tanto, poner de manifiesto qué estudiantes presentan una ciudadanía de equipo pobre y no están cooperando adecuadamente (Oakley *et al.*, 2004; Salomon, 1992).

La participación del alumnado juega, por tanto, un papel crucial en el ajuste individual de la calificación conseguida por el grupo cooperativo. Según Lejk y Wyvill (2001a), los métodos de coevaluación en proyectos grupales se pueden agrupar en dos grandes tipos: holístico y basado en categorías:

- En la evaluación holística, cada estudiante evalúa con una única nota al resto de compañeros y esta nota refleja la impresión global de la ciudadanía de equipo y/o de la contribución individual de ese compañero al proyecto del grupo.
- En la evaluación basada en categorías, los estudiantes evalúan a sus compañeros según una serie de categorías (responsabilidad, adaptabilidad, creatividad, habilidades comunicativas, habilidades grupales genéricas, habilidades técnicas...) y luego se incorpora algún mecanismo gracias al cual esas diferentes puntuaciones se combinan para producir un único valor que refleja la contribución individual de ese compañero en proyecto de grupo.

Lejk y Wyvill (2001a) concluyeron que la coevaluación holística se corresponde mejor con los objetivos de evaluación sumativa de un proyecto grupal que la evaluación basada en categorías, si bien esta última es útil para obtener un *feedback* formativo.

En cuanto a la coevaluación holística, existen dos enfoques diferentes para llevarla a cabo: en el primero, los estudiantes deben evaluar la contribución relativa de los miembros del grupo al producto final expresándola como porcentajes del esfuerzo total; mientras que en el segundo, los estudiantes tienen que evaluar la ciudadanía de equipo de cada miembro (cooperación dentro del grupo, cumplimiento de responsabilidades y pactos, ayudar a los otros cuando era necesario, etc.), Oakley *et al.* (2004) recomiendan no aplicar el primer enfoque, ya que es intrínsecamente competitivo y favorece a los estudiantes que son académicamente más fuertes, puesto que inevitablemente son los que realizan las mayores contribuciones al producto final del equipo. Un estudiante académicamente más débil sabe que, independientemente del esfuerzo que realice, su evaluación individual será menor debida a la presencia de un estudiante más fuerte académicamente y puede sentirse, con razón, desalentado. En cambio, el segundo enfoque prima las habilidades grupales sobre las académicas: si todos los miembros del grupo actúan responsable y cooperativamente recibirán una calificación alta correspondiente a la coevaluación, y los únicos que sufrirán penalizaciones serán los estudiantes cooperativamente problemáticos.

Autoevaluación

Boud define la autoevaluación como "la responsabilidad de los estudiantes para monitorizar y realizar juicios sobre aspectos de su propio aprendizaje" (Boud, citado por Somervell, 1993). La autoevaluación se refiere a la participación de los estudiantes en el proceso de realizar juicios sobre su propio aprendizaje, en particular sobre sus logros y los resultados de su aprendizaje (Boud y Falchikov, 1989) y aumenta el papel de los estudiantes como participantes activos en su propio aprendizaje (Boud, 1995).

En cuanto a la obtención de notas individuales en actividades cooperativas mediante una coevaluación, es posible que algunos estudiantes puedan ser demasiado generosos a la hora de evaluar a sus compañeros y, en cambio, el resto de su grupo sea más conservador en ese aspecto. Estos estudiantes "más generosos" en realidad se estarán penalizando académicamente a ellos mismo debido al propio sistema de evaluación: a mayor puntuación otorgada a otros miembros del mismo grupo cooperativo, menor resultará la contribución relativa de este miembro generoso. Algunos autores (Goldfinch, 1994; Lawrence, 2001) recomiendan incluir las autoevaluaciones en las coevaluaciones para compensar el efecto que generan los estudiantes "demasiado generosos". Esta situación no ayudará a los estudiantes con baja autoestima, que siempre se infravalorarán independientemente de con quien se comparen (Lawrence, 2001).

A pesar de esta ventaja de la inclusión de las autoevaluaciones en las coevaluaciones en actividades cooperativas, una de las cuestiones que quizá el docente se plantee es que la autoevaluación pudiera dar una ventaja a algunos estudiantes ya que, en principio, existe la posibilidad de que éstos se otorguen una mayor puntuación que la que reciben de sus compañeros. Para Goldfinch (1994), hay evidencias para sugerir que, en las evaluaciones grupales, los estudiantes no son tan objetivos al autoevaluarse como lo son al evaluar a otros. Boud y Falchikov (1989) observaron que hay una tendencia general por la cual los estudiantes con alto nivel académico tienden a infravalorarse en las autoevaluaciones, mientras que los estudiantes con un nivel académico más bajo suelen sobrevalorarse. Este hallazgo está en consonancia con el resultado obtenido por Johnston y Miles (2004) y por Leij y Wyvill (2001b), quienes después de comparar las coevaluaciones con y sin autoevaluación, encontraron que los estudiantes que rinden más en un grupo son más modestos sobre sus propios logros en relación con la media de las calificaciones que reciben del resto de sus compañeros, mientras que los estudiantes que

rinden menos parecen tener una errónea impresión de superioridad de sus propias contribuciones. Estos estudiantes estarían utilizando la autoevaluación como una estrategia de supervivencia, especialmente cuando la autoevaluación se realiza en secreto. En cambio, Krause y Popovich (1996), al analizar la coevaluación y la autoevaluación, concluyeron que estos dos métodos evaluativos generan resultados muy cercanos, pero que si hay alguna diferencia estadística es debido a que los estudiantes tienden a autoevaluarse a la baja. Topping (1998), en una revisión de 31 estudios sobre coevaluación, encontró que en 18 de estos estudios la coevaluación constituyó un método fiable y válido en una amplia variedad de situaciones y que, generalmente, la evaluación entre iguales es un método más fiable que la autoevaluación, especialmente con estudiantes más jóvenes. En general, el nivel de concordancia entre la autoevaluación y la coevaluación es menor que entre evaluaciones entre iguales (Goldfinch, 1994; Krause y Popovich, 1996; Lejk y Wyvill, 2001b). De todos modos, la autoevaluación es una habilidad importante y su omisión en la coevaluación puede reducir esa capacidad para la autoreflexión. De hecho, algunos autores (Johnston y Miles, 2004; Somervell, 1993) argumentan que los beneficios de la autoevaluación son tan grandes que deberíamos confiar en que los estudiantes actúan correctamente durante las mismas, incluso cuando existe el riesgo de que pudieran haber diferencias entre la calificación que se otorgan a sí mismos los estudiantes y la que les otorgan los otros estudiantes o el docente.

Según Brown, Bull y Pendlebury (1997), todas las formas de coevaluación (con o sin autoevaluación) y autoevaluación son, en diferentes grados, formas de evaluación cooperativa. La evaluación cooperativa es un corolario natural al aprendizaje cooperativo y constituye una verdadera colaboración entre alumnado y profesorado ya que las dos partes trabajan en el objetivo común de proporcionar una evaluación consensuada del conocimiento del estudiante (McConnell, 2000). La evaluación cooperativa consiste, por tanto, en la participación de los estudiantes y el profesorado en el proceso de evaluación y constituye una manera de proporcionar una oportunidad a los estudiantes para autoevaluarse mientras el profesorado mantiene el control necesario sobre las evaluaciones finales (Hall, 1995). Este tipo de evaluación implica un diálogo entre docente y estudiantes (Somervell, 1993) y ayuda a éstos a desarrollar la habilidad de autoevaluarse y la de evaluar a iguales (McConnell, 2000).

Para los docentes, la evaluación cooperativa supone ceder parte de la responsabilidad del proceso de evaluación en los estudiantes. De todos modos, conviene no confundir el fin y el medio, en el sentido que la autoevaluación y la coevaluación no constituyen un fin en sí mismas, sino que deberían verse como un medio en el proceso de aprendizaje del alumnado, pero para que éstas no sean utilizadas indiferentemente por los estudiantes, deben estar integradas de una manera u otra en el proceso de evaluación sumativa (Brown, Bull y Pendlebury, 1997).

El método que se propone a continuación no sólo permite evaluar la responsabilidad individual y obtener notas individuales a partir de una nota de grupo, sino que reduce el problema de los *polizones* en las actividades cooperativas.

Evaluación de la contribución individual

Teniendo en cuenta las consideraciones hasta ahora realizadas, a continuación se propone un método de evaluación cooperativa, que parte del modelo propuesto por Goldfinch y Raeside (1990) y que permite obtener la nota individual para un estudiante (NIE), en una actividad cooperativa, a partir de la nota

conseguida por su grupo, aplicando un factor de corrección (FIC, factor individual de coevaluación) obtenido mediante una coevaluación holística con autoevaluación:

$$\text{NIE} = \text{FIC} \times \text{Nota de grupo [Ecuación 1]}$$

El FIC permite que un porcentaje de la nota de grupo sea asignada directamente a cada miembro del grupo y el resto de la nota individual reflejará la contribución realizada por ese estudiante.

$$\text{FIC} = w\% + (100\% - w\%) \times \text{Puntuación de la Coevaluación (PC) [Ecuación 2]}$$

donde $w\%$ es el porcentaje de la nota individual que se toma directamente de la nota de grupo. Por ejemplo, si $w\%=50\%$, la nota obtenida por el grupo contabilizaría un 50% en la evaluación individual de cada estudiante, con independencia de su ciudadanía de equipo. Así, si un grupo recibiera una calificación de grupo del 60%, cada miembro del grupo habría recibido directamente un 50% de esta nota, es decir un 30% y el resto de su nota individual reflejaría la contribución cooperativa al trabajo de grupo, que se obtiene calculando la PC.

Para obtener la PC se pide a los estudiantes que evalúen la contribución de los demás (y la suya propia) al trabajo del grupo, es decir, se les pide evaluar la ciudadanía de equipo, mediante una evaluación holística. En lugar de utilizar una escala numérica, se utiliza un baremo que consta de nueve descriptores literales y los estudiantes tienen que asignar a cada miembro de su grupo uno de ellos, en función de la ciudadanía de equipo mostrada:

- EXCELENTE (100%): Contribución muy destacada y constante en el trabajo de equipo, con un rendimiento sobresaliente.
- MUY BIEN (87,5%): Contribución y esfuerzo destacados, con un rendimiento notable.
- BIEN (75%): Ha cumplido los acuerdos tomados por el equipo y ha contribuido favorablemente.
- PASABLE (62,5%): Ha contribuido con algún material/información de interés, pero con una dedicación irregular.
- SUFICIENTE (50%): Contribución aceptable, pero con algunas deficiencias en el esfuerzo, la calidad o el trabajo en equipo.
- REGULAR (37,5%): Cumplió menos de la mitad de los acuerdos del grupo y no todos los ha realizado favorablemente.
- INSUFICIENTE (25%): Algunos intentos de cooperación pero con una contribución baja al trabajo en grupo.
- MUY DEFICIENTE (12,5%): Poca asistencia y/o participación con unos resultados muy pobres.
- NO MOSTRADO (0%): No jugó un papel efectivo en el trabajo en equipo y/o asistencia y compromisos virtualmente inexistentes.

El porcentaje incluido entre paréntesis indica la equivalencia numérica de cada uno de los descriptores, aunque esa información no se facilita al alumnado. El uso de descriptores literales en lugar de

números para realizar esta evaluación aumenta la eficacia del sistema, hace que los estudiantes se sientan más cómodos y evita que los estudiantes tiendan a dar porcentajes elevados de manera generalizada.

Siguiendo las indicaciones sugeridas por algunos investigadores (Lejk y Wyvill, 2001b; Topping, 1998; Zhao, 1998) para promover la efectividad en las coevaluaciones, el docente debe explicar antes de entregar los formularios cómo rellenarlos, el propósito que se persigue con los mismos y las consecuencias que tendrán para la nota final individual. Igualmente debe pedir a su alumnado que rellenen los formularios confidencialmente y que los firmen antes de devolvérselos.

Una vez recogidos los formularios, el docente debe convertir los descriptores literales en valores numéricos según la equivalencia anteriormente señalada. A continuación, se calcula la media aritmética de las puntuaciones recibidas para cada estudiante (incluyendo el valor de su autoevaluación), con lo que se obtiene el total individual de la coevaluación (TIC) de dicho estudiante. Seguidamente debe promediar los TICs de todos los componentes de un grupo cooperativo para obtener la media de los totales de las evaluaciones individuales (MTEI). Para hallar la PC de cada estudiante, el docente ha de dividir el valor del TIC de ese estudiante entre el valor de la MTEI del grupo al que pertenece:

$$PC = TIC / MTEI \text{ [Ecuación 3]}$$

La PC refleja la contribución individual de cada estudiante en relación con los otros miembros de su grupo. Con la PC ya es posible obtener el FIC (sólo hay que asignar un valor a $w\%$ y aplicar la ecuación 2) y una vez calculado el FIC, éste se multiplica por la nota obtenida por el grupo (ecuación 1) y obtenemos la nota individual de ese estudiante (NIE).

Una vez que ha calculado todos los valores, el docente puede analizar los resultados obtenidos. En este sentido, puede ser útil la clasificación de grupos y de estudiantes que han realizado Kaufman, Felder y Fuller (2000). Estos autores hablan de *grupos disfuncionales* si la MTEI del grupo es menor de 75 o si dos o más miembros no realizan la evaluación de sus compañeros y la suya propia. En cambio, consideran que una MTEI superior a 90 corresponde a *grupos efectivos*. En cuanto a las puntuaciones individuales, consideran *polizones* a los estudiantes con un TIC menor de 75, mientras que los *tutores* son aquellos estudiantes que consiguen un TIC del 100%, hecho que les presupone haber cumplido con creces sus compromisos grupales y haber proporcionado ayuda a sus compañeros de grupo. La presencia de *tutores*, especialmente, de *polizones* merece una atención especial por parte del profesorado: es necesario revisar y analizar las calificaciones y las justificaciones y comentarios de las mismas que recibieron estos estudiantes para averiguar si se tratan de votos triviales, confabulaciones o pactos. En estos casos, el docente puede entrevistarse en privado con los miembros de dicho grupo para aclarar tales situaciones. En el resto de casos, acostumbra a ser suficiente un comentario general de los resultados obtenidos delante de todo el grupo-clase, manteniendo la privacidad de los votos emitidos.

Como ejemplo, veamos cómo se realizaría el cálculo de la nota individual de los estudiantes (NIEs) de un grupo cooperativo formado por cuatro estudiantes, Nuria, Jesús, Alberto y Natalia y que han obtenido una calificación en el proyecto de grupo de 78 puntos.

El resultado de la coevaluación de este grupo, una vez realizada la conversión de los descriptores literales a valores numéricos se indica en la tabla 1 (el valor de las diagonales corresponde a las autoevaluaciones).

TABLA 1
Valores numéricos de las coevaluaciones

EVALUADOR	EVALUADO	NURIA	JESÚS	ALBERTO	NATALIA
Nuria		75	75	75	75
Jesús		50	75	87,5	75
Alberto		62,5	87,5	75	87,5
Natalia		62,5	87,5	100	75

El TIC se obtiene realizando la media aritmética de las evaluaciones recibidas por cada estudiante (tabla 2).

TABLA 2
Resultados de las coevaluaciones

	NURIA	JESÚS	ALBERTO	NATALIA
TIC	62,5	81,25	84,38	78,13
PC	0,82	1,06	1,10	1,02
FIC (w%=50%)	0,91	1,03	1,05	1,01
NIE (w%=50%)	71	80	82	79

La MTEI (MTEI=76,56) es la media aritmética de los cuatro valores de los TICs. Para obtener la PC de cada estudiante se divide el valor de su TIC entre el valor obtenido de MTEI (tabla 2).

Con los valores de PC obtenidos, se puede aplicar la ecuación 2 para obtener el FIC. Para ello tenemos que asignar un valor a w%. Supongamos que w%=50% (tabla 2). Una vez conocido el valor de los FICs de cada estudiante, se aplica la ecuación 1 y se obtienen los valores de las NIE: a partir de una nota común de grupo (78 puntos) se han obtenidos cuatro notas individuales mediante la evaluación cooperativa (71, 80, 82 y 79 puntos).

Para evitar FICs demasiado altos o bajos, debidos a compañeros de grupo con una puntuación muy baja o muy elevada, respectivamente, el docente puede considerar la idea de establecer un factor de ajuste mínimo y máximo (Kaufman, Felder y Fuller, 2000), por ejemplo, 1,10 y 0,85. Si lo que el docente desea es restar peso al FIC, entonces puede calcular la raíz cuadrada del mismo y aplicar el resultado como nuevo FIC (Kaufman, Felder y Fuller, 2000) o bien puede aumentar el valor de w%.

En el caso concreto que w%=0% entonces FIC=PC, lo que significa que la NIE depende totalmente de la modificación de la nota de grupo por el FIC, o lo que es lo mismo, la ecuación 1 se transforma en:

$$NIE = PC \times \text{Nota de grupo} \quad [\text{Ecuación 4}]$$

y los nuevos valores de las notas individuales de los estudiantes (NIE's) estarán más dispersos (tabla 3):

TABLA 3
Resultados de las coevaluaciones (w%=0)

	NURIA	JESÚS	ALBERTO	NATALIA
PC=FIC' (w%=0)	0,82	1,06	1,10	1,02
NIE' (w%=0)	64	83	86	80

Este grupo no sería ni *disfuncional* ni *efectivo* (MTEI=76,56). Por lo que respecta a los resultados individuales, Nuria sería una estudiante considerada *polizón*, mientras que el resto de miembros del grupo no serían considerados ni *tutores* ni *polizones* (tanto si w%=0 como si w%=50%).

Por último, las coevaluaciones con autoevaluación permiten calcular el valor de la sobreautoevaluación (VSA, *Average over-assessment of self*) para cada estudiante, entendiendo como tal la diferencia entre su autoevaluación y la media aritmética de la evaluaciones que recibió del resto de sus compañeros (Lejk y Wyvill, 2001b). Si continuamos con el ejemplo del grupo formado por Nuria, Jesús, Alberto y Natalia, podemos ver sus valores de VSA en la tabla 4.

TABLA 4
VSA y resultado de la coevaluación sin autoevaluación

	NURIA	JESÚS	ALBERTO	NATALIA
VSA	16,67	-8,33	-12,50	-4,17
NIE (w%=50; sin autoev.)	69	81	83	79
NIE' (w%=0; sin autoev.)	59	84	89	80

Un valor positivo de VSA significa que el estudiante ha realizado una evaluación de sí mismo superior a la que el resto de sus compañeros realizaron sobre él o ella, es decir, se ha sobrevalorado. Nuria ha obtenido un VSA positivo, mientras que el resto de sus compañeros lo han obtenido negativo. En este caso, al ser una evaluación realizada con descriptores literales en el que cada uno supone una puntuación 12,5 puntos superior a su inmediato predecesor, vemos que Nuria se ha autoevaluado en un grado por encima de la evaluación que realizaron sus compañeros sobre ella, mientras que Alberto se ha autoevaluado en un grado por debajo de la evaluación que realizaron sus compañeros sobre él. Los VSA de Jesús y Natalia, al ser menores, hacen que la diferencia entre las calificaciones obtenidas con y sin autoevaluación no sean muy diferentes. En el caso de Nuria y de Alberto, cuyos VSA son mayores en número absoluto, hacen que las diferencias entre los NIE con y sin autoevaluación sean sensiblemente diferentes: Nuria pasa de tener un NIE w%=0 de 64 a 59 si se prescinde de la autoevaluación, en cambio Alberto pasa de tener un NIE w%=0 de 86 a 89 cuando no se tiene en cuenta la autoevaluación. Al comparar los valores de NIE w%=50% se acortan las puntuaciones obtenidas con y sin autoevaluación, ya que, como se dijo anteriormente, un aumento del valor de w% otorga mayor importancia a la nota de grupo y, por tanto, menor peso al FIC (incluya éste autoevaluación o no). Normalmente VSA positivos consiguen aumentar la NIE, mientras que los negativos la disminuyen. Si el valor absoluto del VSA es pequeño, esta variación en la NIE podría no observarse, en función del valor de las autoevaluaciones de los restantes componentes de un grupo.

Valoración final

En este trabajo se ha presentado un método que permite evaluar la responsabilidad individual en actividades cooperativas, mediante una coevaluación holística con autoevaluación. La nota final del estudiante tiene aportaciones de la evaluación del docente (a través de la nota del proyecto), de la evaluación de sus compañeros de grupo (a través de la coevaluación) y de su propia evaluación (autoevaluación), constituyendo un ejemplo de evaluación cooperativa.

Prácticamente no hay nada que un docente pueda hacer en una clase para eliminar cualquier tipo de queja por parte del alumnado, aunque éstas pueden ser un problema serio si son generalizadas. El uso de un sistema de coevaluación como el que se ha propuesto en este trabajo ayuda a reducir el número de quejas que comúnmente se recogen en actividades grupales y cooperativas, en especial las relacionadas con los *polizones*. Cuando a los estudiantes se les informa que los *polizones* no recibirán la misma puntuación que el resto, se sienten menos inclinados a quejarse acerca de este problema del aprendizaje cooperativo. Para evitar el sesgo en las calificaciones debido a posibles valoraciones subjetivas o confabulaciones entre estudiantes, que pudieran conducir a la detección de falsos *polizones*, el docente siempre puede analizar los comentarios y justificaciones que el alumnado realizó y entrevistarse con los estudiantes implicados para averiguar exactamente qué ha pasado.

Cabe destacar la importancia del propio estudiante en el proceso evaluador en este tipo de experiencias y es que en la concepción tradicional de la enseñanza, las actividades de aprendizaje son básicamente memorísticas y repetitivas; por ello, es de esperar una modalidad de evaluación sumativa y cuantitativa, individual y centrada en los resultados finales, sin considerar el proceso. En cambio, desde una concepción constructivista del aprendizaje y centrada en la cooperación, la evaluación debe atender no sólo a un objetivo sumativo, igualmente necesario en algunos momentos del proceso, sino a todo el proceso, y tanto a escala individual como del grupo, entre iguales y por el docente (De Benito y Pérez, 2003). El estudiante, al mismo tiempo que asume mayor responsabilidad en el proceso de aprendizaje, debe responsabilizarse de la valoración del propio trabajo y del de otros. El docente, por su parte, tiene un nuevo rol en las evaluaciones cooperativas, que se asemeja más al de un examinador externo y moderador, ya que debe controlar el proceso, proteger a los estudiantes de las puntuaciones injustas y establecer los criterios de referencia para la evaluación.

Por último, conviene destacar que la autoevaluación y la coevaluación, como formas de evaluación cooperativa, no son métodos de evaluación, sino fuentes de evaluación que pueden ser usadas junto con diferentes métodos e instrumentos evaluativos y deberían formar parte de un proceso de cambio hacia una instrucción centrada en el alumnado. Las habilidades para autoevaluarse, para realizar evaluaciones entre iguales o de participar en evaluaciones cooperativas son importantes en el desarrollo del aprendizaje a lo largo de la vida del estudiante y en el desarrollo de la autonomía de los individuos (Sambell, McDowell y Brown, 1997).

Bibliografía

- BOUD, D. (1995): "The role of self assessment in student grading", en D. BOUD, *Enhancing learning through self assessment*, Londres, Kogan Page, pp. 167-176.
- BOUD, D., y FALCHIKOV, N. (1989): "Quantitative studies of student self assessment in higher education: a critical analysis of findings", *Higher Education*, 18(5), pp. 529-549.

- BROWN, G.; BULL, J., y PENDLEBURY, M. (1997): *Assessing student learning in higher education*, Abingdon, Routledge.
- COOPER, M. M. (1995): "Cooperative learning. An approach for large enrollment courses", *Journal of Chemical Education*, 72(2), pp. 162-164.
- DE BENITO, B., y PÉREZ, A. (2003): "La evaluación de los aprendizajes en entornos de aprendizaje cooperativo", en F. MARTÍNEZ (Ed.), *Redes de comunicación en la enseñanza*, Barcelona, Paidós, pp. 209-226.
- DEAVOR, J. P. (1994): "Role-playing in the quantitative analysis lab", *Journal of Chemical Education*, 71(11), pp. 980-982.
- GOLDFINCH, J. (1994): "Further developments in peer assessment of group projects", *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 19(1), pp. 29-35.
- GOLDFINCH, J. y RAESIDE R. (1990): "Development of a peer assessment technique for obtaining individual marks on a group project", *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 15(3), pp. 210-231.
- HALL, K. (1995): "Co-assessment: participation of students with staff in the assessment process. A report of work in progress", en *2nd European Electronic Conference on Assessment and Evaluation*, 6-10 Febrero, European Association for Research into Learning and Instruction, SIG Assessment & Evaluation.
- HINDLE, B. P. (1993): "The 'Project': putting student-controlled, small-group work and transferrable skills at the core of a Geography course", *Journal of Geography in Higher Education*, 17(1), pp. 11-20.
- HUFFORD, T. L. (1991): "Increasing academic performance in an introductory biology course", *Bioscience*, 41(2), pp. 107-108.
- JIMÉNEZ, G., y LLITJÓS, A. (2005): "Synergeia: Adaptación del BSCW al mundo educativo", *Quarkk*, <http://www.fq.profes.net/apieaula2.asp?id_contenido=46049> [Consulta: abril 2006].
- (2006): "Cooperación en entornos telemáticos en la enseñanza de la química", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1), pp. 115-133, <http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_1/Jimenez_y_Llitjos_2006.pdf> [Consulta: abril 2006].
- JIMÉNEZ, G.; LLOBERA, R., y LLITJÓS, A. (2006): "La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de apertura", *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), pp. 59-70.
- JOHNSON, D. W., y JOHNSON, R. T. (1992): "Positive interdependence: key to effective cooperation", en R. HERTZ-LAZAROWITZ y N. MILLER (Eds.), *Interaction in cooperative groups. The theoretical anatomy of group learning*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 174-199.
- (1999): *Aprender juntos y solos. Aprendizaje cooperativo, competitivo e individualista*, Buenos Aires, Aique.
- y HOLUBEC, E. J. (1999): *El aprendizaje cooperativo en el aula*, Buenos Aires, Paidós.
- JOHNSTON L., y MILES, L. (2004): "Assessing contributions to group assignments", *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 29(6), pp. 751-767.
- KAUFMAN, D. B.; FELDER, R. M., y FULLER, H. (2000): "Accounting for individual efforts in cooperative learning teams", *Journal of Engineering Education*, 89(2), pp. 133-140.
- KERR, N. L. (1983): "Motivation losses in small groups: A social dilemma analysis", *Journal of Personality and Social Psychology*, 45(4), pp. 819-828.
- y BRUUN, S. E. (1983): "Dispensability of member effort and group motivation losses: Free rider effects", *Journal of Personality and Social Psychology*, 44(1), pp. 78-94.
- KRAUSE, J. E., y POPOVICH, N. G. (1996): "A group interaction peer/self assessment process in a pharmacy practice course", *American Journal of Pharmaceutical Education*, 60, pp. 136-145.
- KWAN, K., y LEUNG, R. (1996): "Tutor versus peer group assessment of student performance in a simulation training exercise", *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 21(3), pp. 205-214.
- LAWRENCE, K. Y. LI. (2001): "Some refinements on peer assessment of group projects", *Assesment & Evaluation in Higher Education*, 26(1), pp. 5-18.
- LEJK, M., y WYVILL, M. (2001a): "Peer assessment of contributions to a Group Project: a comparison of holistic and category-based approaches", *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 26(1), pp. 61-72.
- (2001b): "The effect of the inclusion of self-assessment with peer assessment of contributions to a group Project: a quantitative study of secret and agreed assessments", *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 26(6), pp. 551-561.
- y FARROW, S. (1996): "A survey of methods of deriving individual grades from group assessments", *Assesment & Evaluation in Higher Education*, 21(3), pp. 267-280.

- LIU, E.; LIN, S.; CHIU, C., y YUAN, S. (2001): "Web-based peer review: the learner as both adapter and reviewer", *IEEE Transactions on Education*, 44(3), pp. 246-251.
- McCONNELL, D. (2000): *Implementing Computer Supported Cooperative Learning*, Londres, Kogan Page.
- McDOWELL, L. (1995): "The impact of innovative assessment on student learning", *Innovations and training international*, 32(1), pp. 302-313.
- MELLO, J. A. (1993): "Improving individual member accountability in small group work settings", *Journal of Management Education*, 17(2), pp. 253-259.
- MILLIS, B., y COTTELL, P. G. (1998): *Cooperative learning for higher education faculty*, Phoenix, Oryx Press.
- OAKLEY, B.; FELDER, R. M.; BRENT, R., y ELHAJJ, I. (2004): "Turning student group into effective teams", *Journal of Student-Centered Learning*, 2(1), pp. 9-34.
- ORSMOND, P.; MERRY, S., y REILING, K. (1996): "The importance of marking criteria in the use of peer assessment", *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 21(3), pp. 239-250.
- QIN, Z.; JOHNSON, D. W., y JOHNSON, R. T. (1995): "Cooperative versus competitive efforts and problem solving", *Review of Educational Research*, 65(2), pp. 129-143.
- SALINAS, J. (2003): "El diseño de procesos de aprendizaje cooperativo en situaciones virtuales", en F. MARTÍNEZ (Ed.), *Redes de comunicación en la enseñanza*, Barcelona, Paidós, pp. 157-182.
- SALOMON, G. (1992): "What does the design of effective CSCL require and how do we study its effects", *SIGCUE Outlook*, 31(3), pp. 62-68.
- SAMBELL, K.; McDOWELL, L., y BROWN, B. (1997): "But is it fair?: An exploratory study of student perceptions of the consequential validity of assessment", *Studies in Educational Evaluation*, 23(4), pp. 349-371.
- SHEINGOLD, K.; HAWKINS, J., y CHAR, C. (1984): "'I'm the thinkist, you're the typist': The interactions of technology and the social life of classroom", *Journal of Social Issues*, 40(3), pp. 49-61.
- SLAVIN, R. E. (1983): "When does cooperative learning increase student achievement?", *Psychological Bulletin*, 94(3), pp. 429-445.
- (1995): *Cooperative learning: theory, research and practice*, Boston, Allyn & Bacon.
- SOMERVELL, H. (1993): "Issues in assessment, enterprise and higher education: the case for self-, peer and collaborative assessment", *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 18(3), pp. 221-233.
- STEFANI, L.A. J. (1992): "Comparison of collaborative, self, peer and tutor assessment in a biochemistry practical", *Biochemical Education*, 20, pp. 148-151.
- TOPPING, K. (1998): "Peer assessment between students in College and Universities", *Review of Educational Research*, 68(3), pp. 249-276.
- WATSON, S. B. (1992): "The essential elements of cooperative learning", *The American Biology Teacher*, 54(2), pp. 84-86.
- WEBB, N. M. (1989): "Peer interaction and learning in small groups", *International Journal of Educational Research*, 13(1), pp. 21-39.
- (1993): "Collaborative group versus individual assessment in mathematics: group processes and outcomes", *National Centre for Research on Evaluation, Standards and Student Testing*, Technical Report 352, <<http://www.cse.ucla.edu/CRESST/Reports/TECH352.PDF>> [Consulta: agosto 2005].
- ; ENDER, P., y LEWIS, S. (1986): "Problem solving strategies and group processes in small groups learning computer programming", *American Educational Research Journal*, 23(2), pp. 243-261.
- WILLIAMS, E. (1992): "Student attitudes towards approaches to learning and assessment", *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 17(1), pp. 45-58.
- ZHAO, Y. (1998): "The effects of anonymity on computer-mediated peer review", *International Journal of Educational Telecommunications*, 4, pp. 311-345.

DEDUCCIÓN DE CALIFICACIONES INDIVIDUALES EN ACTIVIDADES COOPERATIVAS: UNA OPORTUNIDAD PARA LA COEVALUACIÓN Y LA AUTOEVALUACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Gregorio Jiménez Valverde⁽¹⁾ y Anna Llitjós Viza⁽²⁾

⁽¹⁾ Profesor de Análisis y Química Industrial. IES Mercè Rodoreda (L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona) gjimene2@xtec.net

⁽²⁾ Grup Consolidat d'Innovació Docent de Didàctica de les Ciències. Grup de Recerca Educativa ECEM [Ensenyament de les Ciències i Educació Mediambiental]. Universitat de Barcelona.

[Recibido en Octubre de 2005, aceptado en Enero de 2006]

RESUMEN ^(Inglés)

El aprendizaje cooperativo es una técnica pedagógica que permite a los estudiantes aprender más eficazmente, pero no implica necesariamente la evaluación individual de los estudiantes en los grupos cooperativos. En este artículo se discute el uso de la coevaluación como método para cuantificar la responsabilidad individual en actividades cooperativas en la enseñanza de las ciencias y se propone un método para deducir calificaciones individuales a partir de la calificación obtenida por el proyecto del grupo. En dicho método los estudiantes valoran confidencialmente el cumplimiento de las responsabilidades grupales (o ciudadanía de equipo) de ellos mismos y del resto de los miembros de su grupo. Estas valoraciones se convierten en factores de corrección individuales que, aplicados a la calificación común del proyecto, permiten obtener puntuaciones específicas para cada estudiante. Para ilustrar el método, se describe una aplicación del mismo en una actividad cooperativa medioambiental.

Palabras claves: Aprendizaje cooperativo; Coevaluación; Autoevaluación; Evaluación Cooperativa; Responsabilidad Individual; Educación Ambiental.

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje cooperativo puede definirse como aquella técnica pedagógica en la que los estudiantes trabajan juntos hacia la consecución de un mismo objetivo y cada individuo alcanza dicho objetivo si y sólo si el resto de miembros del grupo cooperativo también lo alcanzan (Kerns, 1996; Ovejero, 1990). El trabajo en pequeños grupos y el aprendizaje cooperativo han sido aconsejados en la enseñanza de las ciencias desde hace años (Driver, 1988; Lazarowitz, Hertz-Lazarowitz y Baird,

1994) y, de esta manera, encontramos ejemplos de su aplicación en la química (Jiménez y Llitjós, 2006) o en la educación ambiental (Marcén, 1989), entre otras disciplinas científicas.

A pesar de la evidencia que demuestra la relativa efectividad del aprendizaje en grupos cooperativos (Qin, Johnson y Johnson, 1995), la cooperación no siempre funciona. Hay determinadas condiciones en las cuales los grupos funcionan correctamente y otras en las que no. Uno de los principales motivos para que un grupo cooperativo no funcione es la presencia en el mismo de estudiantes que muestran una ciudadanía de equipo pobre (Johnson y Johnson, 1999; Oakley, Felder, Brent y Eljahn, 2004), especialmente la debida a aquellos que *viajan de polizones*. Los *polizones* son miembros del grupo que eluden su responsabilidad dentro del grupo pero que intentan conseguir la misma calificación que sus otros compañeros, más responsables (Kerr y Brunn, 1983).

El docente debería fomentar la responsabilidad individual y que los estudiantes asumieran su compromiso con el grupo. Así, por ejemplo, Jorba y Sanmartí (1997), proponen el uso de contratos y pactos específicos entre los miembros de un mismo grupo de trabajo cooperativo en el laboratorio de ciencias, como sistema para establecer unos compromisos entre los componentes de dicho grupo. La responsabilidad individual es una de las características fundamentales de este tipo de aprendizaje (Watson, 1992) y consigue que los integrantes del grupo sepan que no pueden ocultarse tras el trabajo de los demás, ya que la responsabilidad individual sólo existe cuando se evalúa el rendimiento de cada estudiante individualmente. La mayoría de expertos en aprendizaje cooperativo creen, de hecho, que este tipo de aprendizaje funciona mejor si las evaluaciones grupales se ajustan al rendimiento individual (Kaufman, Felder y Fuller, 2000). Si este ajuste no se realizara, los estudiantes que hubieran mostrado una ciudadanía de equipo pobre, es decir, aquellos que no hubieran participado o que hubieran adoptado una actitud pasiva, recibirían la misma puntuación que aquellos que hubiesen trabajado, lo que es injusto y va en contra del principio de responsabilidad individual. Además, el estudiante que realiza adecuadamente su trabajo podría considerar que el docente estaría premiando la pereza y la irresponsabilidad, si se prescinde de la evaluación del componente individual en una tarea cooperativa y alguno de los miembros del equipo ha mostrado una ciudadanía de equipo pobre. Sin embargo, según Lejk, Wyvill y Farrow (1996), el aprendizaje cooperativo es una técnica de aprendizaje y de evaluación grupales y, por tanto, no implica necesariamente la evaluación individual de los miembros de un grupo. De hecho, no es infrecuente el caso de estudiantes que han trabajado cooperativamente y luego son evaluados individualmente (Hufford, 1991).

A pesar de los beneficios potenciales de los proyectos en grupo en la enseñanza de las ciencias, éstos pueden representar un problema cuando se trata de evaluar a los estudiantes individualmente, ya que puede darse el caso que un docente califique globalmente un proyecto grupal y luego desee deducir notas individuales para los miembros de dicho grupo. Convertir la efectividad de las contribuciones de un estudiante determinado en una nota numérica es una tarea complicada, pero cuando se estimula el trabajo en grupo, es esencial que los estudiantes se sientan seguros

que serán evaluados justamente por sus contribuciones y que los *polizones* no saldrán beneficiados de los esfuerzos de los otros. Por ejemplo, Jiménez, Llobera y Llitjós (2005) evaluaron la responsabilidad individual en unas prácticas cooperativas de química después de haber evaluado el trabajo en grupo. La nota final para cada miembro del grupo cooperativo consistía en la calificación del informe del grupo, a la que se le sumaba o restaba un determinado porcentaje en función de los resultados de las evaluaciones individuales realizadas.

Trabajar en grupo implica un determinado elemento de evaluación entre los componentes de dicho grupo que ayuda a cada miembro a saber de su efectividad en un ambiente grupal (Lejk, Wyvill y Farrow, 1996). Puede aprovecharse este componente de evaluación entre los miembros de dicho grupo para cuantificar la contribución individual al proyecto del grupo o, dicho en otras palabras, para evaluar la responsabilidad individual. La evaluación entre iguales, o coevaluación, además proporciona un mecanismo para detectar y penalizar académicamente a los estudiantes que muestran una ciudadanía de equipo pobre: aunque muchos estudiantes se inclinen a cubrir a compañeros que puntualmente no han podido cumplir alguno de los acuerdos del grupo o contribuir a solucionar un problema, es poco probable que den una puntuación alta a compañeros de trabajo que sistemáticamente no participan en el trabajo cooperativo.

LA COEVALUACIÓN Y LA AUTOEVALUACIÓN Y EL APRENDIZAJE COOPERATIVO

Topping (1998) define la coevaluación como la "disposición en la cual los individuos consideran la cantidad, nivel, valor, calidad o éxito de los productos o resultados del aprendizaje de compañeros de igual estatus". En la coevaluación, normalmente hay un elemento de mutualidad y se potencia que los estudiantes jueguen un papel más activo en el aprendizaje cooperativo (Orsmond, Merry y Reiling, 1996). De hecho, este tipo de evaluación no sólo puede promover el aprendizaje activo sino que también puede desarrollar habilidades grupales, de comunicación verbal, tales como la negociación, la diplomacia, aprender cómo dar y aceptar críticas, cómo justificar la posición de uno mismo o cómo rechazar sugerencias (Orsmond, Merry y Reiling, 1996; Topping, 1998). La coevaluación, por tanto, no sólo es un procedimiento para puntuar, sino que es además una herramienta de aprendizaje, una parte del proceso docente, y es apropiada porque el evaluador ha pasado por la misma experiencia de aprendizaje que el evaluado y por tanto su visión como evaluador es más cercana a las perspectivas del estudiante (McConnell, 2000). De hecho, en la mayoría de estudios sobre coevaluación, los estudiantes muestran una actitud positiva hacia ese método de evaluación (Stefani, 1992; Tooping, 1998), si bien también se han descrito determinados inconvenientes (Brown, 1997; Orsmond, Merry y Reiling, 1996).

En cuanto a la evaluación individual en grupos cooperativos, la coevaluación quizá sea la única manera satisfactoria de evaluar cómo trabaja un conjunto de estudiantes en un proyecto de grupo (Brown, Bull y Pendlebury, 1997) ya que los estudiantes pueden juzgar con bastante precisión las contribuciones relativas de cada miembro en el proyecto de grupo (Johnston y Miles, 2004). En palabras de Millis y Cottell (1998), "los

estudiantes pueden ser capaces de engañar a su profesor o profesora, pero raramente podrían esconderse de sus propios compañeros". La coevaluación puede, por tanto, poner de manifiesto qué estudiantes presentan una ciudadanía de equipo pobre y no están cooperando adecuadamente (Oakley et al., 2004).

Según Lejk y Wyvill (2001), los métodos de coevaluación en proyectos grupales se pueden agrupar en dos grandes tipos: basado en categorías y holístico.

- En la evaluación basada en categorías, los estudiantes evalúan a sus compañeros según una serie de categorías (responsabilidad, adaptabilidad, creatividad, habilidades comunicativas, habilidades grupales genéricas, habilidades técnicas...) y luego se incorpora algún mecanismo gracias al cual esas diferentes puntuaciones se combinan para producir un único valor que refleja la contribución individual de ese compañero en proyecto de grupo.
- En la evaluación holística, cada estudiante evalúa con una única nota al resto de compañeros y esta nota refleja la impresión global de la contribución individual de ese compañero al proyecto del grupo.

Lejk y Wyvill (2001) concluyeron que la evaluación holística entre iguales se corresponde mejor con los objetivos de evaluación sumativa de un proyecto grupal que la evaluación basada en categorías, si bien esta última es útil para obtener un *feedback* formativo. Existen dos enfoques diferentes para realizar una coevaluación holística: en el primero, los estudiantes deben evaluar la contribución relativa de los miembros del grupo al producto final, expresándola como porcentajes del esfuerzo total; mientras que en el segundo, los estudiantes tienen que evaluar la ciudadanía de equipo de cada miembro (cooperación dentro del grupo, cumplimiento de responsabilidades, ayudar a los otros cuando era necesario, etc). Oakley et al. (2004) recomiendan no aplicar el primer enfoque, ya que es intrínsecamente competitivo y favorece a los estudiantes que son académicamente más fuertes, puesto que inevitablemente son los que realizan las mayores contribuciones al producto final del equipo. Un estudiante académicamente más débil sabe que, independientemente del esfuerzo que realice, su evaluación individual será menor debida a la presencia de un estudiante más fuerte académicamente y puede sentirse, con razón, desalentado. En cambio, el segundo enfoque prima las habilidades grupales sobre las académicas: si todos los miembros del grupo actúan responsable y cooperativamente recibirán una calificación alta correspondiente a la coevaluación, y los únicos que sufrirán penalizaciones serán los estudiantes cooperativamente problemáticos.

Es posible que en las coevaluaciones algunos estudiantes puedan ser demasiado generosos a la hora de evaluar a sus compañeros y, en cambio, el resto de su grupo sea más conservador en ese aspecto. Estos estudiantes "más generosos" en realidad se estarán penalizando a ellos mismo debido al propio sistema de evaluación: a mayor puntuación otorgada a otros miembros del mismo grupo cooperativo, menor resultará la contribución relativa de este miembro generoso. Algunos autores (Goldfinch, 1994; Lawrence, 2001) recomiendan incluir las autoevaluaciones en las coevaluaciones para compensar el efecto que generan los estudiantes "demasiado generosos".

A pesar de esta ventaja de la inclusión de las autoevaluaciones en las coevaluaciones en actividades cooperativas, una de las cuestiones que quizá el docente se plantee es que la autoevaluación pudiera dar una ventaja a algunos estudiantes ya que, en principio, existe la posibilidad que éstos se otorguen una mayor puntuación que la que reciben de sus compañeros. Algunos autores, como Johnston y Miles (2004), argumentan que los beneficios de la autoevaluación son tan grandes que deberíamos confiar en que los estudiantes actúan correctamente durante las autoevaluaciones, incluso cuando existe el riesgo de que pudieran haber diferencias entre la calificación de los estudiantes y la del docente, puesto que con la autoevaluación se promueve la reflexión crítica.

Según Brown, Bull y Pendlebury (1997), todas las formas de coevaluación (con o sin autoevaluación) son, en diferentes grados, formas de evaluación cooperativa. La evaluación cooperativa, en cualquiera de sus variantes, no es nueva en nuestro sistema educativo. Existen referencias en la Ley General de Educación, de 1970, a través de la Orden del 16 de noviembre de 1970, según la cual la evaluación había de ser realizada primordialmente por el profesor, pero se hablaba también de la autoevaluación del alumno como medio para que éste llegue a conocer su propio proceso de aprendizaje. En el sistema educativo surgido con la aprobación de la LOGSE, en 1990, se sigue insistiendo en el valor de la autoevaluación y la coevaluación (ésta ya aparece en el proyecto para la Reforma de 1987), como medidas de participación del alumnado en su propio proceso de formación (Rodríguez, 2000). A pesar de que para algunos autores la autoevaluación y la coevaluación constituyen, junto con la evaluación, "el motor de todo proceso de construcción de conocimiento" (Sanmartí y Jorba, 1995), lo cierto es que estas dos formas de evaluación han tenido un impacto más bien discreto en la enseñanza de las ciencias. El método que proponemos a continuación, además de permitir evaluar la responsabilidad individual y reducir el problema de los *polizones* en las actividades cooperativas, proporciona una oportunidad para aplicar la coevaluación y la autoevaluación en la enseñanza de las ciencias.

DEDUCCIÓN DE CALIFICACIONES INDIVIDUALES

Teniendo en cuenta las consideraciones hasta ahora realizadas, a continuación presentamos el método de evaluación de la contribución individual que proponemos, y que parte del propuesto por Goldfinch y Raeside (1990). Nuestro método permite deducir una nota individual para un estudiante (NIE), en una actividad cooperativa, a partir de la nota de su grupo, aplicando un factor de corrección (FIC, factor individual de coevaluación) obtenido mediante una coevaluación holística con autoevaluación:

$$\text{NIE} = \text{FIC} \times \text{Nota de grupo} \quad [\text{Ecuación 1}]$$

El FIC permite que un porcentaje de la nota de grupo sea asignada directamente a cada miembro del grupo y el resto de la nota individual reflejará la contribución realizada por ese estudiante.

$$\text{FIC} = w\% + (100\% - w\%) \times \text{Puntuación de la Coevaluación (PC)} \quad [\text{Ecuación 2}]$$

donde $w\%$ es el porcentaje de la nota individual que se toma directamente de la nota de grupo.

Para obtener la PC se pide a los estudiantes que evalúen la contribución de los demás (y la suya propia) al trabajo del grupo, es decir, se les pide que valoren la ciudadanía de equipo, mediante una evaluación holística. En lugar de utilizar una escala numérica, se utiliza una literal que consta de nueve descriptores y los estudiantes tienen que asignar a cada miembro de su grupo uno de ellos, en función de la ciudadanía de equipo mostrada (ver anexo): Excelente (100%); Muy bien (87,5%); Bien (75%); Pasable (62,5%); Suficiente (50%); Regular (37,5%); Insuficiente (25%); Muy deficiente (12,5%); No mostrado (0%).

El porcentaje incluido entre paréntesis indica la equivalencia numérica de cada uno de los descriptores, aunque esa información no se facilita al alumnado. El uso de descriptores literales en lugar de números para realizar esta evaluación aumenta la eficacia del sistema, hace que los estudiantes se sientan más cómodos y evita que tiendan a dar porcentajes elevados de manera generalizada.

El docente debe explicar antes de entregar los formularios cómo rellenarlos, el propósito que se persigue con los mismos y las consecuencias que para la nota final individual tendrán. Debe pedir a sus estudiantes que rellenen los formularios confidencialmente y que los firmen antes de devolvérselos. Una vez recogidos, ha de convertir los descriptores literales en valores numéricos. A continuación, calcula la media aritmética de las puntuaciones recibidas para cada estudiante (incluyendo el valor de su autoevaluación), con lo que se obtiene el total individual de la coevaluación (TIC) de dicho estudiante. Seguidamente debe promediar los TICs de todos los componentes de un grupo cooperativo para obtener la media de los totales de las evaluaciones individuales (MTEI). Para hallar la PC de cada estudiante, el docente ha de dividir el valor del TIC de ese estudiante entre el valor de la MTEI del grupo al que pertenece:

$$PC = TIC / MTEI \text{ [Ecuación 3]}$$

La PC refleja la contribución individual de cada estudiante en relación con los otros miembros de su grupo. Con la PC ya es posible obtener el FIC (sólo hay que asignar un valor a $w\%$ y aplicar la ecuación 2) y una vez calculado el FIC, éste se multiplica por la nota obtenida por el grupo (ecuación 1) y obtenemos la nota individual de ese estudiante (NIE).

Una vez que ha calculado todos los valores, el docente puede analizar los resultados obtenidos. En este sentido, puede ser útil la clasificación de grupos y de estudiantes que han realizado Kaufman, Felder y Fuller (2000). Estos autores hablan de grupos disfuncionales si la MTEI del grupo es menor de 75 o si dos o más miembros no realizan la evaluación de sus compañeros y la suya propia. En cambio, consideran que una MTEI superior a 90 corresponde a grupos efectivos. En cuanto a las puntuaciones individuales, consideran *polizones* a los estudiantes con un TIC menor de 75, mientras que los *tutores* son aquellos estudiantes que consiguen un TIC del 100%, hecho que les presupone haber cumplido con creces sus compromisos grupales y haber proporcionado ayuda a sus compañeros de grupo. La presencia de *tutores* y,

especialmente, de *polizones* merece una atención especial por parte del profesorado: es necesario revisar y analizar las calificaciones y las justificaciones y comentarios de las mismas que recibieron estos estudiantes para averiguar si se tratan de votos triviales, confabulaciones o pactos. En estos casos, el docente puede entrevistarse en privado con los miembros de dicho grupo para aclarar tales situaciones. En el resto de casos, acostumbra a ser suficiente un comentario general de los resultados obtenidos delante de todo el grupo-clase, manteniendo la privacidad de los votos emitidos.

EJEMPLO: CRÉDITO DE SÍNTESIS EN QUÍMICA AMBIENTAL.

A continuación se describe un ejemplo de la aplicación de este método para obtener una nota individual a partir de una nota de grupo. El ejemplo corresponde a la evaluación del crédito de síntesis del Ciclo Formativo de Grado Superior (CFGS) de Química Ambiental, llevado a cabo durante el curso 2003-04 en el IES Mercè Rodoreda, de L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona). El crédito de síntesis es una asignatura obligatoria en el currículum de los Ciclos Formativos (y también en el de la ESO), en el ámbito de Cataluña. Esta asignatura debe permitir la integración de los contenidos impartidos a lo largo del ciclo, globalizando e interrelacionando y, si procede, completando aquellos contenidos susceptibles de mostrar, al final del ciclo formativo, el grado de consecución de los objetivos generales del ciclo. Las actividades programadas, normalmente alrededor de un tema central, suelen tener un carácter interdisciplinario, es decir, están relacionadas con los contenidos de los diferentes módulos que se trabajan durante el curso, de tal manera que los estudiantes puedan aplicar los conocimientos adquiridos durante el curso sin la ayuda directa del profesorado.



Figura 1. Detalle del punto de muestreo correspondiente al tramo 6, realizado por los componentes de dicho grupo.

El hilo conductor alrededor del cual se han programado las actividades de nuestro crédito de síntesis es el río Llobregat, a su paso por L'Hospitalet de Llobregat. Aproximadamente 800 metros del curso bajo transcurren por el límite oeste de nuestra ciudad, haciendo de frontera natural entre los municipios de L'Hospitalet y El Prat de Llobregat. El alumnado del ciclo se distribuye en 8 grupos cooperativos, de 4-5 estudiantes cada uno, y a cada grupo se le asigna uno de los ocho tramos en los que el profesorado ha dividido estos 800 metros de curso fluvial para que realice un estudio del mismo. En este estudio, el alumnado debe realizar una descripción física del tramo, una caracterización fisicoquímica, química y microbiológica del agua (determinando diversos índices de calidad) y un análisis del fango de la orilla.

El crédito de síntesis para el CFGS de Química Ambiental tiene asignada una carga lectiva de 60 horas. En nuestro centro dicho crédito se organiza en dos semanas a lo largo del curso: la primera de ellas alrededor de Semana Santa y la otra durante la primera quincena de mayo. Durante la primera semana se lleva a cabo la determinación *in situ* de algunos parámetros y la toma de muestra (de agua y fango) para aquellos parámetros que se deben realizar en los laboratorios del instituto. Al finalizar esta primera semana, cada grupo tiene que entregar un informe correspondiente al trabajo realizado hasta ese momento y realizar una exposición oral del mismo, cuya evaluación constituye un 10% de la nota final del grupo. Durante la segunda semana, los estudiantes completan y redactan la memoria final. La calificación de la memoria, evaluada por tres profesores, representa un 70% de la nota final del grupo, y en ella se valoran tanto los aspectos formales como el trabajo de campo, la rigurosidad en la investigación, la calidad analítica de los resultados y la corrección en el tratamiento de datos. El 20% restante de la nota de grupo corresponde a la presentación oral que cada grupo debe hacer del trabajo realizado. Al finalizar dicha exposición, cada estudiante realiza la evaluación de la ciudadanía de equipo de cada miembro de su grupo cooperativo (coevaluación con autoevaluación), según lo explicado anteriormente y utilizando una ficha como la del **anexo**.



Figura 2. Estudiantes trabajando en el laboratorio durante el crédito de síntesis.

Como ejemplo, veamos cómo se realizaría el cálculo de la nota individual de los estudiantes (NIEs) de un grupo cooperativo formado por cuatro estudiantes, Meritxell, Jordi, Paco y Silvia, y que han obtenido una calificación de grupo de 69 puntos.

El resultado de la coevaluación de este grupo, una vez realizada la conversión de los descriptores literales a valores numéricos se indica en la tabla 1 (el valor de las diagonales corresponde a las autoevaluaciones).

Evaluated Evaluator	Meritxell	Jordi	Paco	Silvia
Meritxell	75	75	75	87,5
Jordi	62,5	87,5	87,5	100
Paco	62,5	87,5	75	87,5
Silvia	62,5	87,5	62,5	75

Tabla 1. Valores numéricos de las coevaluaciones.

El TIC se obtiene realizando la media aritmética de las evaluaciones recibidas por cada estudiante (tabla 2).

	Meritxell	Jordi	Paco	Silvia
TIC	65,63	84,38	75	87,50
PC	0,84	1,08	0,96	1,12
FIC (w%=50%)	0,92	1,04	0,98	1,06
NIE (w%=50%)	63	72	67	73

Tabla 2. Resultados de las coevaluaciones.

La MTEI (MTEI=78,13) es la media aritmética de los cuatro valores de TIC. Para obtener la PC de cada estudiante se divide el valor de su TIC entre el valor obtenido como MTEI (tabla 2).

Con los valores de PC obtenidos, se puede aplicar la ecuación 2 para obtener el FIC. Para ello tenemos que asignar un valor a w%. Supongamos que w%=50% (tabla 2). Una vez conocido el valor de los FICs de cada estudiante, se aplica la ecuación 1 y se obtienen los valores de las NIE: a partir de una nota común de grupo (69 puntos) se han deducido cuatro notas individuales mediante la coevaluación (63, 72, 67 y 73 puntos).

Para evitar FICs demasiado altos o bajos, debidos a compañeros de grupo con una puntuación muy baja o muy elevada, respectivamente, el docente puede considerar la idea de establecer un FIC mínimo y máximo, por ejemplo, 1,10 y 0,85. Si lo que el docente desea es restar peso al FIC, entonces puede calcular la raíz cuadrada del

mismo y aplicar el resultado como nuevo FIC (Kaufman, Felder y Fuller, 2000) o bien puede aumentar el valor de $w\%$.

En el caso concreto que $w\%=0\%$ entonces $FIC=PC$, lo que significa que la NIE depende totalmente de la modificación de la nota de grupo por el FIC o, lo que es lo mismo, la ecuación 1 se transforma en:

$$NIE = PC \times \text{Nota de grupo} \quad [\text{Ecuación 4}]$$

y los nuevos valores de las notas individuales de los estudiantes (NIE's) estarán más dispersos (tabla 3):

	Meritxell	Jordi	Paco	Silvia
PC=FIC' ($w\%=0$)	0,84	1,08	0,96	1,12
NIE' ($w\%=0$)	58	75	66	77

Tabla 3. Resultados de las coevaluaciones ($w\%=0$).

Este grupo no sería ni disfuncional ni efectivo ($MTEI=78,13$). Por lo que respecta a los resultados individuales, Meritxell ($TIC=65,63$) sería considerada como *polizón* mientras que el resto de estudiantes no serían considerados ni *polizones* ni *tutores*.

Por último, las coevaluaciones con autoevaluación permiten calcular el valor de la sobreautoevaluación (VSA) para cada estudiante, entendiendo como tal la diferencia entre su autoevaluación y la media aritmética de la evaluaciones que recibió del resto de sus compañeros.

	Meritxell	Jordi	Paco	Silvia
VSA	12,5	4,17	0	-16,67
NIE ($w\%=50$; sin autoev.)	62	71	68	75
NIE' ($w\%=0$; sin autoev.)	55	74	66	81

Tabla 4. VSA y resultado de la evaluación cooperativa sin autoevaluación.

Un valor positivo de VSA significa que el estudiante ha realizado una evaluación de sí mismo superior a la que el resto de sus compañeros realizaron sobre él o ella, es decir, se ha sobrevaluado. Meritxell y Jordi han obtenido un VSA positivo, mientras que Silvia lo ha obtenido negativo. En este caso, al ser una evaluación realizada con descriptores literales en el que cada uno supone una puntuación 12,5 puntos superior a su inmediato predecesor, vemos que Meritxell se ha autoevaluado en un grado por encima de la evaluación que realizaron sus compañeros sobre ella, mientras que Silvia se ha autoevaluado en un grado por debajo que la evaluación que realizaron sus compañeros sobre ella. Los VSA de Jordi y Paco, al ser menores, hacen que las calificaciones obtenidas con y sin autoevaluación no sean muy diferentes. En el caso de Meritxell y Silvia, cuyos VSA son mayores en número absoluto, hacen que las diferencias entre las NIE con y sin autoevaluación sean mayores: Meritxell pasa de

tener una NIE' ($w\%=0$) de 58 a 55 si se prescinde de la autoevaluación; en cambio, Silvia pasa de tener una NIE' ($w\%=0$) de 77 a 81 cuando no se tiene en cuenta la autoevaluación. Al comparar los valores de NIE ($w\%=50\%$) se acortan las diferencias entre las puntuaciones obtenidas con y sin autoevaluación, ya que, como se dijo anteriormente, un aumento del valor de $w\%$ otorga mayor importancia a la nota de grupo y, por tanto, menor peso al FIC (incluya éste autoevaluación o no). Normalmente VSA positivos consiguen aumentar la NIE, mientras que los negativos la disminuyen. Si el valor absoluto del VSA es bajo, esta variación en la NIE podría no observarse, en función del valor de las autoevaluaciones de los restantes componentes de un grupo.

VALORACIÓN FINAL

En este trabajo se ha propuesto un método que permite cuantificar la contribución individual en actividades cooperativas y que hace uso de la coevaluación y la autoevaluación. Tanto el aprendizaje cooperativo como la coevaluación y autoevaluación han sido aconsejados en la enseñanza de las ciencias, si bien el uso de estas dos últimas, que han sido señaladas como motores del proceso de construcción del conocimiento, ha sido más bien discreto hasta el momento.

Este método constituye, además, un ejemplo de evaluación cooperativa, según el criterio de Brown, Bull y Pendlebury (1997), ya que la nota final del estudiante ha recibido contribuciones del profesorado (a través de la nota del informe preliminar, de la memoria y de la presentación oral), de sus compañeros de grupo (coevaluación) y del propio estudiante (autoevaluación). La evaluación cooperativa es un corolario natural al aprendizaje cooperativo y constituye una verdadera colaboración entre alumnado y profesorado ya que las dos partes trabajan con el objetivo común de proporcionar una evaluación consensuada del conocimiento del estudiante (McConnell, 2000). La autoevaluación y la coevaluación no son métodos de evaluación, sino fuentes de evaluación que pueden ser usadas junto con diferentes métodos e instrumentos evaluativos y deberían formar parte cada vez más de un proceso de cambio hacia una instrucción centrada en el alumnado en la enseñanza de las ciencias. Las habilidades para autoevaluarse o para realizar coevaluaciones son importantes en el desarrollo del aprendizaje a lo largo de la vida del estudiante y en el desarrollo de la autonomía de los individuos.

Prácticamente no hay nada que un docente pueda hacer en una clase para eliminar la insatisfacción por parte del alumnado, aunque ésta puede ser un problema serio si es generalizada. El uso de un sistema de coevaluación como el que se ha propuesto en este trabajo ayuda a reducir el número de quejas que comúnmente se recogen en las actividades grupales y cooperativas, en especial las relacionadas con los *polizones*. Cuando con los estudiantes se decide que los *polizones* no recibirán la misma puntuación que el resto, el alumnado se siente menos inclinado a sentirse discriminado por este problema del aprendizaje cooperativo. Para evitar el sesgo en las calificaciones debido a posibles valoraciones subjetivas o confabulaciones entre estudiantes, que pudieran conducir a la detección de falsos *polizones*, el docente siempre puede analizar los comentarios y justificaciones que el alumnado realizó y

entrevistarse con los estudiantes implicados para averiguar exactamente qué ha pasado.

Cabe destacar la importancia del propio estudiante en el proceso evaluador en este tipo de experiencias y es que en la concepción tradicional de la enseñanza, las actividades de aprendizaje son básicamente memorísticas y repetitivas; por ello, es de esperar una modalidad de evaluación sumativa y cuantitativa, individual y centrada en los resultados finales, sin considerar el proceso. En cambio, desde una concepción constructivista del aprendizaje centrada en la cooperación, la evaluación debe atender no sólo a un objetivo sumativo, igualmente necesario en algunos momentos del proceso, sino a todo el proceso, y tanto a escala individual como del grupo, entre iguales y por el docente (De Benito y Pérez, 2003). El estudiante, al mismo tiempo que asume mayor responsabilidad en el proceso de aprendizaje, debe responsabilizarse de la valoración del propio trabajo y del de otros. El docente, por su parte, tiene un nuevo rol en las evaluaciones cooperativas, que se asemeja más al de un examinador externo y moderador, ya que debe controlar el proceso, proteger a los estudiantes de las puntuaciones injustas y establecer los criterios de referencia para la evaluación.

BIBLIOGRAFIA

- BROWN, G., BULL, J. y PENDLEBURY, M. (1997). *Assessing student learning in higher education*, Abingdon, Routledge.
- De BENITO, B. y PÉREZ, A. (2003). La evaluación de los aprendizajes en entornos de aprendizaje cooperativo, en F. Martínez (Ed.), *Redes de comunicación en la enseñanza*, Barcelona, Paidós, pp. 209-226.
- DRIVER, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 109-120.
- GOLDFINCH, J. (1994). Further developments in peer assessment of group projects. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 19(1), 29-35.
- GOLDFINCH, J. y RAESIDE R. (1990). Development of a peer assessment technique for obtaining individual marks on a group project. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 15(3), 210-231.
- HUFFORD, T. L. (1991). Increasing academic performance in an introductory biology course. *Bioscience*, 41(2), 107-108.
- JIMÉNEZ, G. y LLITJÓS, A. (2006). Cooperación en entornos telemáticos y la enseñanza de la química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1), 115-133. En línea en: http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_1/Jiménez_y_Llitjos_2006.pdf
- JIMÉNEZ, G., LLOBERA, R. y LLITJÓS, A. (2005). Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(3). En línea en: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N3.pdf
- JONHSON, D. W. y JONHSON, R. T. (1999). *Aprender juntos y solos. Aprendizaje cooperativo, competitivo e individualista*, Buenos Aires, Aique.

- JOHNSTON, L. y MILES, L. (2004). Assessing contributions to group assignments. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 29(6), 751-767.
- JORBA, J. y SANMARTÍ, N. (1997). La evaluación como instrumento para mejorar el proceso de aprendizaje de las Ciencias, en L. Del Carmen (Coord), *La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria*, Barcelona, ICE de la Universidad de Barcelona – Ed. Horsori, pp. 155-199.
- KAUFMAN, D. B., FELDER, R. M. y FULLER, H. (2000). Accounting for individual efforts in cooperative learning teams. *Journal of Engineering Education*, 89(2), 133-140.
- KERNS, T. (1996). Should we use cooperative learning in college chemistry?. *Journal of College Science Teaching*, 25(6), 435-438.
- KERR, N. L. y BRUUN, S. E. (1983). Dispensability of member effort and group motivation losses: Free rider effects. *Journal of Personality and Social Psychology*, 44(1), 78-94.
- LAWRENCE, K. Y. LI. (2001). Some refinements on peer assessment of group projects. *Assesment & Evaluation in Higher Education*, 26(1), 5-18.
- LAZAROWITZ, R., HERTZ-LAZAROWITZ, R. y BAIRD, J. H. (1994). Learning science in a cooperative setting: Academic achievement and affective outcomes. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1121-1131.
- LEJK, M. y WYVILL, M. (2001). Peer assessment of contributions to a Group Project: a comparison of holistic and category-based approaches. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 26(1), 61-72.
- LEJK, M., WYVILL, M. y FARROW S. (1996). A survey of methods of deriving individual grades from group assessments. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 21(3), 267-280.
- MARCÉN, C. (1989). *La educación ambiental en la escuela*, Zaragoza, ICE de la Universidad de Zaragoza.
- McCONNELL, D. (2000). *Implementing Computer Supported Cooperative Learning*, Londres, Kogan Page.
- MILLIS, B. y COTTELL, P. G. (1998). *Cooperative learning for higher education faculty*, Phoenix, Oryx Press.
- OAKLEY, B., FELDER, R. M., BRENT, R. y ELHAJJ, I. (2004). Turning student group into effective teams. *Journal of Student-Centered Learning*, 2(1), 9-34.
- ORSMOND, P., MERRY, S. y REILING, K. (1996). The importance of marking criteria in the use of peer assessment. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 21(3), 239-250.
- OVEJERO, A. (1990). *El aprendizaje cooperativo: Una alternativa eficaz a la enseñanza tradicional*, Barcelona, Promociones y Publicaciones Universitarias, S.A.
- QIN, Z., JOHNSON, D. W. y JOHNSON, R. T. (1995). Cooperative versus competitive efforts and problem solving. *Review of Educational Research*, 65(2), 129-143.
- RODRÍGUEZ, T. (Coord). *La evaluación en el aula*, Oviedo, Ediciones Nobel.
- SANMARTÍ, N. y JORBA, J. (1995). Autorregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos. *Alambique*, 4, 59-77.
- STEFANI, L. A. J. (1992). Comparison of collaborative, self, peer and tutor assessment in a biochemistry practical. *Biochemical Education*, 20, 148-151.

- TOPPING, K. (1998). Peer assessment between students in College and Universities. *Review of Educational Research*, 68(3), 249-276.
- WATSON, S. B. (1992). The essential elements of cooperative learning. *The American Biology Teacher*, 54(2), 84-86.

Anexo. Ficha de autoevaluación de grupo.

	Grupo:	Tema del trabajo:	Fecha:
	<p>AUTOEVALUACIÓN DEL GRUPO. CONFIDENCIAL</p> <p>Esta evaluación tiene que ser completada en privado. Los votos y las calificaciones no se comunicarán al alumnado, aunque se comentarán de manera genérica en clase. Los estudiantes que no realicen la evaluación recibirán una penalización académica por el propio sistema de evaluación.</p>	<p>Consideraciones importantes: Calificaciones y votos triviales, como calificar a todos los miembros del grupo con <i>Excelente</i> (con independencia del trabajo realizado) o conflatulaciones o pactos entre los miembros del grupo, pueden comportar una penalización en la nota individual, con la posibilidad de tener que repetir esta evaluación. Es necesario, por tanto, indicar los comentarios correspondientes para justificar las calificaciones otorgadas.</p>	
	<p>Calificaciones posibles (ordenadas de la más positiva a la más negativa):</p> <p>Excelente: Contribución muy destacada y constante en el trabajo de equipo, con un rendimiento sobresaliente.</p> <p>Muy bien: Contribución y esfuerzo destacados, con un rendimiento notable.</p> <p>Bien: Ha cumplido los acuerdos tomados por el equipo y ha contribuido favorablemente.</p> <p>Pasable: Ha contribuido con algún material/información de interés, pero con una dedicación irregular.</p> <p>Suficiente: Contribución aceptable, pero con algunas deficiencias en el esfuerzo, la calidad o el trabajo en equipo.</p> <p>Regular: Cumplió menos de la mitad de los acuerdos del grupo y no todos los ha realizado favorablemente.</p> <p>Insuficiente: Algunos intentos de cooperación pero con una contribución baja al trabajo en grupo.</p> <p>Muy Deficiente: Poca asistencia y/o participación con unos resultados muy pobres.</p> <p>No mostrado: No jugó un papel efectivo en el trabajo en equipo y/o asistencia y compromisos virtualmente inexistentes.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">Firma:</div>		
	Nombre del estudiante (el tuyo, el primero)	Calificación	Comentarios del rendimiento y/o justificación de la calificación
1	(tu nombre)		
2			
3			
4			
5			

SUMMARY

Cooperative learning is a means to help students to learn more effectively but it does not lead to assessment of individual students in groups by default. The use of peer assessment as a way of accounting for individual performance on cooperative projects in Science education is discussed and a method of deriving individual performance marks from the group effort is proposed. This method consists on team members confidentially rating how well they and each of their teammates fulfilled their responsibilities (citizenship team). The ratings are then converted to individual weighting factors, and individual project grades are computed as the product of the team project grade and the weighting factor. An application of this method in a cooperative environmental activity is included.

Keywords: *Cooperative Learning, Peer Assessment, Self-Assessment, Cooperative Assessment, Individual Accountability, Environmental Education.*

Evaluación de entornos para el aprendizaje cooperativo telemático: Synergeia

GREGORIO JIMÉNEZ VALVERDE
ANNA LLITJÓS VIZA
MANEL PUIGSERVER OLIVÁN
Universidad de Barcelona, España

Introducción

La presencia de la informática no es una novedad en el proceso de aprendizaje, aunque hasta finales de la década de los ochenta, los recursos didácticos informáticos existentes se centraban en individualizar el proceso educativo (Jiménez y Llitjós, 2005). El aprendizaje cooperativo asistido por ordenador (CSCL) surge en la década de los noventa como respuesta a este *software* que obliga a los estudiantes a aprender como individuos aislados. En el CSCL confluyen el concepto clásico del aprendizaje cooperativo y las Tecnologías de la Información y la Comunicación (Dillenbourg *et al.*, 1996): debido a su dimensión comunicativa, Internet está siendo ampliamente usado para potenciar el aprendizaje cooperativo (Giordan, 2004), ya que permite superar las barreras espaciales y temporales y pone al alcance del alumnado una gran cantidad de recursos y de facilidades que permiten superar dichas barreras.

El CSCL es un campo educativo, dentro de la instrucción centrada en el estudiante, que estudia cómo las personas pueden aprender juntas con la ayuda de la informática (Stahl, Koschmann y Suthers, 2006) y que, utilizado adecuadamente, ofrece determinadas ventajas pedagógicas (Kaye, 1992; McConnell, 1994). La introducción de la cooperación y de la comunicación mediada por ordenador (CMC) y la educación a distancia han alterado el concepto clásico de educación, hasta tal punto que algunos autores ya hablan de un nuevo paradigma educativo (Hiltz, 1998; Gros, 2002; Lipponen, 2002; Rovai, 2004). En este nuevo modelo educativo, el conocimiento ya no es simplemente una "acumulación de respuestas del *Trivial Pursuit*" ni se ve al estudiante como un vaso vacío al que el docente tenga que llenar con una especie de "zumo de naranja intelectual" (Whipple, 1987); al contrario, los estudiantes son ahora co-constructores de su propio conocimiento más que consumidores del mismo (Bruffee, 1993). El papel de profesorado también cambia y pasa a ser el guía del estudiante en el proceso que éste ha de llevar a cabo para construir su conocimiento, en vez de el de ser el experto que transmite sus conocimientos (Cohen, 1994; Grasha, 1994; McFadzean y McKenzie, 2001). En ambientes telemáticos, el docente ha de realizar nuevas funciones (Barrer, 2002; Kemery, 2000) y ha de promover la cooperación *on-line* (Hathorn e Ingram, 2002).

La fase de diseño de un entorno CSCL es crítica (Lowyck y Pöysä, 2001) ya que el aprendizaje cooperativo a través de Internet tiene unas características específicas que lo diferencian de los escenarios educativos tradicionales (Hron y Friedruich, 2003). Un buen diseño de un entorno CSCL ha de ofrecer, por ejemplo, soporte para la coordinación, la comunicación, la negociación y la interactividad entre los

miembros de un grupo (Zurita y Nussbaum, 2004). Entre los entornos CSCL encontramos los siguientes: CALM (Olguin *et al.*, 2000), CAROUSEL (Hübscher-Younger y Narayanan, 2003), EVA (Sheremetov y Guzmán, 2002), FirstClass (Persico y Manca, 2000), Fle3 (Muukkonen, Hakkarainen y Lakkala, 2004), ELON-Systems (Kirschner, 2001), GRACILE (Ayala y Yano, 1998), MOLE (Whittington, 1996); POLARIS (Ronteltap y Eurelings, 2002), SpaceALIVE! (Looi y Ang, 2000), TOP (Guerrero, Portugal y Fuller, 1999) y Synergeia.

Synergeia es un entorno CSCL basado en la plataforma BSCW (*Basic Support for Cooperative Work*). Ambos son “espacios compartidos de trabajo”, es decir, áreas virtuales en donde los miembros de un grupo cooperativo pueden compartir información y documentos, gestionar datos y estar informados del trabajo de los otros miembros del grupo, dentro de un proyecto determinado mediante un ambiente integrado de comunicación fundamentalmente asincrónica (es decir, en tiempo diferido), lo que permite el acceso e intercambio de documentos o información en cualquier momento y lugar, y todos los miembros del grupo reciben información sobre el proceso global.

Synergeia es, de hecho, una optimización del BSCW para el mundo educativo, ya que incorpora facilidades para la construcción del conocimiento (a través de sus foros y la necesaria categorización de los mensajes que allí se cuelgan), para la negociación (aspecto fundamental en el aprendizaje cooperativo), además de ofrecer una simplificación de funciones, una interfaz más agradable para los usuarios y nuevas posibilidades para la comunicación sincrónica: la “pizarra cooperativa” y el servicio de mensajería instantánea. Una descripción más detallada de este entorno puede encontrarse en la bibliografía (Jiménez y Llitjós, 2006a) y en los tutoriales www.synergeia.info.

En cuanto a la evaluación del uso de estos entornos telemáticos como recursos didácticos, la primera idea que suele surgir a la hora de evaluar una innovación didáctica es la de comparar la instrucción tradicional con la instrucción modificada por esta innovación didáctica y, mediante un estudio controlado, averiguar la aportación de la innovación a la mejora del proceso educativo. Según Batson (1992), sin embargo, con el CSCL no podemos aplicar este tipo de metodología ya que la implantación de las técnicas CSCL producen notables cambios en el proceso educativo. Comparar la instrucción tradicional con el CSCL implica intentar relacionar docenas de variables, cada una de estas puede implicar cambios significativos en el proceso docente y muchas de las cuales no tienen equivalencia en las clases tradicionales. Es como comparar manzanas y naranjas. Los efectos educativos de una y otra práctica pueden ser muy diferentes, ya que, además de los logros académicos, se pueden desarrollar otras habilidades, como la resolución de problemas, la capacidad de negociación o la de alcanzar acuerdos y es posible mejorar las relaciones interpersonales entre los estudiantes.

Varios autores han propuesto diferentes métodos para la evaluación del CSCL (Campos, 2004; Collazos *et al.*, 2004; Ingram y Hathorn, 2004; Li, 2001-2002; Macdonald, 2003; Mason, 1992; Salomon, 1992; Treleaven, 2004). El presente estudio tiene como objetivo realizar una evaluación del uso de Synergeia, como plataforma para la cooperación telemática, mediante el análisis de las respuestas a una encuesta pasada a nuestro alumnado y su comparación con las respuestas obtenidas por estudiantes extranjeros que también usaron Synergeia, dentro del proyecto ITCOLE (*Innovative Technology for Collaborative Learning and Knowledge Building*, www.euro-cscl.org/site/itcole).

Descripción de las muestras

Nuestro alumnado está matriculado en el Ciclo Formativo de Grado Superior de Química Ambiental, en el IES Mercè Rodoreda (*IES MR*, en adelante), de L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona). Algunas de las características de ese alumnado se encuentran recogidas en la tabla 1.

TABLE 1
Características de la muestra objeto del estudio y de las muestras de estudiantes griegos y holandeses con las que se compara

	IES MR	GRECIA	HOLANDA
Tamaño de la muestra	30	142	53
Rango de edades	18-38	14-16	14-16
Proporción hombres	47%	45%	57%
¿Igualdad hombres y mujeres? ¹	Sí (p = 0,855)	Sí (p = 0,275)	Sí (p = 0,410)

¹ = El contraste estadístico utilizado fue un test binomial, en el que una $p > 0,05$ indica que la distribución hombres/mujeres observada no es significativamente diferente de la distribución supuesta (50% de cada sexo).

Como puede apreciarse en la tabla anterior, nuestro alumnado está homogéneamente repartido entre hombres y mujeres, con un rango de edad de 18 a 38 años (la mediana de edad es de 22,5). El 26,7% de los estudiantes tienen conexión a Internet en sus domicilios particulares y, en lo referente a los conocimientos previos de informática, podemos encontrar tres niveles: un 10% del alumnado con un nivel elevado de informática, un 80% con un nivel medio y un 10% con unos conocimientos muy bajos o nulos de informática. En cuanto al nivel de conocimientos de química de estos estudiantes, menos relevantes para este estudio, puede consultarse en (Jiménez, Llobera y Llitjós, 2006).

Synergeia fue utilizado, por nuestros estudiantes, durante el curso 2003-04 como soporte informático para la producción cooperativa de material hipermedia sobre determinados aspectos de iones en agua (Jiménez y Llitjós, 2006b), dentro de un proyecto de optimización metodológica de entornos telemáticos cooperativos como recursos didácticos de la química. Al acabar el curso, respondieron a una encuesta sobre el Synergeia. Esta encuesta es la misma que respondieron los estudiantes griegos, italianos y holandeses del proyecto ITCOLE y que se puede encontrar en el apéndice 9 del informe de dicho proyecto (ITCOLE, 2003).

En cuanto a los estudiantes extranjeros participantes en el proyecto ITCOLE, cabe decir que la edad de los estudiantes estaba comprendida en el rango 4-16 años, muy diferente del rango 18-38 años de nuestros estudiantes (tabla 1). Para comparar mejor los resultados de nuestros estudiantes con los estudiantes extranjeros, y siguiendo las recomendaciones de Siegel (1976), se redujo la muestra extranjera y sólo se consideraron los estudiantes más mayores del estudio ITCOLE, en concreto aquellos de entre 14 y 16 años, con el objeto de conseguir una submuestra más semejante a la nuestra y, por tanto, más comparable. Al descartar los estudiantes menores de 14 años, quedaron fuera todos los estudiantes italianos, ya que los estudiantes de mayor edad de ese país tenían sólo 13 años. Algunas de las características de los estudiantes griegos y holandeses pertenecientes a la submuestra seleccionada se detallan en la tabla 1.

En cuanto a los proyectos llevados a cabo con Synergeia por los estudiantes griegos y holandeses, hay que decir que fueron heterogéneos ya que, en cada país, se llevaron a cabo diferentes experiencias en distintos centros escolares. Una descripción detallada de cada uno de los proyectos griegos y holandeses puede encontrarse en la fase 3 del proyecto ITCOLE (ITCOLE, 2003).

Material y métodos

La encuesta completada por nuestro alumnado, y por los estudiantes del proyecto ITCOLE, se puede encontrar en el apéndice 9 del informe de dicho proyecto (ITCOLE, 2003). Las respuestas que se compararon fueron aquellas para las cuales se dispuso de las pertinentes respuestas de los estudiantes extranjeros, en concreto:

- Un cuestionario Likert de 17 preguntas. Al ser ordinal esta escala (Likert, 1932), las pruebas estadísticas más apropiadas son las pruebas no paramétricas (Siegel, 1976). Por tanto, se ha utilizado la mediana, como estadístico de tendencia central, y el rango intercuartílico (expresado como Q3-Q1), como estadístico de dispersión. Para ensayar si dos muestras independientes (o pseudo-independientes) han sido tomadas de la misma población, es decir, si sus medianas no son significativamente diferentes, se ha realizado la prueba de U de Mann-Whitney. Para realizar el mismo ensayo con más de dos muestras, se ha empleado la prueba de Kruskal-Wallis. Si ha sido necesario realizar alguna prueba U de Mann-Whitney *post-hoc*, ésta se ha realizado con la corrección de Chandler (1995). Para medir el grado de asociación entre dos series de datos, se ha calculado el coeficiente de correlación de Spearman, r_s (García *et al.*, 2001; Gil, 2000; Miller y Miller, 2002; Siegel, 1976). Para todas estas pruebas, se ha considerado un nivel de significación de $p < 0,05$. El tratamiento estadístico se ha realizado utilizando el paquete de programas estadísticos SPSS (versión 11.0).
- Dos preguntas de respuesta abierta. En este caso, para comparar los resultados de las tres muestras, se siguió el mismo sistema de categorización del proyecto ITCOLE.

Resultados

Primera parte: Cuestionario Likert

Este cuestionario consistía en la valoración de 17 ítems agrupados en 6 categorías o actitudes (tabla 2), de acuerdo con un análisis factorial llevado a cabo durante el proyecto ITCOLE (ITCOLE, 2003). Se empleó una escala Likert (1=totalmente en desacuerdo; 5=totalmente de acuerdo), sobre diferentes aspectos de Synergeia y de la actividad llevada a cabo.

TABLA 2

Encuesta Likert: resultados de nuestros estudiantes ("IES MR") y de los estudiantes de secundaria (14-16 años) de Grecia y Holanda. Los valores indican la mediana y el rango intercuartílico de los resultados

	IES MR (N=30)	Grecia (N=142)	Holanda (N=53)
ASPECTOS ORGANIZATIVOS			
1. Hubiera preferido utilizar más tiempo para trabajar con Synergeia	4,0 5,0-3,0	4,0 5,0-3,0	2,0 3,0-1,0
2. Deberíamos haber tenido más ordenadores para trabajar con Synergeia	3,5 5,0-3,0	3,0 5,0-2,0	2,0 3,0-1,0
PERCEPCIÓN SOCIAL/DEL GRUPO (SOCIAL/WORKSPACE AWARENESS)			
3. Era fácil ver lo que los otros estudiantes estaban haciendo en Synergeia	4,0 5,0-4,0	4,0 5,0-3,0	1,0 3,0-1,0
COOPERACIÓN			
15. Fue fácil cooperar con otros estudiantes a través de Synergeia	4,0 4,0-3,0	4,0 5,0-3,0	2,0 3,0-1,0
16. El profesor nos animaba a cooperar	4,5 5,0-4,0	5,0 5,0-4,0	4,0 5,0-3,0
17. Me hubiera gustado cooperar más con otros estudiantes durante el proyecto	3,0 4,0-2,0	3,0 4,0-2,0	3,0 4,0-2,0
MANEJO Y AYUDA			
4. Era fácil utilizar el sistema Synergeia	3,0 4,00-2,75	3,0 4,25-2,00	2,0 3,0-1,0
12. Recibí una orientación suficiente por parte del profesor durante el proyecto	4,0 5,0-4,0	5,0 5,0-4,0	4,0 5,0-3,0
14. Recibimos suficientes indicaciones sobre cómo estudiar y trabajar en el sistema Synergeia.	4,0 5,0-4,0	4,0 5,0-3,0	3,0 4,0-2,0
5. Estaba casi perdido entre el conocimiento en el sistema Synergeia	2,5 3,00-1,75	2,0 3,0-1,0	3,0 3,5-1,5
13. No supe qué hacer en el sistema Synergeia	2,0 3,0-1,0	2,0 3,0-1,0	4,0 5,0-3,0
EXTERIORIZACIÓN DE IDEAS PARA SU COMPRESIÓN			
6. He explicado mis ideas a otros estudiantes utilizando Synergeia	3,5 4,0-2,0	4,0 4,0-2,0	1,0 3,0-1,0
7. Me vino bien, para un mejor entendimiento, ver las ideas o notas que yo había creado en Synergeia	2,0 3,0-1,0	4,0 5,0-4,0	1,0 2,0-1,0
8. Fue útil para mí poder leer las notas e ideas de otros compañeros en Synergeia	4,0 4,25-2,75	4,0 5,0-3,0	2,0 3,0-1,0
9. Fue fácil encontrar nuevas conexiones entre ideas mientras utilizaba Synergeia.	3,0 4,00-2,75	4,0 5,0-3,0	2,0 3,0-1,0
ESTRUCTURACIÓN DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN			
10. Mientras utilizaba Synergeia, entendí cómo funciona el proceso de investigación	4,0 4,0-3,0	4,0 5,0-3,0	1,0 3,0-1,0
11. Fue fácil estructurar el proceso de investigación en Synergeia	4,0 5,0-3,0	4,0 4,0-3,0	2,0 3,0-1,0

En primer lugar, realizaremos una discusión de los datos obtenidos por nuestros estudiantes y, a continuación, una comparación con los resultados obtenidos por los estudiantes extranjeros. Del análisis de los datos de nuestros estudiantes observamos que, en cuanto al sexo, no existen diferencias significativas en ninguno de los 17 aspectos ($p > 0,05$), salvo para el ítem número 17, donde los chicos manifiestan que les hubiera gustado cooperar más con otros estudiantes que las chicas ($p = 0,008$). Respecto a la variable edad, agrupada ésta en cuartiles (de 18 a 19, de 21 a 22, de 23 a 26 y de 27 a 38 años) y, al realizar los correspondientes contrastes de Kruskal-Wallis, sólo se encuentran diferencias significativas ($p < 0,05$) en las preguntas 12, 13, 14 y 17 (tabla 3). Estas diferencias se comentarán posteriormente en sus correspondientes categorías: "manejo y ayuda" (preguntas 12, 13 y 14) y "cooperación" (pregunta 17).

TABLA 3

Resultados de las preguntas Likert 12, 13, 14 y 17 según los cuatro grupos de edad (mediana y rango intercuartílico) y los valores de los correspondientes contrastes de Kruskal-Wallis para cada pregunta

	CUARTIL 1 18-19 AÑOS (N=10)	CUARTIL 2 21-22 AÑOS (N=5)	CUARTIL 3 23-26 AÑOS (N=8)	CUARTIL 4 27-38 AÑOS (N=7)	CONTRASTE DE KRUSKAL-WALLIS
P12	4,0 5,0-4,0	3,0 4,0-2,5	5,0 5,0-4,0	4,0 5,0-2,0	$\chi^2=8,089$ $p=0,044$ - g.l.=3
P13	1,0 2,0-1,0	3,0 3,5-2,0	1,0 2,0-1,0	3,0 3,0-1,0	$\chi^2=9,200$ $p=0,027$ - g.l.=3
P14	4,5 5,0-4,0	3,0 4,0-2,0	5,0 5,0-4,0	4,0 5,0-2,0	$\chi^2=10,187$ $p=0,017$ - g.l.=3
P17	3,0 3,5-1,0	2,0 3,5-2,0	3,0 3,75-1,25	5,0 5,0-4,0	$\chi^2=10,991$ $p=0,012$ - g.l.=3

Por lo que respecta a la variable de tener o no conexión a Internet en casa, en ninguno de los 17 ítems se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$), lo que indica que el no tener conexión a Internet en casa no es ninguna desventaja en este caso. En cuanto al nivel previo de conocimientos de informática, el contraste de Kruskal-Wallis (tabla 4) indica que esta variable provoca diferencias significativas sólo en el ítem 5 ("estaba casi perdido entre el conocimiento de Synergeia"). Pruebas U de Mann-Whitney *post-hoc*, aplicando la corrección de Chandler (1995), no revelan ninguna diferencia significativa ($p < 0,033$) entre ninguno de los tres grupos (tabla 5), si bien las medianas reflejan una tendencia desigual entre el grupo de nivel bajo (mediana=3,0) y el de nivel alto (mediana=1,0); es decir, los estudiantes con un nivel alto de informática fueron los que manifestaron sentirse menos perdidos entre el conocimiento en el entorno Synergeia.

TABLA 4

Resultados de la pregunta Likert 5 según los tres niveles de informática (mediana y rango intercuartílico) y contraste de Kruskal-Wallis para dicha pregunta

	GRUPO NIVEL BAJO (N=3)	GRUPO NIVEL MEDIO (N=24)	GRUPO NIVEL ALTO (N=3)	CONTRASTE KRUSKAL-WALLIS
P5	3,0 4,0-3,0	2,5 3,0-2,0	1,0 2,0-1,0	$\chi^2=6,122$ $p=0,047$ - g.l.=2

TABLA 5
Pruebas U Mann-Whitney *post-hoc* para la pregunta 5, en función del nivel de informática

Pruebas U Mann-Whitney <i>post-hoc</i>	U	p
Nivel bajo – Nivel medio	16,500	p=0,114 (dif. no significativa)
Nivel bajo – Nivel alto	0,000	p=0,043 (dif. no significativa)
Nivel medio – Nivel alto	13,500	p=0,070 (dif. no significativa)

Una vez comprobadas las diferencias existentes en función de las variables sexo, Internet en casa y nivel de informática, los datos globales de nuestros estudiantes revelan que, salvo los ítems 5 y 13, que están redactados en forma negativa, sólo el ítem 7 recibió una mediana menor de 3. Es decir, que a los estudiantes no les fue particularmente útil el leer las notas que ellos mismos habían creado en Synergeia, aunque sí las que habían creado otros compañeros (ítem 8, mediana=4,0). Nuestros estudiantes han explicado sus ideas a otros estudiantes utilizando Synergeia (ítem 6, mediana=3,5) y no les ha resultado difícil encontrar nuevas conexiones entre ideas en dicho entorno (ítem 9). También les ha resultado fácil ver lo que los otros estudiantes estaban haciendo en Synergeia (ítem 3, mediana=4,0), aspecto de vital importancia cuando se trabaja en un espacio compartido de trabajo y se está creando de manera cooperativa un único documento (un proyecto web en nuestro caso). El entendimiento actualizado de la interacción de otra persona con el entorno, es decir, la visión o conocimiento de lo que están realizando los restantes miembros del grupo cooperativo (*social/workspace awareness*) ha sido señalado por algunos autores como un aspecto "crítico" en el proceso de construcción de la cognición en un grupo cuyos miembros cooperan de manera remota, y el entorno telemático que se use ha de poder facilitar a los miembros del grupo esta percepción de qué está pasando en el espacio compartido del grupo (Gutwin y Greenberg, 2004, 2005). Synergeia ofrece diferentes prestaciones para favorecer la percepción del grupo, como el "sistema de eventos" o cambiar a negrita o a color rojo el nombre de los usuarios que en ese momento están conectados o en una sesión de "pizarra cooperativa", respectivamente (Jiménez y Lliñós, 2006a, 2006b).

En cuanto a la estructuración del proceso de investigación (ítems 10 y 11), se obtienen medianas elevadas y bajas dispersiones en los dos aspectos de esta categoría. Estos datos sugieren que para nuestro alumnado fue, por tanto, fácil estructurar el proceso de investigación en Synergeia y que entendieron mejor cómo funciona el proceso de investigación mientras usaban este entorno.

La categoría relacionada con la cooperación también ha recibido unas medianas elevadas. De hecho, es el ítem 16, "el profesor nos animaba a cooperar", el que obtuvo la mediana más elevada de todas (mediana=4,5). Nuestro alumnado también consideró que fue fácil cooperar con otros estudiantes a través de Synergeia (ítem 15, mediana=4,0), lo cual no deja de ser un dato bastante importante, puesto que Synergeia es una plataforma pensada para la cooperación telemática y esta respuesta del alumnado respalda esa idea y también la de la facilidad para la cooperación que ofrece Synergeia, como ya se comprobó a través de las respuestas de la segunda pregunta de la primera parte del cuestionario. Es significativo igualmente que estos dos ítems, el 15 y el 16, obtuvieran una dispersión menor (con rangos intercuartílicos de 4,0-3,0 y 5,0-4,0, respectivamente). Dentro del aspecto de cooperación, el ítem 17 presenta una dispersión mayor que los otros dos aspectos. Como se comentó anteriormente, este ítem presenta

diferencias significativas respecto de la edad (tabla 3): fueron los estudiantes mayores los que mostraron una propensión mucho mayor (mediana=5,0) a cooperar con otros estudiantes y lo hicieron con un alto grado de acuerdo (rango intercuartílico 5,0-4,0). En cambio, es el alumnado de 21 y 22 años el que ha mostrado una menor predisposición a la cooperación con otros estudiantes (mediana=2,0).

En cuanto a los aspectos organizativos, nuestros estudiantes hubieran preferido utilizar más tiempo para trabajar con Synergeia y creen que deberían haber tenido más ordenadores para llevar a cabo el trabajo (ítems 1 y 2).

En lo que respecta al manejo y ayuda, cabe decir que de los 5 ítems que se incluyen en este aspecto, encontramos dos pares de ítems con una redacción similar: los ítems 12 y 14, por una parte, y los ítems 5 y 13, por otra. La prueba de la U de Mann Whitney indica que las medianas de los ítems 12 y 14 no son significativamente diferentes ($U=426$, $p>0,05$), así como las de los ítems 5 y 13 ($U=331$, $p>0,05$). Además, las respuestas guardan una fuerte coherencia interna, ya que las respuestas de los estudiantes para estas dos parejas de ítems están correlacionadas: existe una correlación significativa entre las respuestas dadas para las preguntas 12 y 14 ($r_s=0,598$; $p<0,01$; g.l.=28) y para las preguntas 5 y 13 ($r_s=0,23$; $p<0,01$; g.l.=28). Incluso encontramos una correlación estadísticamente significativa entre las respuestas a los ítems 4 y 5 ($r_s=-0,664$; $p<0,01$; g.l.=28) y a los ítems 4 y 13 ($r_s=-0,548$; $p<0,01$; g.l.=28). En estos dos últimos casos, las correlaciones son negativas, ya que los ítems 5 y 13 están formulados en negativo, siendo, de hecho redacciones prácticamente opuestas a la del ítem 4. En cuanto a las medianas obtenidas, éstas indican que los estudiantes recibieron una suficiente orientación y ayuda por parte del profesor (en la primera pregunta de la segunda parte especifican el tipo de ayuda que recibieron por parte del docente) y, aunque los estudiantes se manifestaron de manera neutra acerca de la facilidad del sistema Synergeia (ítem 4, mediana=3,0), no estuvieron de acuerdo con "no supe qué hacer en el sistema Synergeia" (ítem 13, mediana=2,0), especialmente los estudiantes pertenecientes a los grupos de edad 1 y 3 (18-19 y 23-26 años, respectivamente), para los cuales la mediana obtenida fue de 1,0, es decir, se manifestaron en total desacuerdo con dicha afirmación (tabla 3).

Al comparar los datos de nuestros estudiantes con los datos de los estudiantes holandeses y griegos, se aprecia a simple vista una gran similitud entre nuestros estudiantes y los griegos. En efecto, existe una correlación estadísticamente significativa ($r_s=0,737$; $p<0,01$, g.l.=15) entre los resultados obtenidos por nuestros estudiantes y los griegos; en cambio, los resultados obtenidos por los estudiantes holandeses no están correlacionados significativamente con los resultados de ninguno de los otros dos países ($p>>0,05$). Las pruebas de Kruskal-Wallis para los 17 ítems, indican que las medianas de los tres países son sólo significativamente iguales en los ítems 5 y 17 ($p>0,05$), dato no sorprendente teniendo en cuenta los resultados de las correlaciones anteriormente mencionadas. Al diferenciar los datos de la prueba de Kruskal-Wallis por sexos, no se aprecia ninguna diferencia para el sexo masculino respecto los datos globales. En cambio, para el sexo femenino, las respuestas del ítem 12 no serían significativamente diferentes para los tres países, pero sí lo serían las respuestas de la afirmación 17. Esto significa que los chicos holandeses hubiesen querido cooperar más con otros estudiantes que las chicas holandesas, pero que éstas afirmaron recibir una mayor orientación por parte del docente. De todos modos, las diferencias encontradas en los ítems 1, 3, 6, 8, 10, 11, 13 y 15 apuntan a una especial dificultad de los estudiantes holandeses respecto al uso de Synergeia. Esta dificultad quedará nuevamente puesta de manifiesto en las preguntas de respuesta libre de la segunda parte.

Para poder comparar globalmente las categorías (o actitudes) entre ellas y entre los diferentes países, es necesario obtener un único valor para cada categoría y país, salvo en la categoría “percepción social/del grupo”, ya que contiene una única pregunta. Para ello se ha calculado la mediana de las medianas de las respuestas obtenidas para cada pregunta (aspecto) de cada categoría para cada país. Previamente, se ha invertido la puntuación obtenida en aquellas preguntas formuladas en negativo (García *et al.*, 2001). Los valores globales de las categorías se detallan en la tabla 6.

TABLA 6

Resultados globales para cada categoría y por país. Los valores indican la mediana y el *rango intercuartílico*. N indica el número de preguntas dentro de cada categoría

CATEGORÍA/ACTITUD	IES MR	GRECIA	HOLANDA
Aspectos organizativos (N=2)	3,75 3,00-2,63	3,50 3,00-2,25	2,0 1,5-1,5
Percepción social/del grupo (N=1)	4,0 5,0-4,0	4,0 5,0-3,0	1,0 3,0-1,0
Cooperación (N=3)	4,0 4,5-3,0	4,0 5,0-3,0	4,0 4,0-2,0
Manejo y ayuda (N=5)	4,0 4,00-3,25	4,0 4,5-3,5	3,0 3,5-2,0
Exteriorización de ideas (N=4)	3,25 3,88-2,25	4,0 4,0-4,0	1,5 2,0-1,0
Estructuración del proceso de investigación (N=2)	4,0 3,0-3,0	4,0 3,0-3,0	1,5 1,50-0,75
Mediana global (N=6)	4,0 4,00-3,63	4,0 4,00-3,88	1,75 3,25-1,38

Como puede apreciarse, prácticamente todas las categorías para nuestros estudiantes tienen una mediana de 4,0 o cercana a dicho valor, lo que indica una actitud positiva de nuestro alumnado hacia esas categorías, entre ellas, la de “cooperación”. Sólo en la categoría de “exteriorización de ideas” se obtuvo una mediana ligeramente inferior (3,25), pero todavía por encima de la neutralidad. Los estudiantes griegos generaron unos resultados similares a los nuestros en todas las categorías, aunque con una dispersión ligeramente inferior. Los estudiantes holandeses, sin embargo, sólo mostraron una actitud positiva hacia la categoría de “cooperación”, con una mediana que no difiere de la de los dos otros países ($\chi^2=1,810$; $p=0,405$, g.l.=2), lo cual no deja de tener cierta relevancia, ya que Synergeia está diseñado para facilitar la cooperación telemática y en los tres países los estudiantes han mostrado una actitud positiva hacia la cooperación con otros estudiantes utilizando Synergeia. Para el resto de categorías de los estudiantes holandeses se obtuvieron resultados menos positivos, llegando incluso a medianas de 1,0 en la categoría de “percepción social” y de 1,5 en las de “exteriorización de ideas” y en la “estructuración del proceso de investigación”. También es destacable el sentimiento negativo de los estudiantes holandeses hacia los aspectos organizativos.

Es posible calcular una última mediana a partir de las medianas de cada categoría (“mediana global”, tabla 6) para obtener un único dato global por país. En lo concerniente a las medianas globales, el contraste de Kruskal-Wallis indica que no existen diferencias significativas entre los valores de este parámetro de los tres países ($\chi^2=4,0000$, $p=0,153$, g.l.=2). Sin embargo, pruebas Mann-Whitney *post-hoc* con la corrección de Chandler (1995) indican que la mediana global de nuestros estudiantes y la de los estudiantes griegos no son significativamente diferentes ($U=15,000$, $p=0,528$) pero sí se encuentra una diferencia significativa entre la medianas estatal de nuestros estudiantes y la de los estudiantes holandeses

(U=4,000, p=0,020) y entre la de griegos y holandeses (U=3,500, p=0,013). Esta información concuerda con la obtenida con anterioridad sobre los coeficientes de correlación para las 17 preguntas y pone de manifiesto, una vez más, la similitud entre los datos griegos y los obtenidos por nuestros estudiantes y las diferencias entre los datos de los estudiantes holandeses y los de los otros dos países.

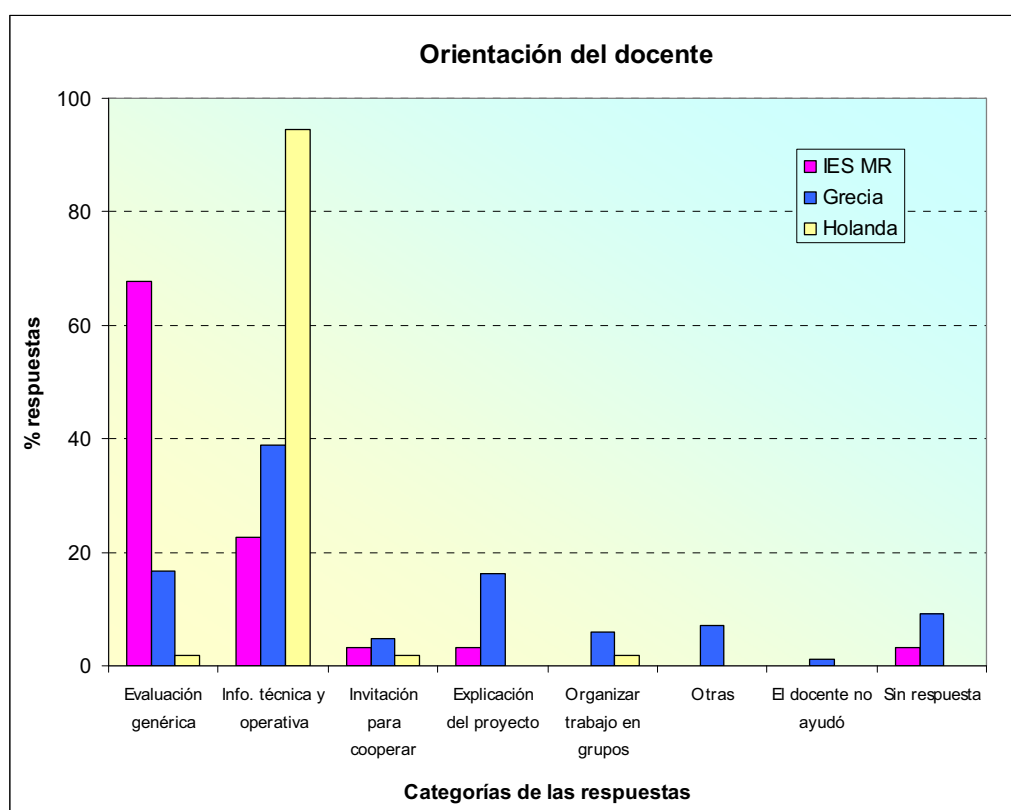
Segunda parte: preguntas abiertas

En la segunda parte, los estudiantes tuvieron que responder a dos preguntas abiertas. En ambos casos, las respuestas se han clasificado según las mismas categorías ya establecidas en el proyecto ITCOLE, para poder compararlas con las respuestas de los estudiantes de los otros países del proyecto.

En la primera pregunta, se les pidió a los estudiantes que describieran cómo les ayudó el profesor y qué orientación les brindó durante la experiencia. Se analizaron las respuestas de los estudiantes y se clasificaron en las categorías ya establecidas en el proyecto ITCOLE (figura 1).

FIGURA 1

Respuestas a la pregunta “¿Cómo te guió el profesor durante el proceso de investigación (realización del trabajo en el entorno Synergeia)?”. Resultados de nuestros estudiantes (N=30), estudiantes griegos (N=185) y holandeses (N=55)



La ayuda y orientación ofrecida por el profesor a nuestros estudiantes básicamente consistió en ayuda codificada como ayuda genérica (66,7%), por ejemplo: “bastante bien, a veces influía el hecho de ser muchos en clase pero cuando hacía falta teníamos buena orientación”, “nos guió correctamente y nos ayudó sobretodo al principio” o “las explicaciones del profesor han sido buenas, como también lo ha sido poder trabajar en clase con su presencia, para poder resolver dudas”. En cambio, en los otros dos países la

categoría mayoritaria de respuestas fue para la información técnica y operativa, llegando a ser ese tipo de ayuda casi unánime para los estudiantes holandeses (94,5%). Para nuestros estudiantes, ésta fue la segunda categoría en número de respuestas (22,6%), con ejemplos como: "me guió adecuadamente en todo momento, me guió en los tutoriales y me respondió a la nota del foro", "bien, porque nos indicó con unas clases teóricas la utilización del Synergeia y al trabajar en clase nos orientaba con cualquier duda que nos surgiera" o "explicó cómo funcionaba Synergeia. Todo hubiese sido más fácil si hubiera pasado un guión escrito con todas las opciones de cómo funcionaba Synergeia y los enlaces". En cualquier caso, destaca el bajo porcentaje de respuestas holandesas en la categoría de ayuda genérica (sólo un 1,8% frente al 66,7% de los estudiantes españoles) y que quizá explique el porqué de la dificultad que los estudiantes holandeses encontraron a la hora de usar el entorno Synergeia, comentado anteriormente en la encuesta Likert.

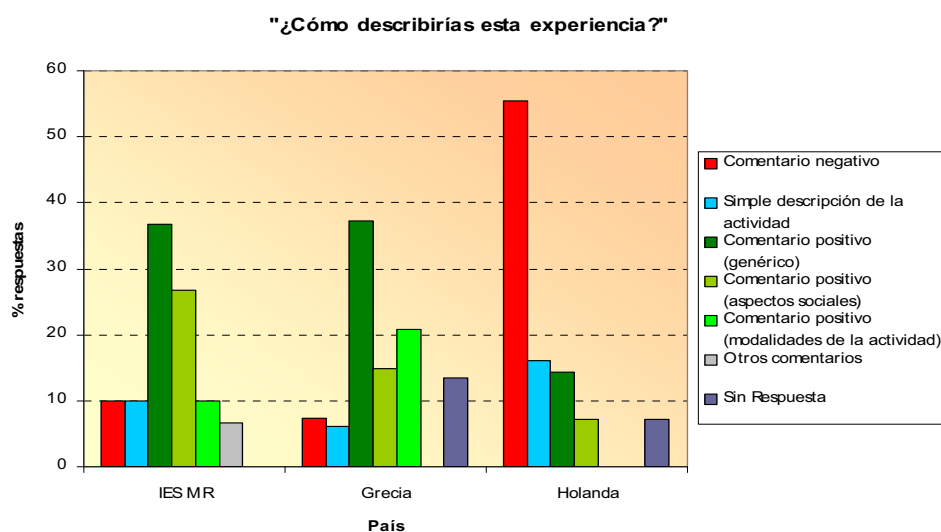
La ayuda codificada como "invitación para cooperar" no alcanzó el 10% en ningún país, como tampoco lo hizo la ayuda de "organizar el trabajo en grupos". En este último caso, así como en "el docente no ayudó", no se registró ninguna respuesta en nuestro alumnado ni en el holandés y sólo en un 1% de las respuestas griegas. Apenas un 3% de respuestas de nuestro alumnado (y el 0% del alumnado holandés) describía una ayuda codificada como "explicación del proyecto", frente a un 16,2% de las respuestas griegas. Este hecho, así como el hecho de que no se registrara ninguna respuesta de nuestros estudiantes para la organización del trabajo en grupos, puede ser explicado si tenemos en cuenta que todos los estudiantes españoles eran mayores de edad y además recibieron formación específica de cómo trabajar en grupo, en otra asignatura del ciclo formativo. En esas circunstancias, es comprensible que los estudiantes griegos y holandeses, más jóvenes, necesitaran más orientaciones y ayuda en esos aspectos.

El porcentaje del alumnado que no ofreció ninguna respuesta, así como aquel que describió una ayuda que no pertenece a ninguna de las categorías anteriores fue relativamente bajo en los tres casos y sólo destaca el 9,2% de las respuestas en blanco de los estudiantes griegos.

En la segunda pregunta abierta se les pidió a los estudiantes que dijese cómo describirían esta experiencia si tuvieran que explicársela a alguien. Las respuestas se codificaron y se clasificaron de acuerdo con las 5 categorías listadas en la figura 2.

FIGURA 2

Respuestas a la pregunta "Si tuvieras que explicar a alguien sobre esta experiencia, ¿cómo la describirías? Resultados de nuestros estudiantes (N=30); de los estudiantes griegos (N=148) y de los holandeses (N=56)



Sólo un 10% de nuestros estudiantes describiría esta experiencia con un comentario negativo (por ejemplo: "proyecto del que tienes que saber más de informática que del trabajo, que no tiene nada que ver y es muy complicado... si fuera más sencillo..."). Este porcentaje de comentarios negativos es similar a los registrados por los estudiantes griegos (7,4%). Como era de esperar, el caso holandés vuelve a mostrar nuevamente unos datos muy diferentes a los de los otros dos países, con un porcentaje de comentarios negativos que supera la mayoría de respuestas recibidas (55,4%), muy probablemente debido a la dificultad en el uso de Synergeia o a la poca ayuda genérica que recibieron.

Un 10% de nuestro alumnado se limita a realizar una mera descripción de la actividad (por ejemplo: "herramienta para empezar a utilizar herramientas telemáticas" o "hemos realizado una página web, igual que las que se encuentran en Internet"). Los datos griegos son ligeramente inferiores a los registrados por los estudiantes españoles (6,1%) y, por lo que respecta a los estudiantes holandeses, el número de comentarios en los que simplemente se describe la actividad vuelve a ser significativamente mayor que en cualquiera de los otros dos países.

En cuanto a los comentarios positivos, se han distribuido en 3 subcategorías: genéricos, relacionados con aspectos sociales y relacionados con modalidades de la actividad. Como ejemplos de los comentarios positivos genéricos de nuestros estudiantes, de los que se registraron un 36,7% de las respuestas, tenemos: "experiencia muy positiva y útil para trabajar con herramientas telemáticas y no excesivamente complicado aun teniendo pocos conocimientos de informática" o "experiencia didáctica, en equipos, virtual, de aprendizaje informático en creación de webs e innovadora. Se deberían hacer más trabajos así, se hace más ameno". Nuestros estudiantes se centraron más en los aspectos sociales (por ejemplo "experiencia positiva, posibilidad de añadir información de trabajos de compañeros" o "muy positiva, ya que te permite realizar un trabajo con otras personas sin estar presentes y es muy cómodo") que en los aspectos relacionados con modalidades de la actividad (por ejemplo: "he aprendido mucho al no tener nociones de informática" o "buena idea el uso de Internet, aprendes html"). Los comentarios positivos de nuestro alumnado totalizaron un total del 73,4% de los comentarios, que concuerda con los positivos comentarios recibidos por estos mismos estudiantes en otra encuesta, dentro de esta misma experiencia educativa (Jiménez y Llitjós, 2006b) y con los datos de los estudiantes griegos (73,0%). Holanda, como cabía esperar, es el país en donde se recoge un menor porcentaje de comentarios positivos, apenas superando el 20% (21,4%). En Grecia, al contrario de lo que sucede en los otros dos países, los comentarios positivos relacionados con las modalidades de la actividad fueron superiores a los relacionados con los aspectos sociales.

Conclusiones y valoración

Nuestros estudiantes han generado unas respuestas con una fuerte coherencia interna y con poca dispersión, ya que apenas se han encontrado diferencias significativas en función del sexo, del nivel previo de informática o de la edad. Tampoco se han encontrado diferencias significativas entre los estudiantes que disponían de conexión a Internet en sus domicilios familiares y los que sólo se podían conectar en el instituto. Este hecho, que pudiera parecer una desventaja para los que no tenían conexión en sus casas, no ha sido elemento diferenciador entre unos y otros estudiantes, probablemente debido al suficiente número de horas lectivas presenciales que se destinaron al proyecto, si bien es cierto que el alumnado hubiera preferido utilizar más tiempo para trabajar con Synergeia.

Por lo que respecta a los resultados de nuestros estudiantes en relación con los obtenidos por los estudiantes griegos y holandeses, se observa una similitud notable entre nuestros estudiantes y los griegos, que han valorado la plataforma en unos términos similares a nuestro alumnado. Y, además, en ambos casos la valoración global de la experiencia ha sido mayoritariamente positiva. Los estudiantes holandeses, al contrario, han valorado negativamente la experiencia. A la vista de los resultados generados, podemos ver que estos estudiantes no encontraron excesiva dificultad en el uso y manejo de la plataforma, ni tampoco recibieron una ayuda escasa por parte del profesorado, aunque el tipo de ayuda que mayoritariamente recibieron fue de tipo técnico y quizá cabría preguntarse si los docentes holandeses no debieran haber brindado una mayor ayuda genérica. Sin embargo, los estudiantes holandeses no han exteriorizado sus ideas para ser comprendidas por sus compañeros. Según Hendriks (1999), para que haya una construcción de conocimiento es necesario compartir el conocimiento entre los estudiantes y, de acuerdo con Dillenbourg (1999), compartir el conocimiento es un prerequisite para el aprendizaje cooperativo. Al no explicar sus propias ideas, los estudiantes holandeses no podían leer las de los demás, no sabían tampoco qué estaban haciendo sus compañeros y, por tanto, no les fue fácil encontrar nuevas conexiones entre ideas, con lo que no se construía conocimiento con facilidad y el proceso de investigación era difícil de estructurar, siendo dificultosa la cooperación entre estudiantes.

Por último, destacaríamos que la mediana global de la categoría "cooperación" ha sido de 4,0 en los tres países, lo que indica que, a pesar de las dificultades mostradas por los estudiantes holandeses y, con independencia de los problemas técnicos y organizativos, Synergeia ha sido considerado como un entorno que permite la cooperación telemática entre estudiantes.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer la ayuda prestada por Bruno Emans (Universidad de Amsterdam), por facilitarnos los datos brutos del proyecto ITCOLE (datos de los estudiantes griegos, holandeses e italianos).

Este artículo forma parte de un proyecto de optimización metodológica de entornos telemáticos cooperativos que recibió una ayuda del Departamento de Educación y Universidades de la Generalitat de Catalunya, en forma de licencia retribuida concedida a uno de los autores (G. Jiménez) (DOGC núm.: 4182 de 26.7.2004).

Bibliografía

- AYALA, G., y YANO, Y. (1998): "A collaborative learning environment based on intelligent agents", en *Computers & Education*, 14(1-2), pp. 129-137.
- BARKER, P. (2002): "On being an online tutor", en *Innovations in Education and Teaching International*, 39(1), pp. 3-12.
- BATSON, T. (1992): "Finding value in CSCL", en *SIGCUE Outlook*, 31(3), pp. 26-28.
- BRUFEE, K. A. (1993): *Collaborative Learning: Higher Education, Interdependence, and the Authority of Knowledge*. Baltimore, The John Hopkins University Press.

- CAMPOS, M. (2004): "A constructivist method for the analysis of networked cognitive communication and the assessment of collaborative learning and knowledge-building", en *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 8(2), pp. 1-29.
- CHANDLER, C. R. (1995): "Practical considerations in the use of simultaneous inference for multiple test", en *Animal Behaviour*, 49, pp. 524-527.
- COHEN, E. G. (1994): "Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups", en *Review of Educational Research*, 64(1), pp. 1-35.
- COLLAZOS, C. A.; GUERRERO, L. A.; PINO, J. A., y OCHOA, S. F. (2004): "A method for evaluating computer-supported collaborative learning processes", en *International Journal of Computer Application in Technology*, 19(3/4), pp. 151-161.
- CURITA, G., y NUSSBAUM, M. (2004): "Computer supported collaborative learning using wirelessly interconnected handheld computers", en *Computers & Education*, 42(3), pp. 289-314.
- DILLENBOURG, P. (1999): "What do you mean by collaborative learning?", en P. DILLENBOURG (ed.): *Collaborative learning: Cognitive and computational approaches*. Oxford, Pergamon, pp. 1-19.
- DILLENBOURG, P.; BAKER, M.; BLAYE, A., y O'MALLEY, C. (1996): "The evolution of research on collaborative learning", en P. REIMANN y H. SPADA (eds.): *Learning in Humans and machines: towards an interdisciplinary learning science*. Oxford, Pergamon, pp. 189-211.
- GARCÍA, J. L.; GONZÁLEZ, M. A., y BALLESTEROS, B. (2001): *Introducción a la investigación en Educación*. Madrid. Librería UNED.
- GIL, J. A. (2000): *Estadística e informática (SPSS) en la investigación descriptiva e inferencial*. Madrid, Librería UNED.
- GIORDAN, M. (2004): "Tutoring through the Internet: how students and teachers interact to construct meaning", en *International Journal of Science Education*, 26(15), pp. 1875-1894.
- GRASHA, A. F. (1994): "A matter of style: The teacher as expert, formal authority, personal model, facilitator, and delegator", en *College Teaching*, 42(4), pp. 142-149.
- GROS, B. (2002): "Knowledge construction and technology", en *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 11(4), pp. 623-343.
- GUERRERO, L. A.; PORTUGAL, R. C., y FULLER, D. A. (1999): "TOP: A platform for the development of web interfaces and collaborative applications", en *CLEI Electronic Journal*, 2(2) <<http://www.dcc.uchile.cl/~luguerre/papers/CLEI-EJ-99.pdf>> [consulta: noviembre 2006].
- GUTWIN, C., y GREENBERG, S. (2004): "The importance of awareness for team cognition in distributed collaboration", en E. SALAS y S. M. FIORE (eds.): *Team cognition: Understanding the factors that drive process and performance*, Washington, APA Press, pp. 177-201.
- (2005): *Supporting informal collaboration in shared-workspace groupware. HCI Technical Report 2005-01*. Saskatchewan, The Interactions Lab, University of Saskatchewan <<http://grouplab.cpsc.ucalgary.ca/papers/2005/05-CommunityWare-Gutwin/hci-tr-05-01.pdf>> [consulta: noviembre 2006].
- HATHORN, L. G., y INGRAM, A. L. (2002): "On-line collaboration: Making it work", en *Educational Technology*, 42(1), pp. 33-40.
- HENDRIKS, P. (1999): "Why share knowledge? The influence of ICT on the motivation for knowledge sharing", en *Knowledge and process management*, 6(2), pp. 91-100.
- HILTZ, S. R. (1998): "Collaborative learning in asynchronous learning networks: Building learning communities", en Proceedings of the WEB'98, Orlando. <http://web.njit.edu/~hiltz/collaborative_learning_in_async.htm> [consulta: noviembre 2006].
- HRON, A., y FRIEDRICH, H. F. (2003): "A review of web-based collaborative learning: factors beyond technology", en *Journal of Computer Assisted Learning*, 19(1), pp. 70-79.
- HÜBSCHER-YOUNGER, T., y NARAYANAN, N. H. (2003): "Authority and convergence in collaborative learning", en *Computers & Education*, 41(4), pp. 313-334.
- INGRAM, A. L., y HATHORN, L. G. (2004): "Methods for analyzing collaboration in online communications", en T. S. ROBERTS (ed): *Online collaborative learning: theory and practice*. Hershey, Idea Group Inc, pp. 215-241.
- ITCOLE (2003): *Final field test and evaluation report. Deliverable 7.5* <<http://bscl.fit.fraunhofer.de/en/evaluation.pdf>> [consulta: noviembre 2006].

- JIMÉNEZ, G., y LLITJÓS, A. (2005): "Recursos didácticos informáticos en la enseñanza de la química: Una perspectiva histórica", en *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 101(3), pp.47-53.
- (2006a): "Procesos comunicativos en entornos telemáticos cooperativos", en *Comunicar. Revista de Medios de Comunicación y Educación*, 27, pp. 149-154.
- (2006b): "Producción cooperativa de materiales hipermedia en espacios compartidos de trabajo: un caso de enseñanza de la Química", en *Revista Iberoamericana de Educación*, n.º 39/2, OEI <<http://www.rieoei.org/deloslectores/1547Valverde.pdf>>, [consulta: noviembre 2006].
- JIMÉNEZ, G.; LLOBERA, R., y LLITJÓS, A. (2006): "La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de apertura", en *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1); pp. 59-70.
- KAYE, A. (1992): "Learning together apart", en A. R. KAYE (ed.): *Collaborative learning through computer conferencing. The Najaden papers*. Berlín, Springer-Verlag, pp. 1-24.
- KEMERY, E. R. (2000): "Developing on-line collaboration", en A.AGGARWAL (ed.): *Web-based learning and teaching technologies: Opportunities and challenges*. Hershey, Idea Group Inc, pp. 227-245.
- KIRSCHNER, P. A. (2001): "Using integrated environments for collaborative teaching/learning", en *Research Dialogue in Learning and Instructions*, 2(1), pp. 1-9.
- LI, Q. (2001-2002): "Development of the collaborative learning measure in CMC", en *Journal of Educational Technology Systems*, 30(1), pp. 19-41.
- LIPPONEN, L. (2002): "Exploring foundations for computer-supported collaborative learning", en G. Stahl (d.): *Computer support for collaborative learning: Foundations for a CSCL community. Proceedings of the computer-supported collaborative learning 2002 conference*. Hillsdale, Erlbaum, pp. 72-81.
- LIKERT, R. (1932): "A technique for the measurement of attitudes", en *Archives of Psychology*, 140, pp. 1-55.
- LOOI, C. K., y ANG, D. (2000): "A multimedia-enhanced collaborative learning environment", en *Journal of Computer Assisted Learning*, 16(1), pp. 2-13.
- LOWYCK, J., y PÖYSÄ, J. (2001): "Design of collaborative learning environments", en *Computers in Human Behaviour*, 17(5-6), pp. 507-516.
- MACDONALD, J. (2003): "Assessing online collaborative learning: Process and product", en *Computers & Education*, 40(4), pp. 377-391.
- McCONNELL, D. (1994): *Implementing Computer Supported Cooperative Learning*. Londres, Kogan Page.
- McFADZEAN, E., y McKENZIE, J. (2001): "Facilitating virtual learning groups. A practical approach", en *Journal of Management Development*, 20(6), pp. 470-494.
- MASON, R. (1992): "Evaluation methodologies for computer conferencing applications", en A. R. KAYE (ed.): *Collaborative learning through computer conferencing. The Najaden papers*. Berlín, Springer-Verlag, pp. 105-116.
- MILLER, J. N., y MILLER, J. C. (2002): *Estadística y Quimiometría para Química Analítica*, 4.ª Ed. Madrid, Pearson Educación, S.A.
- MUUKKONEN, H.; HAKKARAINEN, K., y LAKKALA, M. (2004): "Computer-mediated progressive inquiry in Higher Education", en T. S. ROBERTS (ed.): *Online collaborative learning: theory and practice*. Hershey, Idea Group Inc, pp. 28-53.
- OLGUÍN, C. J. M.; DELGADO, A. L. N., y RICARTED, I. R. M. (2000): "An agent infrastructure to set collaborative environments", en *Educational Technology & Society*, 3(3) <http://ifets.ieee.org/periodical/vol_3_2000/a02.html> [consulta: noviembre 2006].
- PERSICO, D., y MANCA, S. (2000): "Use of FirstClass as a Collaborative Learning environment", en *Innovations in Education and Training International*, 37(1), pp. 34-41.
- RONTELTALP, F., y EURELINGS, A. (2002): "Activity and interaction of students in an electronic learning environment for problem-based learning", en *Distance Education*, 23(1), pp. 11-22.
- ROVAI, A. P. (2004): "A constructivist approach to online college learning", en *Internet and Higher Education*, 7(2), pp. 79-93.
- SALOMON, G. (1992): "What does the design of effective CSCL require and how do we study its effects?", en *SIGCUE Outlook*, 21(3), pp. 62-68.

- SHEREMETOV, L., y GUZMÁN, A. (2002): "EVA: An interactive web-based collaborative learning environment", en *Computers & Education*, 39(2), pp. 161-182.
- SIEGEL, S. (1976): *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*, 2.ª Ed. México, Editorial Trillas, S.A.
- STAHL, G.; KOSCHMANN, T., y SUTHERS, D. (2006): "Computer-supported collaborative learning: An historical perspective, en R. K. SAWYER (ed.): *Cambridge handbook of the learning sciences*. Cambridge, Cambridge University Press, pp. pp. 409-426.
- TRELEAVEN, L. (2004): "A new taxonomy for evaluation studies of online collaborative learning", en T. S. ROBERTS (ed.): *Online collaborative learning: theory and practice*. Hershey, Idea Group Inc, pp. 160-180.
- WHIPPLE, W. R. (1987): "Collaborative learning: Recognizing it when we see it", en *Bulletin of the American Association for Higher Education*, 40(2), pp. 3-7.
- WHITTINGTON, C. D. (1996): "MOLE: Computer-supported collaborative learning", en *Computers & Education*, 26(1-3), pp. 153-161.

OPTIMIZACIÓN METODOLÓGICA DE ENTORNOS TELEMÁTICOS COOPERATIVOS (BSCW Y SYNERGEIA) COMO RECURSOS DIDÁCTICOS DE LA QUÍMICA EN LA PRODUCCIÓN DE HIPERMEDIA

JIMÉNEZ VALVERDE, GREGORIO^{1,2}, LLITJÓS VIZA, ANNA²

¹IES Mercè Rodoreda, L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona) y Departament de Química Analítica (Universitat de Barcelona). gjimene2@xtec.cat

²Grup de Recerca Educativa ECEM [Ensenyament de les Ciències i Educació Mediambiental] y Grup Consolidat d'Innovació Docent de Didàctica de les Ciències (Universitat de Barcelona).

Resumen: En este artículo se describe el estudio de optimización metodológica de dos entornos telemáticos cooperativos, BSCW y Synergeia, en el área de la Didáctica de la Química. Estas herramientas, gratuitas para usos educativos, facilitan la cooperación entre personas que no coinciden en el espacio y/o tiempo y se basan en espacios compartidos de trabajo. El estudio comprende dos fases. En la primera, el alumnado del CFGS de Química Ambiental ha producido, en grupos cooperativos, proyectos hipermedia sobre iones en agua y ha completado y respondido a una serie de cuestionarios Likert y de preguntas sobre la experiencia. En la segunda fase, se han analizado las respuestas obtenidas y de acuerdo con las mismas, se han creado unos tutoriales de los entornos, para estudiantes y para el profesorado, que se han ido modificando a partir del *feedback* aportado por docentes que utilizaron en sus clases versiones preliminares de los mismos.

Palabras clave: Entornos telemáticos cooperativos; Internet Producción de hipermedia; TICs en la Enseñanza de la Química; *b-learning*.

Title: Methodological optimization of cooperative online environments (BSCW & Synergeia) as Chemistry teaching aids in hypermedia authoring.

Summary:

The main goal of this article is to describe the methodological optimization study of two cooperative online environments, BSCW & Synergeia, in the field of Chemistry Education. These tools, free for education purposes, are shared workspace-based groupware that enable cooperation over the Web. We present results from a two-phase study. During the first one, students from a technical institute have produced cooperative hypermedia projects about 'ions in water', and have answered and completed a series of questions and Likert questionnaires. During the second phase, once results have been analyzed, we created student guides and teacher tutorials. These guides have been modified with the feedback received from teachers who used the preliminary versions of them in their classes.

Keywords: Online cooperative environments; Internet; Hypermedia authoring; ICT in Chemistry Education; b-learning.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha constatado un auge en el uso de los materiales hipermedia y de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en la enseñanza de la química, ya que pueden suplir carencias de los libros de texto en cuanto a interactividad, dinamismo y tridimensionalidad, y porque una aplicación interactiva, cooperativa e innovadora de estas tecnologías puede jugar un papel esencial en la reestructuración del proceso de enseñanza (Jiménez y Llitjós, 2006a, 2006b). Sin embargo, parte del profesorado puede no sentirse aún preparado para afrontar las exigencias que conlleva el uso de estas tecnologías, debido al mayor esfuerzo y volumen de trabajo que requieren y que no siempre se ve recompensado. Así tenemos que, por ejemplo, sólo el 36% de las aulas españolas de ESO utiliza el

ordenador en clase, aunque el 95% de los centros educativos españoles tiene acceso a Internet (Europa Press, 2006), y en la mayoría de los casos, el uso de ordenadores en clase se hace exclusivamente en el aula específica de informática (Mominó *et al.*, 2004). Si a esto le sumamos que la mayor parte del profesorado no ha recibido formación en el uso de Internet con finalidades educativas y que aún es frecuente la figura central del profesorado en el proceso docente, con poca participación de los estudiantes en su propio aprendizaje, el resultado es que las TICs tienen una cabida limitada en este tipo de docencia y que estas tecnologías se convierten, en el mejor de los casos, en un recurso para hacer mejor lo que ya se hacía, pero no para nada diferente (Mominó *et al.*, 2004). Por tanto, a los docentes se les está pidiendo un doble esfuerzo: el uso de las TICs como herramienta docente y la integración de las mismas en una pedagogía centrada en el estudiante, una instrucción cada vez más reclamada por especialistas en el área de la tecnología educativa (Jiménez y Llitjós, 2006c).

En cuanto a los estudiantes, las TICs les permiten, entre otras posibilidades, la producción de materiales hipermedia, situando al alumnado en una perspectiva central, puesto que la producción de hipermedia incita a pensar cómo representar una idea, cómo establecer relaciones entre ellas y cómo unir diferentes representaciones de las mismas (Lehrer, Ericsson y Connell, 1994). Es posible, además, combinar la producción de hipermedia con el aprendizaje cooperativo, que constituye otra actividad centrada en el alumnado. El trabajo entre iguales ayuda a construir un conocimiento más profundo, que tiene en cuenta múltiples perspectivas y que refleja la manera en la que el conocimiento es compartido dentro de comunidades (Brown, Collins y Duguid, 1989).

Sin embargo, la producción cooperativa de materiales hipermedia es complicada porque los componentes de un grupo tienen que ser conocedores de lo que el resto de compañeros está haciendo, si desean generar un resultado coherente y homogéneo. Afortunadamente, las TIC dan soporte telemático para coordinar el trabajo de los miembros de un grupo cooperativo, que no siempre coinciden en el tiempo y/o el espacio. De todas las herramientas TICs disponibles, Chen (1997) ha sugerido el uso de espacios compartidos de trabajo (*shared workspaces*) como soporte telemático adecuado para poder producir hipermedia cooperativamente.

Los espacios compartidos de trabajo son un tipo de *groupware* (*software* que facilita el trabajo en grupo) consistente en áreas virtuales en donde los miembros de un grupo cooperativo pueden compartir información y documentos, gestionar datos y estar informados de las acciones de los otros miembros del grupo en el espacio compartido de trabajo, dentro de un proyecto determinado, mediante un ambiente integrado de comunicación, normalmente asincrónica (es decir, en tiempo diferido), lo que permite el acceso e intercambio de documentos y/o información en cualquier momento y lugar. Diversos estudios y autores (Llitjós *et al.*, 2007; Whittaker, Geelhoed y Robinson, 1993) han constatado la idoneidad de los espacios compartidos de trabajo como herramientas informáticas que dan soporte a la cooperación telemática (o distribuida). Según Lehtinen *et al.* (1998), el uso de las tecnologías cooperativas está asociado con una mejora del rendimiento en un considerable número de estudios. En términos de desarrollo cognitivo, estas mejoras están unidas a la existencia de una comunidad colaborativa que proporciona múltiples Zonas de Desarrollo Próximo (Brown y Campione, 1994; Vygotsky, 1978) o, según Rodríguez Illera (2001), una Zona de Desarrollo Próximo *grupal*, entendida ésta como "el espacio entre lo que el grupo puede realizar por sí solo en relación a una tarea concreta y lo que puede aprender con la ayuda de un tutor externo al grupo".

En este artículo se describe el estudio de optimización metodológica de entornos telemáticos cooperativos como soportes informáticos para la producción de hipermedia en clases presenciales de química, llevado a cabo desde el curso 2001-02 hasta el 2006-07. Este estudio ha permitido integrar las TIC en el aula como recurso didáctico, en un contexto cooperativo y centrado en el estudiante.

DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivos

El objetivo principal de esta investigación es la optimización de metodologías docentes en el uso y aplicación de entornos telemáticos cooperativos como recursos didácticos en clases presenciales de química. Esta optimización metodológica se lleva a cabo tomando como base la producción de proyectos hipermedia, actividad también centrada en el estudiante. De esta manera, perseguimos el desarrollo y potenciación de habilidades grupales, como la negociación o la discusión de ideas, el desarrollo del espíritu crítico respecto de la información encontrada en Internet, así como el fomento de procesos cognitivos de alto orden y, en definitiva, la participación más activa del estudiante en la construcción de su propio conocimiento.

Otro objetivo de esta investigación es la integración de técnicas de evaluación adecuadas al trabajo cooperativo telemático, atendiendo no sólo al soporte informático sobre el que se realizan, sino también la naturaleza cooperativa del mismo.

Un último objetivo planteado es el de ofrecer el resultado de esta optimización metodológica en forma de tutoriales para que el profesorado interesado en estas actividades pueda crear y gestionar fácilmente, y sin un nivel previo de informática elevado, un entorno cooperativo en sus clases. El hecho de que todas las herramientas informáticas utilizadas sean gratuitas favorece el hecho de que cualquier centro educativo conectado a Internet pueda usarlas.

Fases y cronología

Este estudio se ha desarrollado en dos fases: la fase I, o fase de campo, con estudiantes (tabla 1), y una fase II, de análisis y actuación.

Tabla 1. Cronología de la Fase I de la investigación

Curso escolar	2001-02	2002-03		2003-04
Entorno telemático	BSCW	BSCW		Synergeia
Tamaño y composición de los grupos	2 estudiantes del mismo grupo-clase	2 estudiantes del mismo grupo clase	4 estudiantes del mismo grupo-clase	4 estudiantes de diferente grupo-clase
Proyecto hipermedia realizados	Cationes en agua (1)	Cationes en agua (2)	Técnicas de análisis	Aniones (y amonio) en agua
Tutoriales disponibles para el alumnado ^a	1. <i>Manual Netscape Composer 4.78</i>	2. Guías BSCW 3. Netscape Composer 4.78 (BSCW)		4. Netscape Composer 4.78 (Synergeia)
Evaluación de los proyectos web	Profesor, sin plantilla	Profesor, con plantilla		Profesor y estudiantes (coevaluación) con plantilla
Evaluación responsabilidad individual	Análisis logs y contribución foros	Análisis logs (eventos) y contribución foros		- Obtención factor de corrección individual mediante coevaluación con autoevaluación - Análisis de logs y contribución en foros
Evaluación experiencia	Encuesta voluntaria: Likert (1)			Encuestas obligatorias: Likert (1) y Likert (2) + 3 preguntas de la encuesta del proyecto ITCOLE

^a: La lista de tutoriales web puede consultarse en la tabla 2

Tabla 2. Tutoriales utilizados durante el proyecto (fecha consulta: 9 abril de 2007).

Tutorial ^a	URL
1- Netscape Composer 4.78	http://www.uc3m.es/uc3m/web/COM/m1-index.html
2- Guía BSCW (catalán)	http://www.xtec.cat/~gjimene2/llicencia/tutorials/bscw/
3- Netscape Composer 4.78 (BSCW)	http://www.xtec.cat/~gjimene2/llicencia/tutorials/composer-bscw/
4- Netscape Composer 4.78 (Synergeia)	http://www.xtec.cat/~gjimene2/llicencia/tutorials/composer/index_syn.htm
5- Synergeia	http://www.synergeia.info

^a: Salvo el primero, todos son de elaboración propia.

Muestra

En la fase de campo han participado estudiantes de los cursos 2001-02, 2002-03 y 2003-04 del Ciclo Formativo de Química Ambiental del IES Mercè Rodoreda, de L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona). El currículum básico de dicho ciclo formativo está regulado por el RD 812/1993 y, entre los módulos que lo componen, son de especial relevancia para esta investigación dos de ellos: "Relaciones en el Ámbito de Trabajo", porque el alumnado recibe formación sobre cómo trabajar en grupos cooperativos y, especialmente, "Depuración de Aguas", ya que el proyecto hipermedia que tuvieron que realizar los estudiantes se enmarcó dentro de la unidad didáctica "Iones en aguas" de dicho módulo.

El número de matriculados en este ciclo formativo es variable (35-60), con edades entre los 18 y 38 años, distribuidos en 3 grupos-clase. Existe una proporción similar de hombres y mujeres y en ningún curso los estudiantes con sólidos conocimientos iniciales de producción hipermedia superó el 10% del total. Otras características de este alumnado han sido descritas en Jiménez, Llobera y Llitjós (2006).

Material y métodos

Para llevar a cabo la fase I de este estudio, el alumnado ha utilizado los entornos telemáticos BSCW y Synergeia y el editor HTML Netscape Composer, todos ellos gratuitos¹. Durante esta primera fase de optimización, el alumnado ha respondido a una serie de preguntas y ha contestado dos cuestionarios Likert: (1) y (2).

Las preguntas y el cuestionario Likert (2) forman parte de la encuesta que respondieron los estudiantes participantes en el proyecto ITCOLE (ITCOLE, 2003, apéndice 9) y sólo fueron respondidos por el alumnado del curso 2003-04, ya que dicho informe se hizo público en 2003 y son cuestiones relacionadas exclusivamente con Synergeia. El cuestionario Likert (1) fue completado voluntariamente por los estudiantes que utilizaron el BSCW (cursos 2001-02 y 2002-03) y por todos los estudiantes que utilizaron Synergeia (curso 2003-04). En todos los casos se han respetado las mismas categorías, respuestas seleccionables y escalas que las encuestas originales.

Para el tratamiento estadístico de las respuestas de los cuestionarios Likert se han empleado las pruebas estadísticas no paramétricas (Siegel, 1976): la mediana, como estadístico de tendencia central; el rango intercuartílico (expresado como Q3-Q1), como estadístico de dispersión, y la prueba de U de Mann-Whitney para ensayar si las medianas de dos muestras independientes no son significativamente diferentes. Para todas estas pruebas, se ha considerado un nivel de significación de $p < 0,05$. El tratamiento estadístico se ha realizado utilizando el programa STATISTICA (versión 7)

¹ Los servidores gratuitos de BSCW y Synergeia utilizados se encuentran en <http://public.bscw.de> y <http://bscl.fit.fraunhofer.de/> respectivamente. La versión de Netscape Composer utilizada puede descargarse gratuitamente en: http://ftp.netscape.com/pub/communicator/spanish/4.78/windows/windows95_or_nt/complete_install/cc32d478.exe

Proyectos de los estudiantes

En el contexto cooperativo de progreso de este estudio de optimización metodológica, parece adecuado proponer el desarrollo de proyectos a los estudiantes, ya que, según Blumenfeld *et al.* (1991), el aprendizaje basado en proyectos ha sido señalado como una estrategia instruccional que estimula la cooperación. Así, tal y como se indica en la tabla 1, los estudiantes tuvieron que realizar, en grupos cooperativos, un proyecto hipermedia sobre un ion en aguas (además de otro sobre técnicas de análisis en el curso 2002-03). En los cursos 2001-02 y 2002-03 este ion era un catión metálico, mientras que en el curso 2003-04 el ion era un anión, salvo un grupo cooperativo que realizó su proyecto sobre el ion amonio. Cada proyecto tenía, como mínimo, las siguientes secciones: presencia en aguas naturales, niveles máximos del ion en aguas potables según la legislación española, métodos de análisis y efectos de ese ion sobre la salud. Para la confección de las páginas web, los estudiantes tuvieron a su disposición, en función del curso académico correspondiente, tutoriales sobre el manejo del programa Netscape Composer (tabla 2) y tuvieron que consultar Internet, tanto como fuente de información como para localizar páginas web con las que enlazar sus proyectos. Además, el profesor animó a los estudiantes para que enlazaran sus proyectos con el de otros compañeros, ya que la unión de diferentes documentos hipermedia crea un tipo adicional de cooperación (figura 1): el *hipermedia cooperativo* (Jiménez y Llitjós, 2006d).

Los proyectos sobre iones en aguas creados durante la fase I pueden consultarse en www.ionesenagua.com

b) Interferencias: La incompatibilidad química hace improbable la coexistencia de NO_2^- , cloro libre (Cl_2), amoníaco (NH_3), nitrógeno (NCl_3). El tricloruro de nitrógeno proporciona un color rojo falso cuando se añade el reactivo. Los iones siguientes interfieren debido a precipitación en las condiciones de la prueba y deben estar o bien en solución o bien en suspensión para poder realizar la descomposición de la sal de diazonio. Los iones coloreados que alteran el sistema de color también deben estar en solución. Los sólidos en suspensión deben eliminarse por filtración.

c) Almacenamiento de muestras: La conservación ácida en las muestras destinadas al análisis de NO_2^- . Se hace la determinación inmediatamente sobre muestras recientes para evitar la conversión bacteriana del NO_2^- en NO_3^- o NH_3 . Para la conservación a corto plazo, durante uno o dos días, se congela a -20°C o se conserva a 4°C .

Métodos de análisis de los nitritos (2003-04)

Hipermedia cooperativo

Fe

<u>INICIO</u>	TRABAJO REALIZADO POR: SHIRLEY AROSA REBECA HERNANDO	
<u>PROPIEDADES FQ</u>		
<u>FOTO</u>		
<u>PRESENCIA EN AGUAS</u>		
<u>LEGISLACIÓN</u>		
<u>TÉCNICAS ANÁLISIS</u>		CFGS Química Ambiental - Módulo A
<u>CURIOSIDADES</u>		IES MERCÉ RODOREDA. Curso 2001-02
<u>EFFECTOS SOBRE LA SALUD</u>		Página principal del hierro (2001-02)
		volver a la página principal de los metales

Figura 1. Ejemplo de hipermedia cooperativo entre el proyecto sobre los nitritos (curso 2003-04) y el proyecto sobre el hierro (curso 2001-02).

Descripción del proceso de optimización metodológica: fase I

a) BSCW (cursos 2001-02 y 2002-03)

Por la experiencia de nuestro grupo de investigación en el estudio y aplicación del BSCW en la elaboración de páginas web en pruebas piloto en cursos de doctorado (1996) y, a partir del curso 1997-98, en asignaturas de los estudios de Magisterio de la Universidad de Barcelona (Llitjós, 2000; Llitjós *et al.*, 2007), se optó por este entorno como soporte telemático para la producción cooperativa de hipermedia.

El BSCW es un *groupware* basado en un sistema de espacios compartidos de trabajo, en el que las áreas virtuales se estructuran según una jerarquía de "carpetas" (similar al sistema *Windows*) con diferentes permisos de acceso según el usuario (Jiménez y Llitjós, 2005b). Este entorno facilita la coordinación y el trabajo cooperativo entre personas que no necesariamente coinciden en el espacio o en el tiempo, gracias a sus foros y al servicio de "eventos", que proporciona a los usuarios informaciones de los otros participantes respecto de los objetos del espacio de trabajo compartido y de las acciones que allí han sucedido, lo que permite que los estudiantes tengan un conocimiento de las acciones que sus compañeros de grupo llevan a cabo en el espacio de trabajo (conocimiento o percepción social/de grupo), mientras que al docente los registros de los eventos pueden serle útiles para conocer la interacción de los estudiantes con el entorno, la frecuencia de conexión, los movimientos efectuados y la información aportada.

En este primer año del estudio, y para facilitar el trabajo de organización del espacio telemático en grupos, se decidió que estos fuesen sencillos de gestionar y, en este sentido, se formaron grupos de dos estudiantes pertenecientes al mismo grupo-clase. Se decidió igualmente aprovechar los recursos disponibles en red que pudieran ser útiles para la experiencia, con el fin de que el profesor pudiera centrarse mejor en el entorno BSCW, y de esta manera se utilizó como guía del Netscape Composer un tutorial elaborado por la Universidad de Carlos III (tutorial 1, tabla 2). Sin embargo, este tutorial, aunque correcto, es demasiado genérico, y pronto advertimos la necesidad de que los estudiantes dispusieran de un tutorial de esta herramienta adaptado al entorno telemático usado.

Durante el curso 2002-03 se tuvieron en cuenta los resultados y los comentarios de los estudiantes del primer año para la mejora de la experiencia y, así, además de un tutorial específico de Netscape Composer adaptado al entorno BSCW (tutorial 3, tabla 2), se elaboraron guías de uso del BSCW (tutorial 2, tabla 2). En este curso escolar, los estudiantes tuvieron que realizar dos proyectos: el primero fue el mismo que el del año anterior, mientras que el segundo consistió en un proyecto hipermedia sobre una técnica de análisis determinada y fue realizado en grupos más complejos, de 4-6 estudiantes aún del mismo grupo-clase, lo que hizo más necesaria una mejor coordinación de los miembros del grupo dentro de BSCW. Para ambos proyectos, el alumnado contó con la ayuda de los tutoriales 2 y 3; que no sólo facilitaron el trabajo de los estudiantes, sino también el del profesor, al evitar largas descripciones sobre el funcionamiento de ambas herramientas.

Los detalles técnicos de la estructuración del entorno BSCW, de la creación de las carpetas de trabajo y de los pasos seguidos por el docente en la gestión de dicho entorno durante estos dos primeros años del estudio han sido descritos con anterioridad (Jiménez y Llitjós, 2006b).

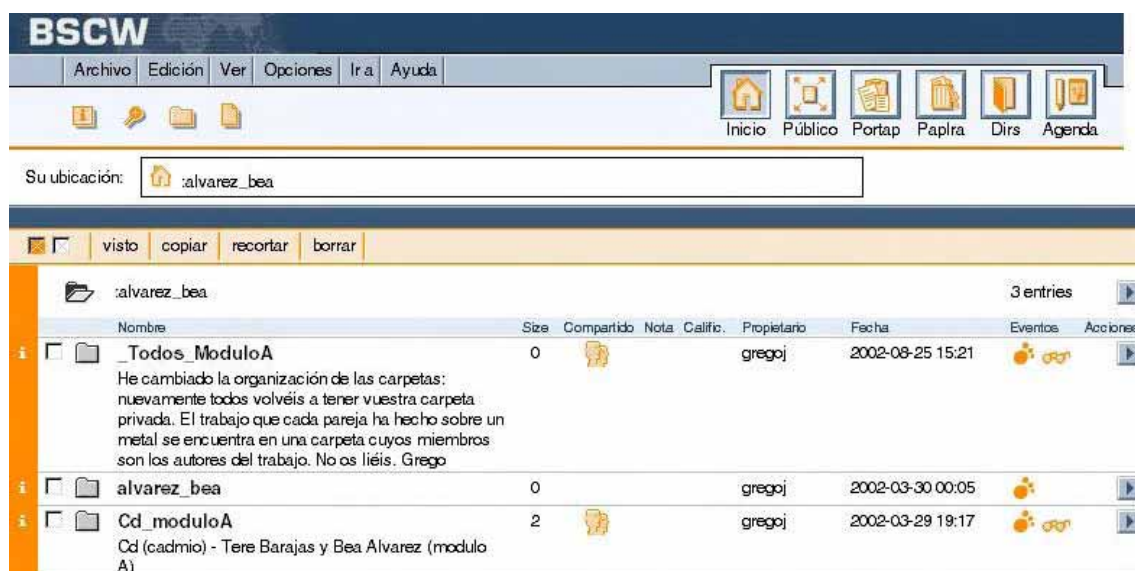


Figura 2. Página de inicio del espacio de trabajo en BSCW de una alumna donde se observan tres tipos de carpeta: la personal ("alvarez_bea"), la de grupo cooperativo "Cd_moduloA" y la de grupo-clase "_Todos_ModuloA"

En cuanto a la evaluación del proceso de producción de hipermedia, Stahl (2002) ha apuntado tres métodos: el análisis de la actividad, la evaluación de datos verbales mediante entrevistas o métodos retrospectivos y la autoevaluación de los estudiantes durante el proceso de producción de hipermedia. En estos dos primeros años de la fase I, la evaluación de los materiales hipermedia se llevó a cabo de acuerdo con la primera propuesta de Stahl, y para ello, el profesor evaluó los diferentes proyectos generados como auténticas páginas web, atendiendo a su calidad científica y técnica. Sin embargo, si se pretende que el aprendizaje cooperativo sea efectivo, hay que evaluar también la contribución/responsabilidad individual de cada miembro del grupo, para minimizar así el número de estudiantes *polizones* (Jiménez, 2006). Puesto que la evaluación del aprendizaje cooperativo telemático requiere prestar atención también al medio a través del cual se consigue este tipo de aprendizaje, es decir, a la comunicación a través del ordenador (CMC) (Treleaven, 2004), se tuvo en cuenta la sugerencia de Ingram (1999-2000), que propone el análisis de los registros que generan los servidores telemáticos. Por ello, se utilizó el análisis de los eventos que BSCW registra automáticamente, tales como el historial de modificaciones de un objeto o las aportaciones en los foros de discusión, para obtener notas individuales a partir de calificación del proyecto de grupo, sumando o restando hasta cinco puntos porcentuales de la nota del proyecto.

b) Synergeia (curso 2003-04)

Durante el curso 2003-04, se cambió el BSCW por el recién lanzado sistema Synergeia (Jiménez y Llitjós, 2005b), ya que, dentro de nuestro estudio de optimización metodológica de entornos telemáticos, Synergeia constituye una adaptación del BSCW para contextos educativos. Eso significa que las prestaciones básicas de BSCW, como el servicio de eventos o los espacios compartidos de trabajo en forma de carpetas también se encuentran en Synergeia, pero esta plataforma presenta nuevas características que la hacen más atractiva para la cooperación entre estudiantes, ya que es más que una simple adaptación del BSCW para la docencia: en Synergeia se han suprimido determinadas funciones del BSCW que tienen muy poca aplicación en la enseñanza, se han añadido nuevas prestaciones, y otras han sufrido pequeños cambios para adecuarlas al mundo educativo. Entre las novedades encontramos dos herramientas de comunicación sincrónica, la Pizarra Cooperativa

("Map Tool") y el servicio de mensajería instantánea (Jiménez y Llitjós, 2006c), y la función de "negociación", según la cual se requiere el voto positivo de una mayoría de los miembros de un grupo para dar por bueno un proyecto creado por ellos, lo que supone un aumento de la implicación de cada miembro en el mismo. Entre los cambios más significativos, encontramos la simplificación de la creación y gestión del entorno por parte del docente; la conversión de algunas carpetas estándar del BSCW en carpetas "de curso" y carpetas "de grupo", con propiedades diferentes entre ellas y distintas a las del BSCW; y la diversificación de los foros del BSCW en diferentes tipos de "espacios de construcción del conocimiento" (de grupo, de curso, de negociación, etc.), en los que los estudiantes pueden comunicarse y construir su propio conocimiento compartido, teniendo que clasificar cada una de sus intervenciones según el "tipo de pensamiento", o categoría a la que pertenece dicha aportación, con lo que se fomenta el desarrollo de procesos cognitivos de mayor nivel (Llitjós *et al.*, 2007).


En este curso, el tutorial de Netscape Composer se adaptó al entorno Synergeia (tutorial 4, tabla 2), pero, a diferencia del curso anterior, el alumnado no dispuso de guías sobre el funcionamiento del entorno, salvo las referencias contenidas en el tutorial 4, ya que Synergeia fue lanzado coincidiendo prácticamente con el inicio de la investigación en este curso.


Después de comprobar el potencial que ofrecía el BSCW para la cooperación asincrónica, con estudiantes que lo utilizaban en el aula de informática cada dos semanas mientras su pareja lo hacía en las semanas alternas, y habiendo estudiado el aumento del tamaño del grupo, decidimos que en el curso 2003-04 los grupos cooperativos estuviesen formados por 4 estudiantes, pero de distintos grupos-clase. A diferencia de los dos cursos anteriores, en los cuales se habían creado diferentes carpetas de grupo-clase en el BSCW, en esta ocasión se creó una única carpeta "de curso" en Synergeia, y dentro de ésta, ocho "de grupo" (figura 3). Al no coincidir físicamente en las horas de la asignatura, era de especial importancia la coordinación y la comunicación entre los miembros de cada grupo, para lo cual podían aprovechar diversas prestaciones de Synergeia, tales como el servicio de eventos, los foros o los calendarios de grupo. La carpeta "de curso", a la cual los estudiantes sólo tenían acceso "de lectura", hacía de repositorio de material *e-learning*², y además iba albergando las versiones finales de los proyectos, una vez que estos habían superado positivamente un proceso de negociación, con lo que ya eran consultables por todo el alumnado.

En cuanto a las evaluaciones de los proyectos y de los estudiantes, en este tercer año se introdujeron dos novedades, relacionadas ambas con la coevaluación, o evaluación entre iguales. En primer lugar, a partir de la experiencia de los dos años anteriores con el BSCW, se valoró que la información que proporciona el servidor sobre los eventos es útil pero insuficiente para evaluar con exactitud la aportación individual de cada estudiante al trabajo en grupo, ya que es una información básicamente de tipo cuantitativo que puede no tener en cuenta una contribución continuada al proyecto de grupo. Para poder obtener una nota individual a partir de un proyecto de grupo se aplicó el método y la ficha de evaluación propuestos por Jiménez y Llitjós (2006e), según el cual los estudiantes valoran confidencialmente el cumplimiento de las responsabilidades grupales de ellos mismos y del resto de los miembros de su grupo cooperativo. Estas valoraciones se convirtieron en factores de corrección individuales que, aplicados a la calificación común del proyecto, permitieron obtener puntuaciones específicas para cada estudiante. Este sistema, cuya fiabilidad y características se discuten en Jiménez (2006), constituye otro de los métodos propuestos por Stahl (2002) para la evaluación de la producción de hipermedia, y proporciona, además, una oportunidad para aplicar la coevaluación y la

² BSCW (y Synergeia) puede ser usado también como "mero espacio del cual 'extraer' y en el cual 'colgar' la información sin apenas experimentar el trabajo cooperativo" (Benarroch *et al.*, 2004).

autoevaluación en la enseñanza de las ciencias. La segunda novedad consistió en extender la evaluación cooperativa a los proyectos web, ya que éstos fueron calificados conjuntamente por el profesor y por el alumnado, de tal manera que el 85% de la puntuación final del proyecto de un grupo la otorgaba el profesor y el 15% restante, los estudiantes de otros grupos. Para ello, estudiantes y profesor utilizaron una misma plantilla, disponible en Jiménez y Llitjós (2006f), en la que los ítems a evaluar se distribuyeron en diferentes categorías. Esta plantilla había sido previamente probada por el profesor en las evaluaciones que él llevó a cabo en el curso 2002-03.

Su ubicación:  :gregoj / C4 - Química Analítica 

 04aida, 04alberto, 04alfonso, 04almu, 04ana, 04azahara, 04beatriz, 04carol, 04cesar, 04damia, 04elga, 04eugenia, 04eva, 04francesc, 04ivan, 04jesus, 04juan, 04juancarlos, 04julio, 04laura, 04marina, 04mjose, 04monica, 04natalia_c, 04natalia_r, 04natalia_s, 04nuria, 04orlando, 04pep, 04rafa, 04ruben, 04victor_reg, 04victor_rod, 04virginia, 04xavier, allitjos, evanuc, **gregoj**, guest03

actualizar | enviar | Copiar | enlace | Cortar | borrar | archivo

C4 - Química Analítica 13 de entradas






































Nombre	Tamaño	Compartir	Nota	Clasificado	Propietario	Fecha	Eventos	Menú
 Grupo 1 (04ana, 04carol, 04laura, 04marina) 1-Cianuros	8				gregoj	2005-04-12 18:48	 	
 Grupo 2 (04eva, 04natalia_r, 04rafa, 04ruben) 1- Sulfuros	10				gregoj	2005-04-12 18:48	 	
 Grupo 3 (04azahara, 04natalia_c, 04victor_reg, 04victor_rod) 1-Nitritos	11				gregoj	2005-04-12 18:49	 	
 Grupo 4 (04aida, 04almu, 04elga, 04juan, 04julio) 1-Nitratos	7				gregoj	2005-04-12 18:49	 	
 Grupo 5 (04alfonso, 04damia, 04ivan, 04xavier) 1-Fosfatos	10				gregoj	2005-04-12 18:49	 	
 Grupo 6 (04alberto, 04jesus, 04natalia_s, 04nuria) 1-Silicatos	23				gregoj	2005-04-12 18:49	 	
 Grupo 7 (04cesar, 04francesc, 04mjose, 04virginia) 1-Amonio	12				gregoj	2005-04-12 18:49	 	
 Grupo 8 (04beatriz, 04eugenia, 04monica, 04pep) 1-Sulfatos	15				gregoj	2005-04-12 18:50	 	
 negociación de la pág de la legislación	2				04azahara	2005-04-12 18:46	 	
 NOTAS FINALES MICRO Y ANALITICA	1				gregoj	2005-04-12 18:47	 	
 Teledocencia C4	12				gregoj	2004-05-02	 	
 Trabajos Finales lones en Agua	11				gregoj	2005-04-12 18:47	 	
 Foro Synergeia 28 notas	28				gregoj	2005-04-12 18:47	 	

Figura 3. Interior de la carpeta de curso "C4 – Química Analítica" en el que se pueden apreciar ocho carpetas "de grupo", una carpeta de negociación aprobada ("página de legislación" del proyecto de los nitritos), tres carpetas estándar y el Espacio de Construcción de Conocimiento "de curso" ("Foro Synergeia").

Encuestas al alumnado

A continuación se detallan las respuestas que los estudiantes del tercer año de la fase I (Synergeia) dieron a dos preguntas de respuesta predeterminada, una pregunta de respuesta abierta y dos cuestionarios Likert (1) y (2). Estos resultados completan otros estudios paralelos realizados con este alumnado (Jiménez y Llitjós,

2006d; Jiménez, Llitjós y Puigcerver, 2007), dentro de una investigación educativa de entornos telemáticos cooperativos.

En cuanto a las preguntas de respuesta predeterminada, los estudiantes tuvieron que manifestarse sobre la utilidad (figura 4) y la facilidad de uso (figura 5) de diferentes funcionalidades del sistema Synergeia.

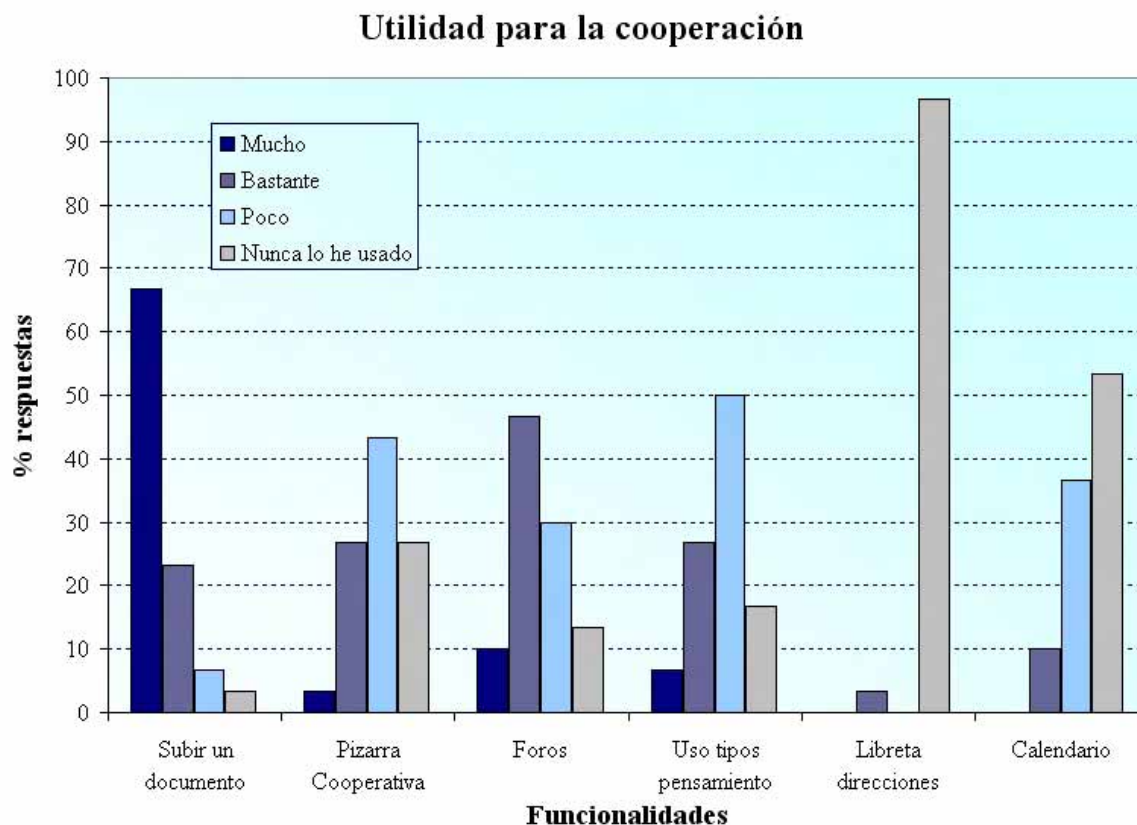


Figura 4. Respuestas del alumnado a la pregunta "Especifica cuáles de estas funcionalidades son útiles en la cooperación entre estudiantes".

En cuanto a la utilidad para la cooperación de las funcionalidades de Synergeia, los estudiantes consideraron que la más útil para la cooperación resultó ser la opción de "subir documentos" al servidor, con un 90% de estudiantes que la juzgaron bastante o muy útil. Aunque no es una funcionalidad específica de Synergeia, sino una acción que pueden realizar los usuarios, la "lectura" o "consulta" de documentos u objetos previamente colgados en el servidor también resulta muy útil para la cooperación. Appelt (2001), en un estudio sobre qué funcionalidades son realmente usadas en las tecnologías *groupware*, estimó que en un grupo de 5 estudiantes y, asumiendo que cada miembro lee como mínimo una vez la información creada por el resto, el número de eventos de lectura es unas cuatro veces mayor que el número de eventos de creación de objetos, algo no sorprendente si se tiene en cuenta que, en procesos de cooperación, la mayor parte de actividades normalmente consisten en la digestión de la información creada por otros, más que en la creación de nueva información o modificación de la ya existente (Appelt, 2001). Estos datos cuadran con los datos obtenidos por nuestro propio servidor. Los foros de Synergeia fueron otra funcionalidad considerada eficaz para la cooperación, con un 56,7% del alumnado que los calificó como bastante o muy útiles.

La "pizarra cooperativa" y el uso de los "tipos de pensamiento" obtuvieron una respuesta similar: aproximadamente la mitad del alumnado consideró poco útiles para la cooperación estas dos prestaciones y sólo un tercio estimó que eran bastante o muy útiles, si bien un 26,7% no llegó a usar la "pizarra cooperativa" (el doble de quienes no usaron los "tipos de pensamiento"). Este menor uso de la "pizarra cooperativa" puede ser explicado, en parte, porque en las aulas de informática de nuestro centro docente sólo podía haber un estudiante conectado a la "pizarra cooperativa" simultáneamente, ya que las IP's de todos los ordenadores del instituto coincidían y sólo se permite una conexión por IP, con lo que las únicas sesiones de "pizarra cooperativa" que se dieron tuvieron lugar cuando los estudiantes se conectaban fuera del centro docente.

En cuanto a las funcionalidades poco usadas encontramos el "calendario", la "libreta de direcciones" y el servicio de mensajería instantánea. Sólo un 10% de los estudiantes apreció la utilidad del "calendario" para la cooperación frente a un 53,3% que ni siquiera lo utilizó. La "libreta de direcciones" y el servicio de mensajería instantánea fueron virtualmente no usados: sólo un 3,3% del alumnado consideró bastante útil para la cooperación la "libreta de direcciones" (apenas tiene utilidad para los usuarios con el perfil "estudiante") y ningún estudiante usó el servicio de mensajería instantánea, ya que el servidor público Synergeia tiene deshabilitada esta funcionalidad (Jiménez y Llitjós, 2005b).

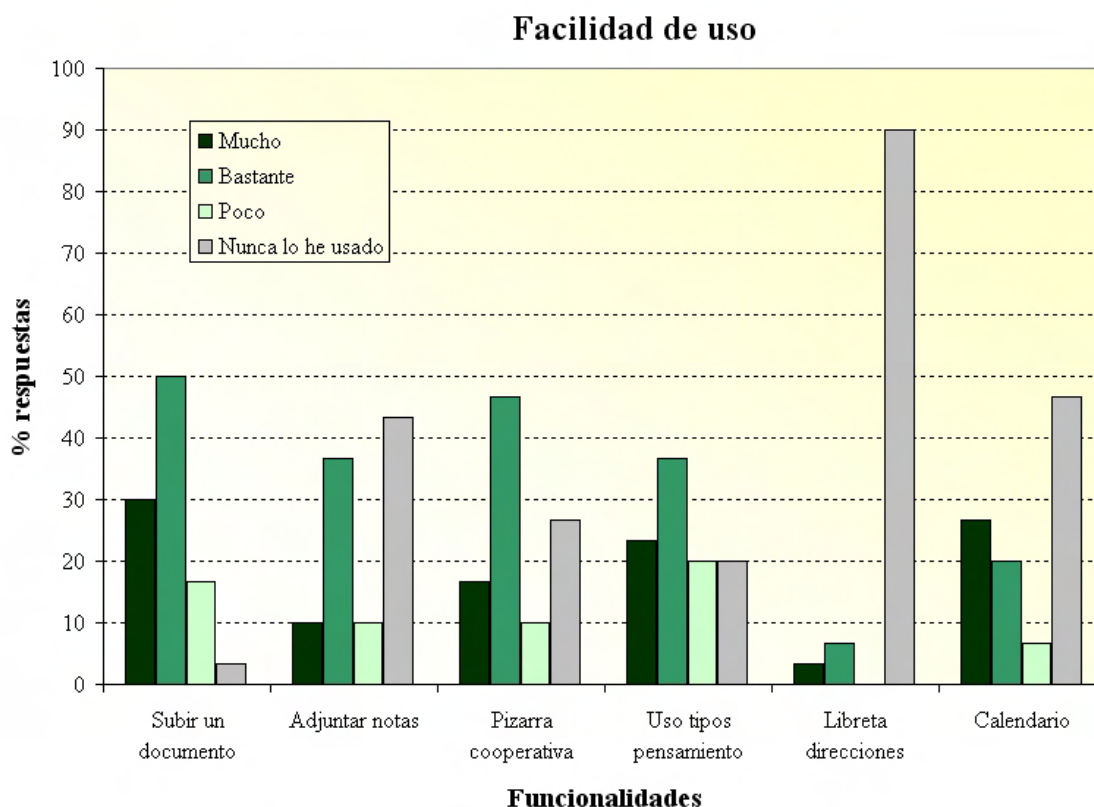


Figura 5: Respuestas de nuestro alumnado a la pregunta "Especifica la facilidad de uso de estas utilidades".

En cuanto a la facilidad de uso, podemos ver que Synergeia es un sistema fácil de usar, ya que, para todas las funcionalidades, la suma de las respuestas de "muy fácil" y "bastante fácil" fue superior a "poco fácil", siendo en "uso de los tipos de pensamiento" en donde esta respuesta alcanzó su porcentaje mayor (20%). A pesar de lo sencillo que resulta subir un documento al servidor Synergeia (simplemente hay

que hacer clic en el icono correspondiente), un 16,7% del alumnado consideró "poco fácil" dicha funcionalidad. Esto puede deberse al hecho de que algunos estudiantes estimaron como muy tedioso tener que subir uno a uno todos los archivos al servidor (tabla 3). En cuanto a la posibilidad de "adjuntar notas" a los objetos alojados en el servidor Synergeia, aun siendo una prestación que no presenta dificultad en su uso, fue empleada sólo por algo más de la mitad del alumnado. Con la "libreta de direcciones" vemos que, fue considerada como de bastante o muy fácil manejo por los pocos estudiantes que la utilizaron.

En la cuestión abierta, se les preguntó a los estudiantes: "*Si este proyecto de aprendizaje cooperativo se llevara a cabo de nuevo, ¿qué cambiarías en el Synergeia? Por ejemplo, qué funcionalidad añadirías o suprimirías en Synergeia*". Los resultados, agrupados en categorías, se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Respuesta de nuestros estudiantes a la tercera pregunta, de respuesta abierta.

Respuestas	Total
Poder subir más de un archivo a la vez	15,2%
Poder utilizar mensajería instantánea	15,2%
Interfaz totalmente traducida del inglés	15,2%
Simplificación de la organización de la información (reducción funcionalidades, distribución menús)	12,1%
Añadir un sistema de ayuda o tutoriales	9,1%
Mejora de percepción social	9,1%
Otras modificaciones	18,2%
Sin respuesta (da una respuesta en blanco)	3,0%
No haría ningún cambio	3,0%

Las tres respuestas que mayor porcentaje han obtenido (15,2 %) son la posibilidad de poder subir más de un archivo a la vez, la posibilidad de poder utilizar la mensajería instantánea y que Synergeia tenga la interfaz totalmente traducida del inglés.

En cuanto a poder subir más de un archivo a la vez, nuestros estudiantes consideraron molesto el proceso de subir uno a uno los diferentes archivos del proyecto web. Actualmente, BSCW ya incorpora una funcionalidad que permite la carga simultánea de múltiples archivos y es de esperar que una futura versión de Synergeia también la incluya.

La opción de poder utilizar el sistema de mensajería instantánea de Synergeia (deshabilitada en el servidor público) fue reclamada por parte de nuestro alumnado. Relacionado también con la comunicación entre usuarios, un 9,1% del alumnado señaló que añadiría algún sistema para mejorar la percepción social, es decir, para tener un mayor conocimiento de los movimientos de sus compañeros, aunque Synergeia ya incorpora el servicio "de eventos", común al BSCW, y una nueva funcionalidad que informa sobre qué usuarios están conectados en un momento determinado y, de éstos, quiénes están dentro de una sesión de "pizarra cooperativa".

Cuando se usó Synergeia (primavera del 2004), la interfaz no estaba totalmente traducida al castellano, aunque actualmente, el castellano es uno de los idiomas seleccionables. El hecho de que muchos menús y explicaciones del Synergeia aún estuvieran en inglés, provocó la queja del 15,2 % del alumnado e hizo que un 9,1% de los estudiantes echara en falta un sistema de tutoriales del sistema Synergeia o

que un 12,1% del alumnado reclamara una simplificación en los menús y funcionalidades.

Otras modificaciones obtuvieron un menor respaldo por parte del alumnado, totalizando el 18,2% de respuestas. Entre ellas encontramos: añadir un sistema de antivirus, la incorporación de un editor HTML al Synergeia (como ya ocurre en la actual versión del BSCW) o eliminar la opción de negociar, si bien conviene tener en cuenta que en otro estudio paralelo (Jiménez y Llitjós, 2006d), estos estudiantes se posicionaron mayoritariamente a favor de la necesidad de negociar los proyectos creados.

Respecto a los cuestionarios Likert (1) y (2), las respuestas que se obtuvieron figuran en las tablas 4 y 5 y en la figura 6. Las respuestas del cuestionario Likert (1) fueron comparadas con las de los estudiantes de los dos primeros años.

Tabla 4. Cuestionario Likert (1) (n=1 muy negativo; 7=muy positivo). Comparación entre los resultados obtenidos entre la encuesta sobre el BSCW (cursos 2001-02 y 2002-03) y sobre Synergeia (curso 2003-04). Los resultados se muestran como la mediana y el *rango intercuartílico*.

	BSCW (N=37)	Synergeia (N=30)	Prueba Mann- Whitney
1. Utilidad del espacio cooperativo BSCW/Synergeia para la docencia	6,0 7,0-5,0	5,0 6,0-4,0	U=333,5 p=0,007 Dif sig
2. Utilidad del espacio BSCW/Synergeia para el desarrollo de esta asignatura	6,0 6,0-4,0	5,0 6,0-4,0	U=364,0 p=0,022 Dif. sig
3. Grado de aplicación docente al espacio cooperativo BSCW/Synergeia	6,0 6,0-5,0	5,0 6,0-4,8	U=489,0 p=0,389 No dif sig
4. Contribución del BSCW/Synergeia a la preparación de recursos didácticos <i>on line</i>	6,0 7,0-5,0	5,0 6,0-5,0	U=364,0 p=0,013 Dif. sig
5. Grado de aprovechamiento del espacio de trabajo	6,0 7,0-5,0	5,0 6,0-4,0	U=431,5 p=0,163 No dif sig
6. Contribución del BSCW/Synergeia a la adquisición de una actitud crítica sobre el aprovechamiento de recursos <i>on line</i>	6,0 7,0-5,0	6,0 6,0-5,0	U=476,0 p=0,300 No dif. sig

Como puede apreciarse, los 6 ítems del cuestionario Likert (1) recibieron una valoración igual o superior a 5,0, lo que significa que los estudiantes se manifestaron de acuerdo con todas las afirmaciones, mostrando una actitud positiva, por tanto, al uso del BSCW y del Synergeia como recursos didácticos y, también, a la producción de hipermedia en la asignatura, así como, a la adquisición de una actitud crítica sobre el aprovechamiento de estos recursos telemáticos y al grado de aplicación docente a estos espacios cooperativos. Las diversas pruebas U de Mann-Whitney entre las respuestas de las dos encuestas ponen de manifiesto que no existen diferencias significativas en los ítems 3, 5 y 6 ($p < 0,05$). El hecho que en los otros 3 ítems las medianas sean ligeramente mayores en el caso del BSCW parece paradójico, teniendo en cuenta que Synergeia es una adaptación docente del BSCW. Hay una serie de factores que pueden explicar este hecho. En primer lugar, la encuesta sobre el BSCW fue respondida de manera voluntaria, mientras que la del Synergeia fue completada por todo el alumnado. Probablemente, el alumnado más reacio al BSCW decidió no completar esta encuesta Likert, con lo que la menor presencia de respuestas menos positivas podría haber hecho aumentar las medianas. Además, de acuerdo con los resultados de la pregunta de respuesta libre (tabla 3), dos de los inconvenientes principales formulados por los estudiantes en relación al uso de Synergeia no lo fueron para los que habían utilizado el BSCW: la interfaz de Synergeia no traducida

totalmente del inglés (la del BSCW, sí) y no dispusieron de guías del entorno telemático (en el segundo año del BSCW, sí).

Tabla 5. Afirmaciones correspondientes al cuestionario Likert (2) y categorías a las que pertenecen.

Categoría	Afirmaciones
Aspectos organizativos	7. Hubiera preferido utilizar más tiempo para trabajar con Synergeia 8. Deberíamos haber tenido más ordenadores para trabajar con Synergeia
Percepción del espacio de trabajo	9. Era fácil saber lo que los otros estaban haciendo en Synergeia
Cooperación	10. Fue fácil cooperar con otros estudiantes a través de Synergeia 11. El profesor nos animaba a cooperar 12. Me hubiera gustado cooperar más con otros estudiantes durante el proyecto
Manejo y ayuda	13. Era fácil utilizar el sistema Synergeia 14. Recibí una orientación suficiente por parte del profesor durante el proyecto 15. Recibimos suficientes indicaciones sobre cómo estudiar y trabajar en el sistema Synergeia 16. Estaba casi perdido en entre el conocimiento en el sistema Synergeia 17. No supe qué hacer en el sistema Synergeia
Exteriorización de ideas para su comprensión	18. He explicado mis ideas a otros estudiantes utilizando Synergeia 19. Me vino bien, para un mejor entendimiento, ver las ideas o notas que yo había creado en Synergeia. 20. Fue útil para mí poder leer las notas e ideas de otros compañeros en Synergeia 21. Fue fácil encontrar nuevas conexiones entre ideas mientras utilizaba Synergeia
Estructuración del proceso de investigación	22. Mientras utilizaba Synergeia, entendí cómo funciona el proceso de investigación 23. Fue fácil estructurar el proceso de investigación en Synergeia.

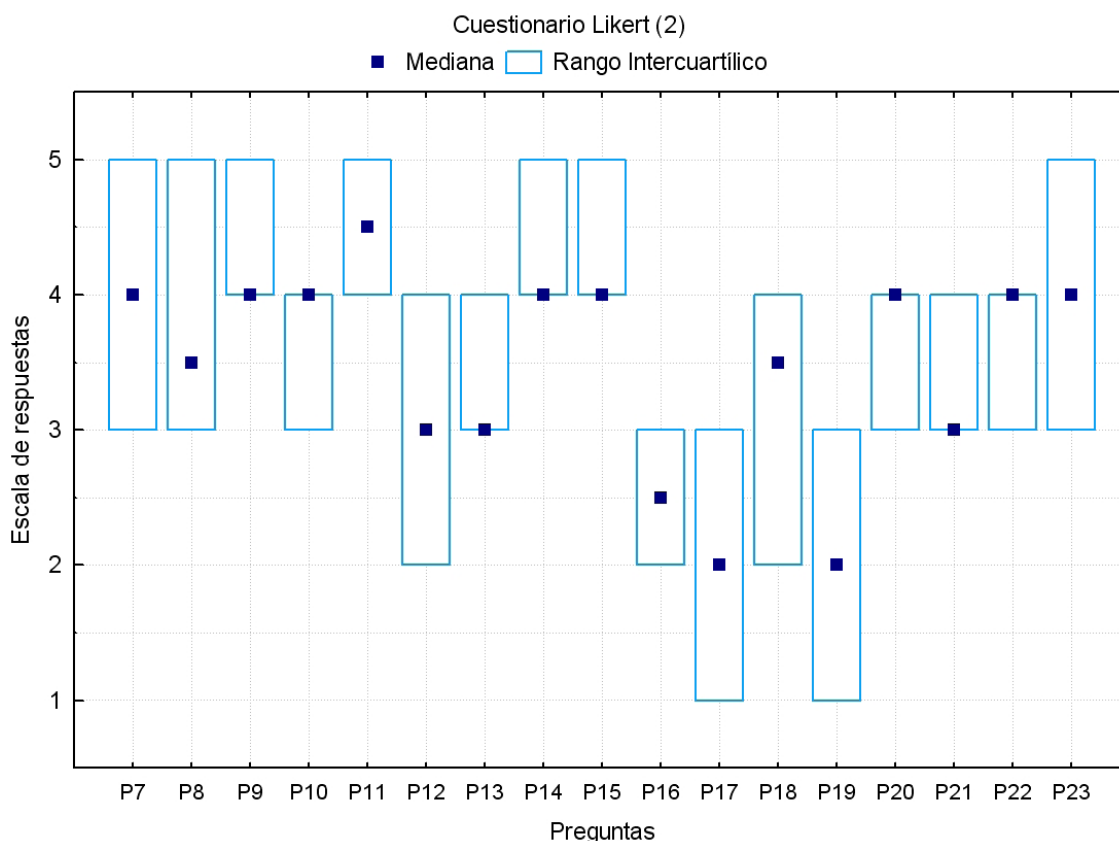


Figura 6. Resultados del cuestionario Likert (2) (n=1: totalmente en desacuerdo, n=5: totalmente de acuerdo), de acuerdo con los afirmaciones de la tabla 5.

En cuanto a la encuesta Likert (2), los resultados de nuestros estudiantes revelan que, salvo los ítems 16 y 17, que están redactados en forma negativa, sólo el ítem 19 recibió una mediana menor de 3 (a los estudiantes no les fue particularmente útil leer las notas que ellos mismos habían creado en Synergeia, aunque sí las que habían creado otros compañeros), lo que vuelve a indicar una actitud positiva hacia la plataforma. Los estudiantes explicaron sus ideas a otros estudiantes utilizando Synergeia y no les resultó difícil encontrar nuevas conexiones entre ideas en dicho entorno. También les resultó fácil ver lo que los otros estudiantes estaban haciendo en Synergeia, aspecto de vital importancia cuando se está creando un proyecto en común. En cuanto a la estructuración del proceso de investigación, se han obtenido medianas elevadas y bajas dispersiones en esta categoría. Estos datos sugieren que para el alumnado fue fácil estructurar el proceso de investigación en Synergeia y que entendieron mejor cómo funciona el proceso de investigación mientras usaban dicho entorno.

La categoría relacionada con la cooperación también ha recibido unas medianas elevadas. De hecho, es el ítem 11 el que obtuvo la mediana más elevada de todas (4,5). También consideraron que fue fácil cooperar con otros estudiantes a través de Synergeia, dato de bastante importancia, puesto que Synergeia es una plataforma pensada para la cooperación telemática y esta respuesta del alumnado respalda esa idea así como la de la facilidad para la cooperación que ofrece este entorno. De los aspectos organizativos, destacamos que los estudiantes hubieran preferido emplear más tiempo para trabajar con Synergeia y creen que deberían haber tenido más ordenadores para llevar a cabo el trabajo.

En relación al manejo y ayuda, las medianas obtenidas indican que los estudiantes recibieron una suficiente orientación y ayuda por parte del profesor (quien, además, les animaba a cooperar, según la respuesta del ítem 11) y, aunque se manifestaron de manera neutra acerca de la facilidad del sistema Synergeia, no estuvieron de acuerdo con "no supe qué hacer en el sistema Synergeia".

Un análisis pormenorizado de estas respuestas, así como su comparación con las obtenidas por estudiantes extranjeros puede encontrarse en Jiménez, Llitjós y Puigserver (2007).

Fase II

La fase II tenía por objeto analizar la fase I, con especial énfasis en las respuestas a las encuestas completadas por el alumnado, y realizar una serie de actuaciones para continuar con la optimización metodológica de entornos telemáticos como recursos didácticos. En primer lugar, es necesario recalcar que la aparición de Synergeia, como versión docente del BSCW, fue algo no previsto cuando se inició esta investigación, pero que supuso, a nuestro modo de ver, una optimización de las metodologías objeto de estudio, por las propias ventajas educativas que presenta ese entorno respecto del BSCW, según nuestra experiencia.

De la pregunta de respuesta libre, vemos que, entre los cambios mayoritarios que nuestros estudiantes realizarían al sistema Synergeia, se encuentran algunas cuestiones en las que los propios creadores de la plataforma están trabajando, probablemente porque habrán recibido estas mismas o similares sugerencias del resto de usuarios de Synergeia: la posibilidad de subir más de un archivo a la vez (el BSCW ya lo permite), nuevos idiomas (aunque la versión totalmente en castellano ya está disponible) o el uso de la mensajería instantánea (disponible en servidores particulares). Por tanto, dentro del proceso de optimización metodológica en que se enmarca este estudio, uno de los posibles pasos que podíamos dar para la mejora didáctica del uso de estos entornos era crear y poner a disposición del alumnado un sistema de ayuda o tutoriales. Aprovechando una licencia de estudios concedida a uno de los autores (G. Jiménez) durante el curso 2004-05 y, teniendo en cuenta que no sólo serían necesarios tutoriales para el alumnado, sino también para el profesorado, se creó una primera versión de los tutoriales o guías de uso del entorno Synergeia.

Una vez elaborada esta primera versión de las guías y tutoriales, el siguiente paso, ya en el curso 2005-06, era obtener *feedback* de otros usuarios de Synergeia que utilizaran estos tutoriales, con la idea de mejorarlos gracias a los comentarios recibidos. Para obtener la máxima difusión de esta versión preliminar de los tutoriales, se optó por la publicación de los mismos en una revista electrónica de acceso gratuito del área de Física y Química (Jiménez y Llitjós, 2005b) y en otra revista gratuita que reciben todos los funcionarios docentes catalanes en sus domicilios y consultable también a través de Internet (Jiménez, 2005). El *feedback* obtenido sirvió para completar, corregir y mejorar los tutoriales y guías de esta plataforma, con lo que se procedió a la publicación de la versión final de los mismos (tutorial 5, tabla 2), que están disponibles tanto para el alumnado como para el profesorado, en castellano y catalán.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado el proceso de optimización metodológica de entornos telemáticos cooperativos como recursos didácticos de la química, utilizando un proyecto de creación de hipermedia, como base para dicho proceso de optimización en el que se ha ido aumentando gradualmente la complejidad de los aspectos organizativos, como pasar de grupos de dos personas del mismo grupo-clase a grupos formados por cuatro estudiantes de diferentes grupos-clase, y se han ido incorporando elementos adicionales, no vinculados directamente a los entornos telemáticos, pero que han contribuido a la mejora global del proceso, como la coevaluación del proceso de producción de hipermedia para la valoración de la responsabilidad individual.

Los dos entornos estudiados, BSCW y Synergeia, han demostrado ser adecuados para la producción cooperativa de hipermedia, y, por tanto, este estudio está en sintonía con las conclusiones a las que habían llegado otros autores sobre la validez de los espacios compartidos de trabajo en estas actividades. También han sido considerados útiles para la docencia y para el desarrollo de la asignatura en la que han sido aplicados.

La contribución del BSCW y de Synergeia a la adquisición de una actitud crítica sobre el aprovechamiento de recursos en Internet también fue positivamente valorado por el alumnado. Enfrentar a los estudiantes con la información disponible en Internet (no codificada) potencia el desarrollo de actividades de análisis, búsqueda, interpretación y selección de la información. Si además esto se realiza en grupos cooperativos, también se fomentan habilidades cooperativas, como la capacidad de autoevaluarse y la de evaluar a los demás, con lo que el estudiante no sólo asume más responsabilidad en el proceso de aprendizaje, sino también en el de la evaluación.

Ambos entornos han sido considerados de fácil uso por nuestro alumnado, si bien hemos constatado que algunas circunstancias pueden dificultar la utilización de estas plataformas, como el hecho de no tener la interfaz traducida del inglés, no disponer de guías de uso, no recibir una orientación adecuada del docente, no tener una motivación suficiente para cooperar, o disponer de poco tiempo para completar el proyecto.

El cambio de rol que le exige al profesorado la instrucción telemática centrada en el estudiante (como el aprendizaje cooperativo asistido por ordenador) puede ser desalentador para aquellos docentes que no estén habituados a este tipo de docencia. Precisamente para facilitar el acercamiento del profesorado más reactivo a estos entornos, los tutoriales de Synergeia con los que culmina este estudio no exigen conocimientos avanzados de informática, y el detalle con el que están redactados posibilita que cualquier docente pueda crear y administrar su propio espacio Synergeia, no necesariamente para la producción cooperativa de hipermedia, ya que la flexibilidad de Synergeia, o BSCW, permite su uso como soporte informático para el

aprendizaje cooperativo telemático, cualquiera que sea la actividad que el alumnado deba realizar. En cuanto a las guías para los estudiantes, pretenden ser únicamente un soporte complementario a las explicaciones del docente.

Por último, no quisiéramos finalizar sin hacer una breve mención al nuevo currículo de la ESO, derivado de la Ley Orgánica de Educación (LOE), ya que el Real Decreto 1631/2005, que fija el currículo básico de esta etapa educativa, se hace eco de algunas de las prácticas educativas presentadas en esta investigación. Así, en el apartado de la adquisición de las competencias básicas, el legislador se refiere, entre otras, a las siguientes actividades: el "trabajo en entornos colaborativos", "obtener información -ya sea individualmente o en colaboración- y, muy especialmente, para transformarla en conocimiento propio", "generar producciones responsables y creativas", "tener una actitud crítica y reflexiva en la valoración de la información disponible", "ser capaz de autoevaluarse", "disponer de habilidades sociales para relacionarse, cooperar y trabajar en equipo" y a "emprender, desarrollar y evaluar acciones o proyectos individuales o colectivos".

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Manel Puigcerver, de la Universitat de Barcelona, por el asesoramiento estadístico; a los profesores Eva Núñez, del IES Camps Blancs, y Eduard Martín, del IES Mercè Rodoreda, por las pruebas a las que sometieron las versiones preliminares de los tutoriales del Synergeia, y al *Departament d'Educació* de la Generalitat de Catalunya, por la licencia de estudios concedida a uno de los autores (G. Jiménez) (DOGC núm.: 4182 de 26.7.2004).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APPELT, W. (2001). What groupware functionality do users really use? Analysis of the BSCW system. *Proceedings of the 9th Euromicro Workshop on Parallel and Distributed Processing*, Mantua, 7-9 febrero. Consultado el 9 abril de 2007 en: <<http://bscw.fit.fraunhofer.de/Papers/PDP2001/PDP2001.pdf>>
- BENARROCH, A., LLITJÓS, A., ORTIZ, M.M. y BENBUÁN, B. (2004). La educación del consumidor a través del entorno telemático BSCW, en *La didáctica de las ciencias experimentales ante las reformas educativas y la convergencia europea* (pp. 461-466). Bilbao: Universidad del País Vasco. Servicio Editorial.
- BLUMENFEL, P., SOLOWAY, E., MARX, R., KRAJCIK, J., GUZDIAL, M. Y PALINCSAR, A. (1991). Motivating project-based learning: sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3/4), pp. 369-398.
- BROWN, A. L. Y CAMPIONE, J.C. (1994). Guided discovery in a community of learners, en K. McGully (ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory & classroom practice* (pp. 229-287). Cambridge: MIT Press.
- BROWN, J.S., COLLINS, A. y DUGUID, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), pp. 32-42.
- CHEN, C. (1997). Writing with collaborative hypertext: analysis and modelling. *Journal of the American Society for Information Science*, 48(11), pp. 1049-1066.
- EUROPA PRESS (2006). Sólo el 48% de los colegios usa el ordenador en clase aunque el 95% tiene acceso a la Red. *El País*, 2 de octubre.
- INGRAM, A.L. (1999/2000). Using web server logs in evaluating instructional web sites. *Journal of Educational Technology Systems*, 28(2), pp. 137-157.
- ITCOLE (2003). *Final field test and evaluation report. Deliverable 7.5*. Consultado el 9 abril de 2007 en: <<http://bscl.fit.fraunhofer.de/en/evaluation.pdf>>

- JIMÉNEZ, G. (2005). Synergeia: aprenentatge cooperatiu en línia a les escoles. *Funció Publicació*, 47, pp. 8-9. Consultado el 9 abril de 2007 en <<http://www.gencat.cat/governacio-ap/publ/sumaris/fp47.pdf>>
- JIMÉNEZ, G. (2006). Obtención de notas individuales a partir de una nota de grupo mediante una evaluación cooperativa. *Revista Iberoamericana de Educación*, 38(5). Consultado el 9 abril de 2007 en <<http://www.rieoei.org/1221.htm>>
- JIMÉNEZ, G. y LLITJÓS, A. (2005a). BSCW: Trabajo cooperativo *on-line* en la clase. *Quark*. Consultado el 9 abril de 2007 en: <http://www.fq.profes.net/apieaula2.asp?id_contenido=45567>
- JIMÉNEZ, G. y LLITJÓS, A. (2005b). Synergeia: Adaptación del BSCW al mundo educativo. *Quark*. Consultado el 9 abril de 2007 en: <http://www.fq.profes.net/apieaula2.asp?id_contenido=46049>
- JIMÉNEZ, G. y LLITJÓS, A. (2006a). Recursos didácticos audiovisuales en la enseñanza de la química: Una perspectiva histórica. *Educación en Química*, 17(2), pp. 158-163.
- JIMÉNEZ, G. y LLITJÓS, A. (2006b). Cooperación en entornos telemáticos en la enseñanza de la química. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 3(1), pp. 115-133. Consultado el 9 abril de 2007 en: <http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_1/Jimenez_y_Llitjos_2006.pdf>
- JIMÉNEZ, G. y LLITJÓS, A. (2006c). Procesos comunicativos en entornos telemáticos cooperativos. *Comunicar*, 27, pp. 149-154.
- JIMÉNEZ, G. y LLITJÓS, A. (2006d). Producción cooperativa de materiales hipermedia en espacios compartidos de trabajo: un caso de enseñanza de la Química. *Revista Iberoamericana de Educación*, 39(2). Consultado el 9 abril de 2007 en: <<http://www.rieoei.org/1547.htm>>
- JIMÉNEZ, G. y LLITJÓS, A. (2006e). Deducción de calificaciones individuales en actividades cooperativas: una oportunidad para la coevaluación y la autoevaluación en la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 3(2), pp. 172-187. Consultado el 9 abril de 2007 en: <http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_2/Jimenez_Llitjos_2006.pdf>
- JIMÉNEZ, G. y LLITJÓS, A. (2006f). Producción de materiales hipermedia sobre el agua en entornos telemáticos cooperativos, en *Educación Científica: Tecnologías de la Información y la Comunicación y Sostenibilidad. IV. Entornos Telemáticos en la Educación Científica* [CD-ROM]. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.
- JIMÉNEZ, G., LLITJÓS, A. y PUIGSERVER, M. (2007). Evaluación de entornos para el aprendizaje cooperativo telemático: Synergeia. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42(1). Consultado el 9 abril de 2007 en: <<http://www.rieoei.org/1762.htm>>
- JIMÉNEZ, G., LLOBERA, R. y LLITJÓS, A. (2006). La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de abertura. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), pp. 59-70.
- LEHRER, R.; ERICKSON, J. y CONNELL, T. (1994). Learning by designing hypermedia documents. *Computers in the Schools*, 10(1/2), pp. 227-254.
- LEHTINEN, E., HAKKARAINEN, K., LIPPONEN, L., RAHIKAINEN, M., & MUUKKONEN, H. (1998). *Computer supported collaborative learning: A review*. Universidades de Turku y de Helsinki. Consultado el 9 de abril de 2007 en: <<http://etu.utu.fi/papers/clnet/clnetreport.html>>
- LLITJÓS, A. (2000). Hacia el siglo XXI: Comunicación audiovisual de la química, en *Aspectos didácticos de física y química* (pp. 145-170). Zaragoza: ICE Universidad de Zaragoza.

- LLITJÓS, A., COLOMER, M., GARCÍA, P., JIMÉNEZ, G., MIRÓ, A., SANZ, M.C. y PUIGSERVER, M. (2007). Trabajo telemático cooperativo en Ciencias, en Membiela, P. (coord.). *Experiencias innovadoras de utilización de las NTIC en actividades prácticas de ciencias*, pp. 72-94. Vigo: Educación Editora. Consultado el 9 abril de 2007 en: <http://webs.uvigo.es/educacion.editora/libro_3.htm>
- MOMINÓ, J.M., SIGALÉS, C., FORNIALES, A., GUASCH, T. y ESPASA, A. (2004). *La escuela en la sociedad red: Internet en el ámbito educativo no universitario*. Barcelona: UOC. Consultado el 9 abril de 2007 en: <http://www.uoc.edu/in3/pic/esp/pdf/PIC_Escoles_esp.pdf>
- RODRÍGUEZ ILLERA, J.L. (2001). Collaborative environments and task design in the university. *Computers in Human Behaviour*, 17(5-6), pp. 481-493.
- SIEGEL, S. (1976). *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*, 2ª Ed. México: Editorial Trillas, S.A.
- STAHL, E. (2002). Methods for assessing cognitive processes during the construction of hypertexts", en Bromme, R. y Stahl, E. (eds.). *Writing hypertext and learning. conceptual and empirical approaches* (pp. 177-196). Oxford: Pergamon.
- TRELEAVEN, L. (2004). A new taxonomy for evaluation studies of online collaborative learning, en Roberts, T.S. (ed.). *Online collaborative learning: Theory and practice* (pp. 160-180). Hershey: Idea Group Inc.
- VIGOTSKY, L.S. (1978). *Mind in Society: The development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press.
- WHITTAKER, S.; GEELHOED, E. y ROBINSON, E. (1993). Shared workspaces: how do they work and when are they useful? *International Journal of Man-Machines Studies*, 39(5), pp. 813-842.

6

Prácticas cooperativas de química y niveles de apertura

6.1.Trabajo 23

6.2.Trabajo 24

6.3.Trabajo 25



Como se comentó en la introducción de esta memoria, este sexto capítulo contiene dos trabajos correspondientes a una investigación paralela llevada a cabo con los mismos estudiantes que la investigación principal. Esta investigación, sobre la atención a la diversidad en las prácticas cooperativas de laboratorio, está relacionada con el uso que hicieron los estudiantes de los entornos telemáticos estudiados, ya que, como se ha comentado en el trabajo 10, los estudiantes utilizaban, en ocasiones, el BSCW/Synergeia en sesiones desdobladas con prácticas de laboratorio: mientras la mitad de cada grupo cooperativo estaba en el laboratorio realizando individualmente prácticas de la asignatura, la otra mitad del grupo cooperativo estaba en la sala de informática, y en la siguiente sesión las posiciones se invertían. La investigación que se presenta en este capítulo corresponde, justamente, al estudio de los niveles de apertura en estas sesiones de laboratorio, y también se ha hecho en un contexto de cooperación, en sintonía con el marco general cooperativista de la investigación principal. El trabajo 25 describe los procedimientos utilizados para realizar algunas de las prácticas de laboratorio en las que se usaron los niveles de apertura.

Además de estas relaciones entre ambas investigaciones, Ross (1993) ha encontrado paralelismos entre la taxonomía de Bloom (comentada en los trabajos 23 y 24) y en el diseño de hipertextos educativos, lo que relaciona aún más la investigación sobre los niveles de apertura y la producción de hipermedia en entornos cooperativos.

Por último, nos gustaría ampliar brevemente las referencias que se hacen al aprendizaje cooperativo en la enseñanza de la química en el apartado "Prácticas de laboratorio cooperativas" del trabajo 23. En él se enumera un conjunto de referencias bibliográficas sobre la cooperación en las prácticas de laboratorio, pero creemos que es conveniente citar otras referencias del aprendizaje cooperativo en las diferentes ramas de la química y en otras disciplinas científicas.

En cuanto al aprendizaje cooperativo en el aula, este método de instrucción se ha utilizado en todas las áreas de la química: química general e inorgánica (Kogut, 1997; Robblee, 1991), química física (Townes y Grant, 1997), química orgánica (Carpenter y McMillan, 2003; Hagen, 2000; Paulson, 1999; Tien, Roth y Kampmeier, 2002), química analítica (Wenzel, 2003; Wright, 1996), ingeniería química (Felder, 1996), bioquímica (Glassman, 1978), didáctica de la química (Llitjós, 2006) e incluso en programas de formación de futuros profesores (Banerjee y Vidyapati, 1997) y ayudantes de laboratorio (Birk y Kutz, 1996).

Por lo que respecta a otras disciplinas científicas, encontramos referencias del uso del aprendizaje cooperativo en la física (Chang y Lederman, 1994; Scott y Heller, 1991), en la geología (Lazarowitz, Hertz-Lazarowitz y Baird, 1994), en las matemáticas (Artzt, 1994) o en la biología (Lumpe y Staver, 1995; Posner y Markstein, 1994; Sherman, 1988; Watson y Marshall, 1995), donde incluso hay descrita una experiencia cooperativa con mapas conceptuales (Okebukola, 1992).

Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de química

Gregorio Jiménez Valverde¹, Rosa Llobera Jiménez² y Anna Llitjós Viza²

¹Departament de Química Ambiental. IES Mercè Rodoreda. L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona). E-mail: gjimene2@xtec.net. ²Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i la Matemàtica. Universitat de Barcelona.

Resumen: El objetivo de este artículo es describir una experiencia didáctica llevada a cabo en las actividades de laboratorio utilizando los niveles de abertura en prácticas cooperativas como método de atención a la diversidad a los estudiantes de Ciclos Formativos de Grado Superior de la rama química. La heterogeneidad de este alumnado se debe, principalmente, a los diferentes estudios cursados: título de bachillerato con o sin formación en química, prueba de acceso o estudios universitarios previos. La experiencia se centró en estudiantes de Química Ambiental, en el área de depuración de aguas.

Palabras clave: Constructivismo, Química Ambiental, Actividades de Laboratorio, Niveles de Abertura, Aprendizaje cooperativo.

Title: Levels of openness in cooperative chemistry laboratory activities.

Abstract: The purpose of this article is to describe a didactic experience about the use of the levels of openness in cooperative laboratory activities as a teaching method to take into account the different skills that Higher-Level Vocational Chemistry Training Education students show at the chemistry laboratory, mainly due to the different ways students can enroll the course (High School Diploma with or without chemistry training, entrance examination or previous university studies). The experience was carried out with Environmental Chemistry students in the area of water depuration.

Keywords: Constructivism, Environmental Chemistry, Laboratory Activities, Levels of Openness, Cooperative Learning.

Introducción

"Desde las primeras etapas, los estudiantes deberían experimentar la ciencia de tal manera que les comprometiera a la activa construcción de ideas y de explicaciones y que aumentara sus oportunidades para desarrollar la capacidad de 'hacer' ciencia. Enseñar Ciencia efectuando investigaciones ofrece al profesorado la oportunidad de que sus alumnos y alumnas desarrollen aptitudes para enriquecer el conocimiento de la Ciencia" (National Research Council, 1996). Esta afirmación proporciona un marco teórico para la enseñanza y el aprendizaje de la Ciencia a través de una docencia basada en investigaciones. Con el término "investigación" normalmente nos referimos a

ciertas partes del proceso de trabajo que los científicos realizan. En la enseñanza de las Ciencias, "investigación" se refiere a la enseñanza que está enfocada en las acciones de los estudiantes. Este proceso de investigación se inicia con una serie de preguntas a los estudiantes seguido de un "descubrimiento" de las respuestas a estas preguntas. Estos procesos normalmente tienen lugar en actividades prácticas en el laboratorio, dentro de lo que serían las horas de clase curriculares. Desgraciadamente, la investigación no ha sido (ni es) el método de aprendizaje tradicional en la enseñanza de las Ciencias, donde el profesorado es el centro del proceso docente, a través de demostraciones o clases magistrales en las que el alumnado juega un papel discreto a la hora de formular las preguntas o efectuar "investigaciones". La manera tradicional de realizar un experimento científico poco tiene que ver con la manera real que seguiría un científico: el tema a investigar lo decide el docente (no los "investigadores"), quien también indica qué instrumental hay que utilizar, qué pasos seguir, qué datos apuntar, cómo organizar estos datos, etc. Al finalizar la actividad práctica, los resultados obtenidos no se presentan a otros investigadores (para realizar una crítica de los resultados) y, para colmo, el docente ya conocía con antelación los resultados que se iban a obtener.

El sistema educativo surgido a partir de la implantación de la LOGSE (1990) supuso nuevos retos a los profesionales de la educación. Entre otros aspectos destacables, la LOGSE apostó por un modelo de escuela comprensivo, es decir, una escuela que integra realmente la diversidad de estudiantes, con el objetivo de dar respuesta a sus diferentes intereses, capacidades y ritmos de aprendizaje. En esta escuela, el currículum de las asignaturas y módulos es un currículum abierto, que, partiendo de unos contenidos y objetivos generales para todos, permite a cada centro adecuarlo a las características de su alumnado y de su entorno. Es competencia del profesorado establecer los métodos pedagógicos que mejor se adecuen a las características de su alumnado. Pero hay que tener en cuenta que no todos los estudiantes tienen las mismas capacidades, intereses y ritmos de aprendizaje, por tanto es necesario un modelo flexible que se adapte a esta mayor diversidad del alumnado.

El objetivo de este trabajo es describir una experiencia didáctica que intenta responder a la necesidad de atender a la diversidad en las actividades prácticas de los ciclos formativos de grado superior (CFGS) de la rama de química, utilizando como principal técnica pedagógica los niveles de apertura. Aunque la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) sea probablemente la etapa educativa en la que más se ha estudiado la atención a la diversidad, es necesario realizar una correcta atención a la diversidad en otras etapas educativas. En los Ciclos Formativos de Grado Superior de la rama de química existe una heterogeneidad en el nivel de conocimientos previos de los estudiantes que marcan de manera acentuada la diversidad del alumnado en las actividades prácticas de laboratorio. Es conveniente, por tanto, poder dar respuesta a esta heterogeneidad en el alumnado y la manera que se describe en el presente trabajo es aplicando diferentes niveles de apertura en las

actividades prácticas, en un contexto de trabajo cooperativo entre los estudiantes.

Los niveles de abertura

La teoría constructivista postula que el conocimiento no puede ser transferido de una persona a otra, sino que debe ser construido activamente en la mente de cada estudiante, a través de interacciones con el ambiente (Bodner, 1986). Shiland (1999) desarrolló este postulado en las siguiente cinco proposiciones:

1. El aprendizaje requiere cierta actividad mental.
2. Los conocimientos previos influyen en el proceso de aprendizaje.
3. El aprendizaje ocurre cuando hay una decepción o una incompatibilidad con el conocimiento actual.
4. El aprendizaje tiene un componente social. La construcción del conocimiento es básicamente un proceso social en el que el significado se construye en el contexto del diálogo con otros.
5. El aprendizaje necesita aplicar los conceptos aprendidos.

La primera de estas proposiciones implica que el proceso de construcción del conocimiento requiere un esfuerzo o actividad mental. Esto significa que, en el laboratorio, los estudiantes deberían desarrollar aptitudes de alto nivel cognitivo, de acuerdo con la taxonomía de Bloom (1956) de los objetivos educativos. En esta taxonomía, Bloom clasifica los objetivos educativos o procesos cognitivos en 6 categorías jerarquizadas según el esfuerzo intelectual que requieren: los tres primeros objetivos educativos son conocidos como procesos cognitivos de bajo orden (conocimiento, comprensión y aplicación) y los tres últimos, como procesos cognitivos de alto orden (análisis, síntesis y evaluación).

El primer postulado de Shiland exige, por tanto, que los procesos cognitivos que se desarrollen durante una actividad práctica de laboratorio sean, prioritariamente, los de alto orden. Desafortunadamente, el estilo de prácticas más extendido, las prácticas expositivas, requiere del alumnado poco esfuerzo mental, ya que sólo se alcanzan objetivos educativos de bajo orden.

El estilo de prácticas expositivo es el más popular y el más fuertemente criticado. Se ha utilizado y se continúa utilizando ampliamente. En las prácticas expositivas, el docente dirige el trabajo de laboratorio de los estudiantes y, por tanto, éstos sólo tienen que repetir las instrucciones de aquél o leerlas de algún manual o guión. Los resultados son conocidos con anterioridad por el profesorado y, en ocasiones, también por el alumnado, y si éste no los conoce, el docente utilizará los resultados obtenidos para compararlos con el resultado esperado.

Las prácticas expositivas permiten que las actividades puedan ser realizadas a la vez por un elevado número de estudiantes con una implicación mínima por

parte del profesorado durante la sesión práctica. La característica principal de este tipo de prácticas es que son como recetas de cocina: prácticamente no se da ninguna importancia a la planificación de la investigación o a la interpretación de los resultados (Domin, 1999a). El principal inconveniente de estas prácticas, además de lo poco representativas que son de lo que es realmente la actividad científica, es que este estilo de prácticas es poco efectivo de cara al cambio conceptual del alumnado, por dos razones principales:

1. Durante la práctica, los estudiantes pasan más tiempo determinando si han conseguido o no los resultados correctos que planificando y organizando el experimento. Normalmente, no se les concede el tiempo suficiente para analizar la práctica, ni para integrar la práctica que realizarán con los conocimientos anteriores.

2. Las prácticas de tipo expositivo están pensadas para desarrollar aptitudes de bajo nivel cognitivo, como las de tipo manual, pero no para realizar grandes cavilaciones. De hecho, los guiones y manuales de laboratorio de este tipo de prácticas funcionan de manera similar a cómo lo hace un catalizador. Igual que un catalizador aumenta la velocidad de reacción proporcionando un camino de reacción alternativo de menor energía, el manual de laboratorio reduce la cantidad de tiempo necesario para completar una actividad de laboratorio proporcionando un camino instructivo que requiere menor esfuerzo intelectual y que hace que no sean necesarios los procesos cognitivos de alto orden (Domin, 1999b).

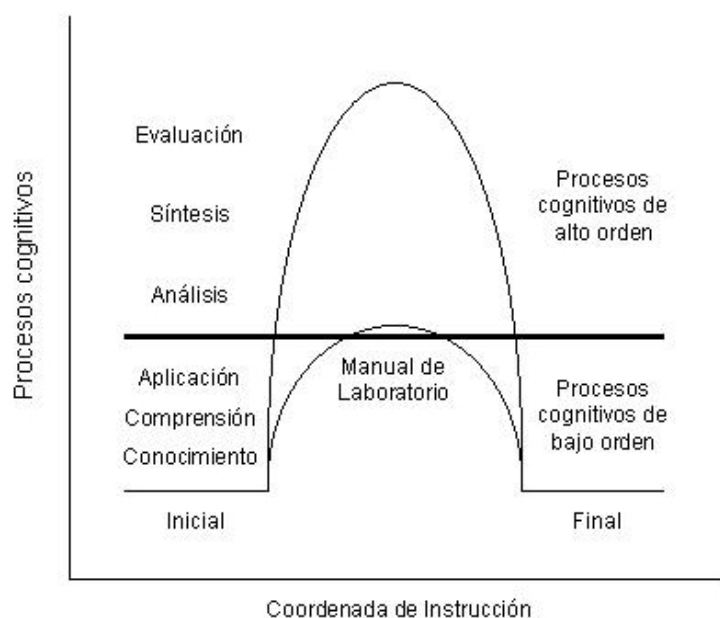


Figura 1.- El manual de laboratorio cataliza el proceso de realización de la práctica de laboratorio, pues llegamos al mismo punto final utilizando sólo los procesos cognitivos de bajo orden.

¿Cómo podrían alcanzarse los objetivos educativos de alto orden en una práctica de laboratorio? A continuación se consideran cuatro aspectos que potencialmente pueden hacer aumentar el esfuerzo mental necesario para completar con éxito una práctica de laboratorio:

- a. Conseguir que los estudiantes identifiquen las variables más importantes.
- b. Intentar que los estudiantes sugieran fuentes de error durante las actividades prácticas y las modificaciones necesarias para eliminar estas fuentes de error y, también, realizar preguntas sobre las prácticas (se realizarán evaluaciones orales durante las prácticas).
- c. Hacer que los estudiantes creen sus propias tablas de datos en una actividad práctica.
- d. Hacer que los estudiantes diseñen el procedimiento de las prácticas o reducir la información facilitada en los procedimientos que se facilitan al alumnado. El hecho de reducir la información facilitada en los procedimientos que se facilitan al alumnado hace aumentar lo que se conoce como el *nivel de abertura* de una actividad práctica.

La primera definición de nivel de abertura la dio Schwab (1962), quien describió varios niveles de abertura en relación a la enseñanza de actividades prácticas en el laboratorio: "El grado de abertura (o nivel de descubrimiento) se basa en la proporción en la que el profesorado facilita: (a) los problemas, (b) las maneras y medios para afrontar ese problema, (c) la respuesta a esos problemas. La cantidad de intervención por parte del docente es inversamente proporcional al grado de abertura de una práctica o, lo que es lo mismo, al grado de descubrimiento por parte del estudiante". La propuesta de Schwab consistía en tres niveles de abertura:

- En el primer nivel, el docente presenta una serie de problemas no discutidos previamente en clase, con descripciones de diferentes maneras de llegar a la solución.
- En el segundo nivel, el docente plantea un problema sin ninguna sugerencia respecto a la metodología.
- En el tercer nivel, el docente presenta fenómenos diseñados para estimular la identificación de un problema.

Han surgido variaciones respecto a estos niveles propuestos por Schwab, de la mano de otros autores (McComas, 1990; Smith, 2000; Tamir, 1976). Para esta experiencia, se ha utilizado la propuesta de Herron (1971) (Tabla 1).

El nivel de abertura 0 de la clasificación de Herron (demostración) consiste en una comprobación práctica de los principios teóricos, por lo que el estudiante conoce de antemano el objetivo de dicha práctica y el resultado final. Al estudiante, además, se le facilita tanto el material como el método para que pueda llevarla a cabo. En las prácticas con un nivel de abertura 1 (ejercicio), el estudiante aprende a seguir las instrucciones de un método o de un instrumento y las técnicas específicas de observación y manipulación. En

estos dos niveles de abertura, el estilo de prácticas utilizado suele ser el expositivo.

Nivel	Nombre	Objetivo	Material	Método	Solución
0	Demostración	dado	dado	dado	dada
1	Ejercicio	dado	dado	dado	abierta
2	Investigación estructurada	dado	dado todo o en parte	dado en parte o abierto	abierta
3	Investigación abierta	dado	abierto	abierto	abierta
4	Proyecto	dado en parte o abierto	abierto	abierto	abierta

Tabla 1.- Niveles de abertura según Herron (1971).

En el nivel de abertura 2 (investigación estructurada), el estudiante aprende a seleccionar el material y a desarrollar un método, puesto que ninguno de estos dos factores es dado completamente al estudiante. Este nivel de abertura se basa en prácticas de investigación, aunque es posible también basarse en prácticas expositivas a las que se les ha suprimido partes seleccionadas de la metodología. Es decir, están en un término medio entre las prácticas de tipo expositivo y las prácticas de investigación abierta.

En el nivel de abertura 3 (investigación abierta), el estudiante identifica un problema, lo formula; escoge y diseña el método más apropiado para solucionarlo. El tipo de prácticas en las que se basa son las prácticas de investigación.

Las prácticas de investigación constituyen una alternativa a las expositivas. Las prácticas de investigación tienen un enfoque inductivo, los resultados no se conocen *a priori* y requieren, en mayor o menor medida en función del nivel de abertura, que el alumnado genere su propio método de actuación y el procedimiento a seguir: ya no existe ese catalizador (guiones de prácticas expositivas o "recetas de cocina") y por tanto, el estudiante se ve obligado a diseñar, desarrollar y conducir su propio experimento. Este tipo de prácticas puede tener un componente de recogida y análisis de datos y de formulación y posterior verificación de hipótesis. Esta estrategia les obliga a usar procesos cognitivos de alto orden, de acuerdo con la taxonomía de Bloom. Por lo tanto son un tipo de prácticas que requieren mucha más atención y esfuerzo intelectual por parte del alumnado, están menos dirigidas y confieren a los estudiantes una responsabilidad mucho mayor a la hora de decidir el procedimiento adecuado (Domin, 1999b). Esto favorece una mejor actitud de los estudiantes hacia la investigación científica y también les permite asociar de una manera más clara los conceptos teóricos con los datos empíricos (Pickering, 1985). Esto es de especial importancia cuando la relación no es obvia, como sucede en el caso de la teoría atómica y molecular y la evidencia

espectroscópica que la apoya (Ricci y Ditzler, 1991). El docente debe organizar, diseñar y presentar apropiadamente este tipo de prácticas y los estudiantes deben entender los objetivos de las mismas, sino éstos pueden no aprender nada después de un periodo largo de investigación (Chang y Lederman, 1994).

En el nivel de abertura 4 (proyecto), los estudiantes realizan una investigación, cuyo objetivo puede haber sido incluso propuesto por ellos mismos. Podemos encontrar algunos ejemplos de prácticas de química con este nivel de abertura en algunos Trabajos de Investigación (asignatura obligatoria en el currículum de Bachillerato en el ámbito de Catalunya).

Prácticas de laboratorio cooperativas

El aprendizaje cooperativo puede definirse como aquella técnica pedagógica en la que los estudiantes trabajan juntos hacia la consecución de un mismo objetivo y cada individuo alcanza dicho objetivo si y sólo si el resto de miembros del grupo cooperativo también lo alcanzan (Kerns, 1996; Ovejero, 1990).

De la propia definición de aprendizaje cooperativo, podemos deducir que el trabajo cooperativo representa más que el trabajo grupo, ya que en los grupos cooperativos se establece una relación de interdependencia positiva entre sus miembros: los estudiantes perciben que sólo si sus compañeros alcanzan sus objetivos podrán ellos mismos alcanzar los propios (Deutsch, 1949; Johnson y Johnson, 1999, p. 53). Los miembros de un grupo cooperativo comparten un destino mutuo y su éxito es causado mutuamente (Johnson y Johnson, 1992) ya que los esfuerzos de cada integrante del grupo no sólo le benefician a él mismo sino a todos los demás miembros. Como consecuencia de la interdependencia positiva, el trabajo cooperativo necesita diversos tipos de coordinación: distribuir y organizar el trabajo, así como discutir cómo éste se organiza y se lleva a cabo.

Otros componentes importantes del aprendizaje cooperativo incluyen la responsabilidad individual y grupal (el grupo debe asumir la responsabilidad de alcanzar su objetivo común y cada miembro será responsable de cumplir con la parte de trabajo que le corresponda), la interacción estimuladora del éxito de los demás miembros del grupo (preferentemente cara a cara), el uso adecuado de habilidades interpersonales y grupales (deberán desarrollar habilidades como la resolución de conflictos, la negociación, la comunicación efectiva entre los miembros de un grupo) y la evaluación grupal (o capacidad de procesar la eficacia con la que funcionó el grupo) (Johnson, Johnson y Holubec, 1999).

Las ventajas del aprendizaje cooperativo están ampliamente difundidas en la bibliografía y, entre las más destacables podríamos citar las siguientes: la mejora del rendimiento de los estudiantes, el incremento de su responsabilidad y participación activa en el proceso de aprendizaje (ya que es una actividad centrada en el estudiante), un mayor éxito en la resolución de problemas, así como una mayor autoestima y unas relaciones interpersonales más positivas que las que se obtienen con esfuerzos competitivos o individualistas (Cooper,

1995; Nogueiras, Membiela y Suárez, 1993; Slavin, 1995; Wenzel, 2000). Tal y como se ha comentado con las actividades prácticas "abiertas", también está descrito el incremento del uso de procesos cognitivos de alto orden con el aprendizaje cooperativo (Gabbert, Johnson y Johnson, 1986; Panitz y Panitz, 1998).

Diferentes estudios avalan la eficacia del aprendizaje cooperativo en la enseñanza de la química (Bowen, 2000) tanto en la educación secundaria (Okebukola y Ogunniyi, 1984) como en niveles superiores (Cooper, 1995). El trabajo cooperativo no sólo se aplica en el aula (Kogut, 1997), sino también en el laboratorio (Cooper, 1996; Shibley y Zimmaro, 2002).

Dentro de las variantes que las prácticas cooperativas permiten, encontramos prácticas de este tipo en formato de juegos de rol (Jackson y Walters, 2000; Trumbore, 1974; Walters, 1991a, 1991b, 1991c), que proporcionan un formato más estructurado y sistemático para el trabajo cooperativo en el laboratorio (Deavor, 1994) y en las que la interdependencia positiva, en esta ocasión de roles, hace que cada integrante tenga un rol complementario e interconectado con los demás, con unas responsabilidades asociadas, el cumplimiento de las cuales es necesario para que el grupo alcance el objetivo común. También hay referencias al uso de la técnica cooperativa del Puzzle ("*Jigsaw*") en prácticas de laboratorio de química (Smith, Hinckley y Volk, 1991), prácticas cooperativas basadas en proyectos (*project-based learning*) (Giancarlo y Slunt, 2004) o en problemas (*problem-based learning*) (Wenzel, 1998) e incluso prácticas cooperativas de investigación (Coppola y Lawton, 1995; Emry *et al.*, 2000; Wright, 1996). La bibliografía empieza a recoger también prácticas cooperativas que hacen uso de las TICs (Whisnant, Howe y Lever, 2000).

Toda práctica cooperativa es una práctica en grupo, pero no todas las prácticas en grupo son prácticas cooperativas. En la bibliografía no es difícil encontrar prácticas para ser realizadas en grupo (Seymour y Padberg, 1975), ya que presentan la ventaja de utilizar menos reactivos, menos muestra, menos material de laboratorio y menos instrumentación (Anderson, Hayes y Werner, 1995; Deavor, 1994), pero lo que las diferencia de las prácticas cooperativas es la ausencia de interdependencia positiva entre los miembros del grupo y, en ocasiones, incluso de un objetivo común (Wentworth *et al.*, 1964; Zuehlke, 1962).

Descripción de la experiencia

La presente experiencia se ha llevado a cabo con el alumnado del CFGS de Química Ambiental, del IES Mercè Rodoreda (L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona). El ciclo formativo tiene una duración de un curso académico y cada año se matriculan, aproximadamente, unos 50 estudiantes. En concreto, los niveles de abertura se han utilizado en las prácticas de laboratorio de la unidad didáctica "Técnicas analíticas clásicas aplicadas al análisis de aguas: volumetrías" del módulo "Depuración de aguas". Las volumetrías aplicadas al

análisis de aguas que se realizan en el laboratorio dentro de esta unidad didáctica son las siguientes:

Número	Volumetría	Tipo (según reacción)	Tipo (según método)
4	Determinación de la alcalinidad	Ácido-Base	Directa
5	Determinación de la dureza	Complexometría	Directa
6	Determinación de los cloruros (Mohr)	Precipitación	Directa
7	Determinación del oxígeno disuelto (Winkler)	RedOx	Indirecta
8	Determinación de la oxidabilidad al permanganato	RedOx	Doble retroceso
9	Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO-Cr)	RedOx	Retroceso

Tabla 2.- Volumetrías empleadas en el análisis de aguas.

Además de estas volumetrías se realizaron otras 3 volumetrías previas (tabla 3) que tienen por objetivo:

- Estandarización de soluciones para poderlas usar como soluciones patrón en alguna de las volumetrías anteriores.
- Adquirir o mejorar la práctica para realizar una volumetría con ejemplos que no se corresponden con el análisis de muestras de agua.

Número	Volumetría	Objetivo perseguido
1	Estandarización de una solución de NaOH	a) y b)
2	Estandarización de una solución de HCl	a) y b)
3	Determinación del grado de acidez de un vinagre	b)

Tabla 3.- Volumetrías previas a las curriculares.

En esta experiencia, la utilización de los niveles de abertura se realiza bajo dos puntos de vista:

- Aumentar gradualmente el nivel de abertura en las prácticas.
- Utilizar los niveles de abertura para poder atender a la diversidad en una misma práctica.

El agrupamiento heterogéneo de estudiantes es un elemento importante del aprendizaje cooperativo (Watson, 1992), de tal modo que para algunos autores la falta de heterogeneidad en los grupos puede explicar, en ocasiones, la falta de eficiencia de esta técnica pedagógica (Johnson y Johnson, 1999, p.

114). En los ciclos formativos de la rama de química, la heterogeneidad del alumnado corresponde principalmente al diferente nivel de química que los estudiantes tienen, y que es debido básicamente a los estudios que han cursado con anterioridad, aunque en algunas ocasiones también puede ser decisiva la experiencia laboral que tengan en el campo de la química. Es necesario, pues, conocer el nivel de química de los estudiantes para poder atender a la diversidad con mayor eficacia.

En función de los estudios cursados con anterioridad al CFGS de Química Ambiental, podemos agrupar al alumnado en tres grupos:

- *Grupo 1:* en este grupo se encuentran los estudiantes con un nivel bajo o muy bajo de química. Estudiantes que sólo han cursado la física y química de 2º BUP, que han realizado un bachillerato (o el COU) sin cursar la materia de química o que no han acabado el bachillerato y han realizado la prueba de acceso a los CFGS.
- *Grupo 2:* en este grupo se encuentran aquellos estudiantes que han realizado la asignatura de Química en COU o la materia de Química en el Bachillerato o un Ciclo Formativo de Grado Medio de la rama de química. Este grupo tiene un nivel medio de Química.
- *Grupo 3:* este es el grupo de nivel alto de química. Aquí encontraríamos a los estudiantes que ya han realizado un CFGS de la rama de química, a los que provienen de la antigua FP2 de química y a los que han cursado asignaturas de química en la universidad.

A la hora de tener que realizar agrupaciones heterogéneas del alumnado durante el transcurso de la experiencia, la primera idea que se nos podría ocurrir es la de crear grupos de tres estudiantes, con un estudiante de cada uno de los tres grupos anteriores. Algunos investigadores prefieren una estructura en las agrupaciones heterogéneas que incluya sólo 2 niveles de habilidad. Esto se debe a la tendencia que muestran los estudiantes de nivel más alto a ayudar a los estudiantes de nivel más bajo, pero no necesariamente a estudiantes de un nivel intermedio (Webb, 1985). Debido a eso, fue necesario reagrupar a los estudiantes en sólo dos grupos, para lo cual se utilizó un criterio más interesante y útil para el propósito de esta experiencia: el nivel práctico previo de química:

- *Nivel bajo:* integrado por los estudiantes pertenecientes a los grupos 1 y 2 anteriores. Estos alumnos han realizado muy pocas o ninguna práctica de laboratorio de química.
- *Nivel alto:* integrado por los estudiantes del grupo 3 anterior y aquellos estudiantes que, aún formando parte de los grupos 1 y 2 anteriores, trabajen o hayan trabajado en laboratorios de análisis químico. En general, tienen soltura en un laboratorio químico y probablemente han realizado con anterioridad varias prácticas iguales o similares a las que se realizan durante el curso.

La organización de las prácticas y el uso de los niveles de apertura (ambos como métodos de atención a la diversidad) deberían permitir que los

estudiantes con diferentes niveles y diferentes ritmos de aprendizaje pudieran conseguir a alcanzar los objetivos terminales del módulo.

En el módulo de depuración de aguas, el alumnado del CFGS se distribuye en tres grupos para las clases prácticas de laboratorio y cada grupo consta de 16 a 18 estudiantes. El laboratorio del instituto tiene una capacidad para 20 estudiantes, en 10 lugares de trabajo. Eso significa que o las prácticas las hacen simultáneamente todos los estudiantes organizados en parejas o es necesario realizar algún tipo de desdoblamiento.

En este módulo se utiliza un entorno telemático para el trabajo cooperativo *on-line*, llamado BSCW, gracias al cual podemos realizar desdoblamientos en el laboratorio sin necesidad de aumentar el profesorado, ya que mientras una mitad de la clase trabaja con el entorno telemático en la sala de informática (Jiménez y Llitjós, 2006), la otra mitad puede realizar la práctica correspondiente individualmente y a la semana siguiente se invierten las posiciones. En la unidad didáctica de volumetrías, sin embargo, este tipo de desdoblamientos sólo se realizó para una única práctica de laboratorio, la volumetría 3, si bien es cierto que en unidades didácticas posteriores se hace mayor uso del BSCW y se realizan, por tanto, mayor número de prácticas individuales. Preferimos que en estas primeras sesiones de laboratorio priorizar el trabajo en grupos cooperativos de 2 estudiantes, por los motivos que se apuntaron anteriormente.

Una vez decidido que sólo una práctica se realizaría individualmente, era necesario decidir qué tipos de parejas realizarían el resto de prácticas. Si las ocho prácticas restantes se hubiesen realizado en parejas heterogéneas (un estudiante de nivel práctico alto y otro de nivel práctico bajo), entonces no hubiese tenido demasiado sentido, especialmente al principio, aplicar niveles de abertura, ya cada uno de los miembros de la pareja necesitaría un guión diferente, con niveles de abertura diferente. Además, se ha de tener en cuenta que conforme avanza el curso, es de esperar que las diferencias de nivel práctico de los estudiantes se vayan reduciendo. Por todo eso se estimó oportuno realizar 2 prácticas con parejas "heterogéneas", sobretudo al principio de la unidad didáctica, y 3 prácticas con parejas "homogéneas".

El hecho de tener parejas "homogéneas" en el laboratorio (unas parejas con ambos integrantes de nivel bajo y otras parejas con ambos integrantes de nivel alto) sí que permite poder aplicar los niveles de abertura. A pesar de denominar "homogéneas" a las parejas que tienen el mismo nivel previo de química, es necesario recordar que la heterogeneidad de la que hablan los expertos en aprendizaje cooperativo va más allá de la habilidad o del rendimiento e incluye diferencia de género, de raza, edad, interés por la materia objeto de estudio o liderazgo. Es decir, las parejas "homogéneas" pueden seguir siendo heterogéneas, según otros factores.

Para las tres últimas prácticas, y teniendo en cuenta que la diferencia entre nivel alto y bajo debía haberse ido reduciendo, se permitió que los estudiantes se agruparan libremente en parejas, sin ninguna restricción sobre el nivel práctico inicial. De estas tres últimas prácticas, una de ellas tenía nivel de

abertura 1, ya que es una práctica que los estudiantes deben realizar siguiendo las instrucciones de un Procedimiento Normalizado de Trabajo (tal y como exige el currículum del módulo) y, además, los estudiantes tuvieron la opción de realizar la última volumetría de la unidad didáctica, con nivel de apertura 3.

Volumetría	Organización	Nivel apertura
1	Parejas heterogéneas	1
2	Parejas homogéneas	Nivel bajo=1
		Nivel alto=2
3	Práctica individual	Nivel bajo=1
		Nivel alto=2
4	Parejas heterogéneas	1
5	Parejas homogéneas	Nivel bajo=1
		Nivel alto=2
6	Parejas homogéneas	Nivel bajo=1
		Nivel alto=2
7	Parejas libres	1 (PNT)
8	Parejas libres	2
9	Parejas libres	2 (3, opcional)

Tabla 4.- Planificación de las prácticas

Para no extendernos con el desarrollo de todas las prácticas, se incluyen, en forma de anexos, los guiones de laboratorio para una única volumetría: en el anexo I se incluye el guión de la volumetría 3, nivel de apertura 1 y en el anexo II, el guión de la misma volumetría, pero con nivel de apertura 2. Se ha elegido esta volumetría como ejemplo (determinación del contenido de ácido acético en una muestra de vinagre) puesto que al ser una práctica de química general, podrá ser aplicada por un mayor número de docentes. Los guiones de las volumetrías 4, 5, 6, 7 y 8, con nivel de apertura 1, están descritos en la bibliografía (Jiménez y Llitjós, 2004).

Evaluación

Durante la semana siguiente a la realización de una práctica, cada pareja entregaba un informe con los datos cuantitativos y las respuestas a una serie de preguntas sobre dicha práctica, excepto en el caso de la práctica individual, en la que el informe era realizado y entregado individualmente. La corrección del informe generaba una nota común para los miembros de la pareja. Con anterioridad se comentó que una de las características fundamentales del trabajo cooperativo es la responsabilidad individual (Slavin, 1983; Watson, 1992), que sólo existe cuando se evalúa el rendimiento de cada estudiante individualmente. Las evaluaciones grupales se han de ajustar al rendimiento individual (Kaufman, Felder y Fuller, 2000), ya que si este ajuste no se realizara, los estudiantes que hubiesen adoptado una actitud pasiva recibirían

la misma calificación que aquellos que se hubiesen mostrado más activos y trabajadores, lo que es injusto y va en contra del principio de responsabilidad individual.

La calificación de los informes de las prácticas realizadas en pareja no debería ser usada para realizar deducciones sobre la competencia individual de los estudiantes. Sin datos del proceso grupal, la puntuación de estos informes debería interpretarse como lo que los estudiantes pueden producir cuando trabajan con otros (Webb, 1993). De entre las formas propuestas por Johnson y Johnson (1999, p. 124) para evaluar la responsabilidad individual, hemos aplicado las siguientes:

1. Preguntas y cuestiones sobre las diferentes actividades prácticas en la prueba escrita individual que se realizó al final de la unidad didáctica.
2. Realizar evaluaciones orales individuales, con la ayuda de la libreta de laboratorio, durante las sesiones prácticas de laboratorio (tabla 5). Con anterioridad se comentó que formular preguntas sobre la práctica aumenta el esfuerzo intelectual de los estudiantes.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• ¿Se demostraron habilidades orales durante la explicación?• ¿La explicación resumió lo esencial del experimento (o de la parte de experimento)?• ¿El alumno comprendió el objetivo de la práctica?• ¿El alumno comprendió por qué usó un determinado instrumento / equipamiento / material de laboratorio y cómo funciona?• ¿El alumno discutió e interpretó correctamente los datos y resultados?• ¿El alumno presentó conclusiones correctas? |
|--|

Tabla 5.- Aspectos que se tuvieron en cuenta en las evaluaciones orales.

3. Observar el trabajo en el laboratorio y completar formularios individuales con ítems que incluyen tanto aspectos generales del trabajo en el laboratorio (tabla 6), aspectos concretos de química (tabla 7) y aspectos específicos sobre cada una de las prácticas realizadas (tabla 8).

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Distribución adecuada de su tiempo• Respeto de las normas de seguridad (p.ej. uso de gafas de seguridad, bata de laboratorio).• Actúa de manera responsable (p.ej. no pipetear con la boca o inhalar productos químicos)• Gestión correcta de los residuos generados en el laboratorio.• Orden en el lugar de trabajo• Capacidad de trabajo en el laboratorio• Limpieza del material (incluyendo el eliminar los escritos con rotulador de vidrio) y equipamiento utilizado• Respeto a las normas internas de funcionamiento en el laboratorio |
|---|

Tabla 6.- Aspectos generales del trabajo en el laboratorio a evaluar.

- Realiza las pesadas en la balanza analítica o en el granatario, según corresponde
- Pipetea correctamente (posición de la pipeta, del vaso de recogida, secado de la pipeta...)
- Utiliza el material volumétrico adecuadamente y lo enrasa correctamente.
- Al utilizar la pipeta, no sopla al final.
- Se enjuagan pipetas y buretas con la solución que luego van a contener
- Al utilizar la pipeta, mantiene la punta de la pipeta en contacto con la pared del recipiente que va a contener el líquido.
- No usa cuentagotas para acabar de llenar una probeta.
- Posiciona correctamente las manos a la hora de hacer una volumetría
- No coloca el material volumétrico en la estufa
- Sabe realizar correctamente una dilución
- Sabe realizar correctamente una pesada por diferencia
- Sabe realizar correctamente una volumetría
- Sabe apreciar correctamente los virajes de los indicadores
- Añade reactivos auxiliares con pipetas graduadas o probetas
- No devuelve el exceso de reactivo al recipiente original
- Utiliza la vitrina de gases cuando es necesario
- Utiliza los productos químicos correctamente en función de su grado de pureza.

Tabla 7.- Aspectos concretos de química a evaluar.

- ¿Ha realizado correctamente los cálculos previos?
- ¿Toma con pipeta aforada el volumen de vinagre?
- ¿Realiza una dilución correcta: material correcto y concentración aproximada final correcta?
- ¿Ha decolorado la solución o ha anotado esta circunstancia?
- ¿Toma el volumen de la solución diluida con pipeta aforada?
- ¿Vierte la solución diluida a un Erlenmeyer? ¿Añade el indicador adecuado?
- ¿Añade el indicador con pipeta Pasteur?
- ¿Toma nota del factor de concentración de la solución básica?
- ¿Durante la valoración se detiene para recoger las salpicaduras en el Erlenmeyer con agua destilada?
- ¿El indicador vira antes de que la bureta se vacíe? ¿lo hace aproximadamente en las $\frac{3}{4}$ partes de la capacidad de la bureta?
- A partir del volumen final obtenido, ¿sabe calcular el grado de acidez del vinagre?

Tabla 8.- Aspectos concreto de una volumetría a evaluar (en este ejemplo, volumetría 3 con nivel de abertura 2).

4. Revisar la libreta de laboratorio, de acuerdo con unos ítems que los estudiantes conocen con antelación (tabla 9).

- ¿La práctica está bien estructurada?
- ¿La práctica consta de los siguientes apartados: título, fecha, objetivo, datos iniciales de la muestra, bibliografía consultada y cálculos previos?
- ¿La práctica consta de los siguientes apartados: material utilizado, reactivos utilizados, calibraciones efectuadas, procedimiento realizado?
- ¿Se han anotado todos los datos experimentales (pesadas, diluciones, volúmenes, concentración de los reactivos utilizados...)?
- ¿Se han realizado los cálculos finales?
- ¿La precisión de los resultados es la adecuada?
- ¿Se ha realizado una autoevaluación de los resultados?
- ¿Se realiza una estimación de las posibles fuentes de error?
- ¿Se formulan conclusiones?

Tabla 9. Aspectos de la libreta de laboratorio a evaluar.

La calificación individual de cada práctica para cada estudiante consistió en la nota del informe a la que se le sumaba o restaba un determinado porcentaje de la nota en función de los resultados de las evaluaciones individuales 2, 3 y 4 anteriores (Conway *et al.*, 1993).

Opinión del alumnado

Al final de la unidad didáctica, se realizó una encuesta al alumnado para conocer su opinión y su grado de satisfacción sobre la utilización de los niveles de abertura, así como sobre otros aspectos relativos a la organización de las prácticas de laboratorio. La encuesta se realizó a 43 estudiantes, pertenecientes a los tres grupos, ya que éste fue el número de estudiantes que finalizaron la unidad didáctica correspondiente. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 10.

Como puede apreciarse, el alumnado respaldó mayoritariamente esta experiencia didáctica (pregunta 8), con un 93 % de votos positivos y ninguno negativo. En cuanto al uso de los niveles de abertura, éstos fueron acogidos de manera positiva: así tenemos que el 95 % de los estudiantes consideró adecuado que el nivel de abertura de las prácticas de laboratorio vaya aumentando conforme la unidad didáctica va avanzando (pregunta 4) y el 67 % mostró su conformidad con que en algunas de las primeras prácticas de laboratorio las diferentes parejas tuvieran diferentes niveles de abertura, en función de sus conocimientos previos (pregunta 5).

Es justamente en la pregunta 5, y en la 3, donde, a pesar de ser mayoritario, el porcentaje de voto positivo es menor que en el resto de preguntas. Tanto la pregunta 5 como la pregunta 3 hacen referencia al diferente nivel de abertura en la misma práctica de laboratorio. Una observación detallada de las encuestas pone de manifiesto que los votos negativos a las preguntas 3 y 5 provienen exclusivamente de estudiantes con nivel alto. El dato está en consonancia con las quejas que algunos estudiantes de nivel alto hicieron al profesor durante las primeras sesiones de laboratorio, al sentir que deberían realizar un esfuerzo intelectual superior al de sus

compañeros de nivel bajo para completar con éxito la práctica y el informe correspondiente.

Preguntas	SI (%)	NO (%)	NS/NC (%)
1-¿Te parece bien realizar prácticas en pareja o por el contrario crees que es mejor que la totalidad de prácticas fuesen individuales	93	7	0
2-¿Consideras adecuado que la mayoría de prácticas sean en parejas, pero que haya un cierto número de prácticas individuales y que éstas tengan un peso algo mayor en la nota final?	84	9	7
3-¿Consideras que ha sido adecuada la aplicación de diferentes niveles de abertura para una misma práctica en función de los conocimientos de cada uno?	79	21	0
4-¿Consideras adecuado que el grado de dificultad (nivel de abertura) vaya aumentando gradualmente para todos, a medida que vas realizando prácticas de laboratorio?	95	0	5
5-¿Consideras adecuado que en algunas de las primeras prácticas de laboratorio las parejas tengan que ser homogéneas y que las parejas con nivel más alto tengan la misma práctica pero con un nivel de abertura más alto?	67	19	14
6-¿Consideras adecuado, sin embargo, que la primera práctica de volumetría sea realizada en parejas heterogéneas y que el nivel de abertura de esa práctica sea 1, común para todos?	89	2	9
7-¿Consideras adecuado que una vez realizadas las primeras prácticas de laboratorio, las parejas las elijáis libremente vosotros?	95	0	5
8-¿Consideras, en general, adecuadas las metodologías utilizadas durante las primeras prácticas para atender a la diversidad (parejas homogéneas, parejas heterogéneas, niveles de abertura, desdoblamientos con prácticas individuales)?	93	0	7

Tabla 10.- Resultados de la encuesta de opinión del alumnado.

El trabajo en parejas fue igualmente apoyado por los estudiantes (pregunta 1) con un significativo 0% de estudiantes en contra. A pesar de eso, un 84% consideró adecuado que ocasionalmente alguna práctica de laboratorio se realizara de manera individual y que la calificación de esta práctica tuviera un peso algo mayor que otras prácticas en pareja de dificultad similar (pregunta 2). En cuanto a los agrupamientos, la formación de parejas heterogéneas fue apoyada por el 89 % de los estudiantes (pregunta 6), si bien es cierto que conforme la unidad didáctica discurría y el nivel entre los estudiantes se igualaba, el 95% del alumnado consideraba adecuado poder elegir libremente a su pareja de laboratorio (pregunta 7).

Discusión y valoración final

Los niveles de abertura, juntamente con las prácticas cooperativas, han resultado ser un método útil para la atención a la diversidad del alumnado del

CFGS de Química Ambiental, en las prácticas de laboratorio: con independencia del nivel práctico de química previo, todo el alumnado ha sido capaz de realizar una volumetría con nivel de abertura 2 al finalizar la unidad didáctica correspondiente. La flexibilidad de los niveles de abertura permiten que puedan ser aplicados según el ritmo de aprendizaje de cada estudiante: a los de nivel de aprendizaje más rápido se les pueden facilitar prácticas con nivel de abertura 2 más pronto que al resto de estudiantes.

Realizar una primera práctica cerrada (nivel de abertura 1) es beneficioso tanto para el alumnado de nivel bajo como para el de nivel alto. En el primer caso porque estos estudiantes no tienen aún la suficiente capacidad para completar con éxito una práctica de mayor abertura y, para los de nivel alto, porque ayuda a corregir errores y vicios adquiridos en su formación previa.

Esta experiencia con prácticas en grupos cooperativos y utilizando niveles de abertura sirve además de entrenamiento al alumnado, ya que al final del curso académico, los estudiantes deben realizar un proyecto dentro del Crédito de Síntesis (asignatura obligatoria en Catalunya en el currículum de la ESO y de los Ciclos Formativos) y también se ha de tener en cuenta que cuando consigan el título de Técnico Superior en Química Ambiental estarán habilitados para ejercer como tales en la industria, en donde en muchas ocasiones se les exigirá trabajar en grupo. El hecho de trabajar durante el curso en pareja ofrece a los estudiantes la oportunidad de desarrollar y practicar habilidades interpersonales que luego serán de utilidad cuando crezca el número de integrantes en un grupo cooperativo (los grupos del Crédito de Síntesis son de 4-5 estudiantes). Asimismo, el creciente aumento de la abertura en las actividades prácticas también va preparando a los estudiantes para el desarrollo del Crédito de Síntesis, ya que éste, en nuestro Ciclo Formativo, comprende un proyecto transversal de investigación (niveles de abertura 3 y 4) sobre un tramo del río Llobregat, a su paso por L'Hospitalet de Llobregat. Creemos que es adecuado que los estudiantes se hayan ido familiarizando durante el curso con actividades prácticas de una dificultad creciente para que las probabilidades de superar con éxito el Crédito de Síntesis sean más elevadas. La experiencia académica, a lo largo de estos tres últimos cursos, pone de manifiesto que los estudiantes tienen más recursos y se desenvuelven con mayor soltura cuando llegan al Crédito de Síntesis habiendo realizado prácticas con un nivel de abertura creciente que cuando las prácticas de laboratorio realizadas previamente tienen todas un nivel de abertura de 1 (curso 2000-01).

En cuanto al trabajo en parejas, el alumnado se mostró satisfecho con esta organización. Incluso los estudiantes de nivel alto mostraron su apoyo al hecho de tener que trabajar con estudiantes de nivel bajo en las prácticas heterogéneas. De hecho, según los resultados de la encuesta de opinión, este alumnado de nivel alto mostró mayor satisfacción hacia el trabajo con estudiantes de nivel bajo que hacia el hecho de tener que realizar una práctica con un nivel de abertura mayor que sus compañeros de nivel bajo. No sólo los estudiantes de nivel bajo obtienen beneficio al trabajar con alumnos de nivel

alto, ya que éstos también obtienen beneficios en los intercambios con sus compañeros (Nogueiras, Membiela y Suárez, 1993).

Los comportamientos cooperativos, en el sentido amplio de la palabra, se observaron igualmente en la práctica individual y también entre miembros de diferentes parejas, en las prácticas en pareja. Las prácticas de laboratorio son cooperativas por naturaleza (Hertz-Lazarowitz *et al.*, 1984) y es común ver a los estudiantes –incluso en prácticas individuales– compartir material, ayudarse mutuamente o hacerse preguntas del tipo "¿a ti te viró el rojo de metilo a esta tonalidad o aún debo añadir más valorante?".

Respecto a las ventajas de trabajar en parejas cooperativas, además de las ya comentadas (menor uso de reactivos, generación de menor cantidad de residuos...), podríamos destacar el hecho de que los estudiantes desarrollan habilidades interpersonales, como la toma de decisiones, la negociación y resolución de problemas, y que además aumenta el sentido de la responsabilidad del alumnado: la interdependencia positiva entre los miembros de una pareja es un estímulo para que un estudiante asuma su responsabilidad dentro del grupo, no sólo por su propio beneficio, sino porque de él también depende el éxito de su compañero. En ambientes individualistas, algunos estudiantes deciden tomar una actitud pasiva y no completan con éxito su tarea. En cambio, cuando forman parte de un grupo cooperativo, con un objetivo común, estos mismos estudiantes trabajan mejor y más activamente ya que en la mayoría de casos no desean que su compañero sufra una penalización académica.

Una última ventaja que hemos notado al trabajar en grupos cooperativos es la reducción de la ansiedad de los estudiantes, hecho que está en consonancia con los resultados obtenidos por otros autores (Caprio, 1993; Okebukola, 1986): la ayuda que se brindan entre sí los miembros de la pareja, el intercambio de recursos necesarios, la retroalimentación para mejorar el rendimiento posterior, la crítica constructiva de razonamientos ajenos, la motivación para esforzarse por el beneficio mutuo, el trabajo sobre la confianza llevan consigo el establecimiento de un nivel moderado de excitación con niveles bajos de ansiedad y tensión.

Tan sólo se dieron dos casos de parejas heterogéneas que mostraron un comportamiento no cooperativo: en un caso, uno de los miembros de la pareja decidió viajar de polizón, efecto *free-rider* (Kerr y Bruun, 1983), tomando una actitud pasiva y dejando que su compañero de trabajo (de nivel alto) tuviera que hacer prácticamente todo; en otra de las parejas se apreció una división disfuncional de tareas, efecto *I am the thinkist, you're the typist* (Sheingold, Hwakins y Char, 1984), por el cual un estudiante de nivel alto asumía voluntariamente casi todo el trabajo, relegando a su compañero a tareas como limpiar el material de laboratorio o acercarle los botes de los productos químicos. En ambos casos, el resultado final es similar: un estudiante que realiza la mayor parte del trabajo de la pareja, pero mientras que en el que viaja como polizón, es el estudiante de menor nivel el que voluntariamente

adopta esa actitud, en la división disfuncional de tareas el estudiante de menor nivel se ve relegado a jugar ese papel.

Referencias bibliográficas

Anderson, J. S., Hayes, D. M. y Werner, T. C. (1995). The chemical bond studied by IR spectroscopy in introductory chemistry. *Journal of Chemical Education*, 72(7), 653-655.

Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H. y Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy educational objectives: Handbook I, Cognitive Domain*. Nueva York: Ed. McKay.

Bodner, G. M. (1986). Constructivism: a theory of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), 873-878.

Bowen, C. W. (2000). A quantitative literature review of cooperative learning effects on High School and College Chemistry achievement. *Journal of Chemical Education*, 77(1), 116-119.

Caprio, M. W. (1993). Cooperative learning – the jewel among motivational-teaching techniques. *Journal of College Science Teaching*, 22(5), 279-281.

Chang, H. y Lederman, N. G. (1994). The effect of levels of cooperation within physical science laboratory groups on physical science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 167-181.

Conway, R., Kember, D., Sivan, A. y Wu, M. (1993). Peer assessment of an individual's contribution to a group project. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 18(1), 45-56.

Cooper, M. M. (1995). Cooperative Learning, an approach for large enrollement courses. *Journal of Chemical Education*, 72(2), 162-164.

Cooper, M. M. (1996). *Cooperative Chemistry. Laboratory Manual*. Boston: McGraw-Hill.

Coppola, B. P. y Lawton, R. G (1995). "Who has the same substance that I have?" A Blueprint for collaborative learning activities. *Journal of Chemical Education*, 72(12), 1120-1122.

Deavor, J. P. (1994). Role-playing in the quantitative analysis lab. *Journal of Chemical Education*, 71(11), 980-982.

Deutsch, M. (1949). A theory of cooperation and competition. *Human Relations*, 2(2), 129-152.

Domin, D. S. (1999a). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547.

Domin, D. S. (1999b). A Content Analysis of General Chemistry Laboratory Manuals for Evidence of High-Order Cognitive Tasks. *Journal of Chemical Education*, 76(1), 109-111.

Emry, R., Curtright, R. D., Wright, J. y Markwell, J. (2000). Candies to dye for: Cooperative, open-ended student activities to promote understanding of electrophoretic fractionation. *Journal of Chemical Education*, 77(10), 1323-1324.

Gabbert, B., Johnson, D. W. y Johnson, R. T. (1986). Cooperative learning, group-to-individual transfer, process gain, and the acquisition of cognitive reasoning strategies. *Journal of Psychology*, 120(3), 265-278.

Giancarlo, L. C. y Slunt, K. M. (2004). The dog ate my homework: A cooperative learning project for instrumental analysis. *Journal of Chemical Education*, 81(6), 868-869.

Herron, M. (1971). The nature of scientific inquiry. *School Review*, 79, 171-212.

Hertz-Lazarowitz, R., Baird, H. J., Webb, C. D. y Lazarowitz, R. (1984). Student-student interactions in science classrooms: A naturalistic study. *Science Education*, 68, 603-619.

Kaufman, D. B., Felder, R. M. y Fuller, H. (2000). Accounting for individual efforts in cooperative learning teams. *Journal of Engineering Education*, 89(2), 133-140.

Kerns, T. (1996). Should we use cooperative learning in college chemistry?. *Journal of College Science Teaching*, 25(6), 435-438.

Kerr N. L. y Bruun, S. E. (1983). Dispensability of member effort and group motivation losses: Free rider effects. *Journal of Personality and Social Psychology*, 44(1), 78-94.

Kogut, L. S. (1997). Using cooperative learning to enhance performance in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 74(6), 720-722

Jackson, R. P. y Walters, J. P. (2000). Role-playing in Analytical Chemistry: The alumni speak. *Journal of Chemical Education*, 77(8), 1019-1025.

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2004). Análisis volumétrico del agua del grifo: cinco experiencias para la enseñanza secundaria post-obligatoria. *Química e Industria*, 51(9), 25-31.

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2006). Cooperación en entornos telemáticos en la enseñanza de la química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* (en prensa).

Johnson, D. W. y Johnson, R. T. (1992). Positive Interdependence: Key to effective cooperation. En R. Hertz-Lazarowitz y N. Miller (Eds.), *Interaction in cooperative groups. The theoretical anatomy of group learning* (pp. 174-199). Cambridge: Cambridge University Press.

Johnson, D. W. y Johnson, R. T. (1999). *Aprender juntos y solos*. Buenos Aires: Aique.

Johnson, D. W., Johnson, R. T. y Holubec, E. J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Buenos Aires: Paidós.

Logse: Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo (1990). Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.

McComas, W. F. (1990). *The nature of exemplary practice in secondary school laboratory instruction*. Iowa City: The University of Iowa.

National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington: National Academy Press.

Nogueiras Hermida, E., Membiela Iglesia, P. y Suárez Pazos, M. (1993). Triangulando perspectivas: El trabajo en grupo a debate. *Revista de Educación*, 302, 259-271.

Okebukola, P. (1986). Reducing anxiety in science classes: an experiment involving some models of class interaction. *Educational Research*, 28(2), 146-149.

Okebukola, P. A. y Ogunniyi, M. D. (1984). Cooperative, competitive, and individualistic science laboratory interaction patterns – Effects on students' achievement and acquisition of practical skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(9), 875-884.

Ovejero, A. (1990). *El aprendizaje cooperativo. Una alternativa eficaz a la enseñanza tradicional*. Barcelona: Promociones y Publicaciones Universitarias, S.A.

Panitz, T. y Panitz, P. (1998). Encouraging the use of collaborative learning in higher education. En J. James y G. Forest (Eds.), *University teaching international perspectives*, Studies in Higher Education, volumen 13 (pp. 161-210). Nueva York: Garland Press.

Pickering, M. (1985). Lab is a puzzle, not an illustration. *Journal of Chemical Education*, 62(10), 874-875.

Priestley, W. J. (1997) The impact of longer term intervention on reforming physical science teachers' approaches to laboratory instruction: seeking a more effective role for laboratory in science education. *Dissertation Abstracts International*, 58, 806.

Ricci, R. W. y Ditzler, M. A. (1991). Discovery Chemistry. A laboratory-centered approach to teaching general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 68(3), 228-231.

Schwab J. J. (1962). The teaching of science as enquiry, en J.J. Schwab y P.F. Brandwein (Eds.). *The teaching of Science*. Cambridge: Harvard University Press.

Seymour, L. A. y Padberg, L. (1975). The relative effectiveness of small group and individual settings in a simulated problem solving game. *Science Education*, 59, 297-304.

Sheingold, K., Hawkins, J. y Char, C. (1984). "I'm the thinkist, you're the typist": The interactions of technology and the social life of classroom. *Journal of Social Issues*, 40(3), 49-61.

Shibley, I. A. y Zimmaro, D. M. (2002). The influence of collaborative learning on student attitudes and performance in an introductory chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 79(6), 745-748.

Shiland, T. W. (1989) Constructivism: The Implications for Laboratory Work. *Journal of Chemical Education*, 76(1), 107-109.

Slavin, R. E. (1983). When does cooperative learning increase student achievement?. *Psychological Bulletin*, 94(3), 429-445.

Slavin, R. E. (1995). *Cooperative Learning: theory, research and practice*. Boston: Allyn & Bacon.

Smith, W. R. (2000). *The levels of Inquiry Matrix in developing written lesson plans for laboratory-centered science instruction*. Tesis doctoral. Philadelphia: Temple University.

Smith, M. E., Hinckley, C. C. y Volk, G. L. (1991). Cooperative Learning in the undergraduate laboratory. *Journal of Chemical Education*, 68(5), 413-415.

Tamir, P. (1976). *The role of laboratory in Science teaching*. Iowa City: The University of Iowa.

Trumbore, C. N. (1974). A role-playing exercise in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 51(2), 117-118.

Walter, J. P. (1991a). Role-playing Analytical Chemistry Laboratories. Part 1: Structural and Pedagogical Ideas. *Analytical Chemistry*, 63(20), 977A-985A.

Walter, J. P. (1991b). Role-playing Analytical Chemistry Laboratories. Part 2: Physical Resources. *Analytical Chemistry*, 63(22), 1077A-1087A.

Walter, J. P. (1991c). Role-playing Analytical Chemistry Laboratories. Part 3: Experiment Objectives and Design. *Analytical Chemistry*, 63(24), 1179A-1191A.

Watson, S. B. (1992). The essential elements of cooperative learning. *The American Biology Teacher*, 54(2), 84-86.

Webb, N. M. (1985). Student interaction and learning in small groups: A research summary. En R. Slavin, S. Sharan, S. Kagan, R. Hertz-Lazarowitz, C. Webb y R. Schmuck (Eds.), *Learning to cooperate, cooperate to learn* (pp. 147-172). Nueva York: Plenum.

Webb, N. M. (1993). *Collaborative group versus individual assessment in mathematics: group processes and outcomes*. National Centre for Research on Evaluation, Standards and Student Testing, Technical Report 352.

Consultado el 15 de junio de 2005 en:

<http://www.cse.ucla.edu/CRESST/Reports/TECH352.PDF>

Wentworth, W. E., Drake, G. W., Hirsch, W. y Chen, E. (1964). Molecular charge transfer complexes. A group experiment in physical chemistry. *Journal of Chemical Education*, 41(7), 373-379.

Wenzel, T. J. (1998). Cooperative group learning in undergraduate analytical chemistry. *Analytical Chemistry*, 70(23), 790A-795A.

Wenzel, T. J. (2000), "Practical tips for cooperative learning", *Analytical Chemistry*, 72(9), 359A-361A.

Whisnant, D. M., Howe, J. y Lever, L. S. (2000). Collaborative physical chemistry projects involving computational chemistry. *Journal of Chemical Education*, 77(2), 199-201.

Wright, J. C (1996). Authentic learning environment in analytical chemistry using cooperative methods and open-ended laboratories in large lecture courses. *Journal of Chemical Education*, 73(9), 827-832.

Zuehlke, R. W. (1962). Laboratory group exercise in acid-base theory. *Journal of Chemical Education*, 39(7), 354-355.

Anexo I

VOLUMETRÍA 3. NIVEL DE ABERTURA: 1. Determinación de la acidez de un vinagre.

INTRODUCCIÓN

Las técnicas volumétricas pueden ser aplicadas para la determinación de determinados parámetros en muestras reales. El vinagre comercial contiene, aproximadamente, entre un 4 y un 6,5 % de ácido acético (que procede de la oxidación del etanol). Aprovechando el carácter ácido de esta sustancia, es posible su determinación mediante una volumetría ácido-base. El ácido acético se hace reaccionar con una base fuerte, en nuestro caso con NaOH. Puesto que el punto de equivalencia se encuentra a $\text{pH} > 7$ es necesario un indicador que vire a pH básico, por ejemplo, la fenolftaleína. La acidez del vinagre se expresa como los gramos de ácido acético presentes en 100 mL de vinagre.

OBJETIVO

- Medida de masas y volúmenes. Transvase de líquidos.
- Utilización correcta de la pipeta y de la bureta. Enrasar sin cometer el error de paralaje.
- Determinación de la acidez de un vinagre comercial.

MATERIAL

Material volumétrico: buretas, pipetas y matraces aforados.

Otro material de vidrio: vasos de precipitados, matraces Erlenmeyers.

Soportes, pinzas, nuez, embudo.

REACTIVOS

Hidróxido de sodio (base. Disolución patrón/valorada. Actúa como reactivo y será el valorante)

Indicador: fenolftaleína.

Muestra: vinagre (ácido. Contiene el analito y será el valorado)

PROCEDIMIENTO (se ha de realizar por triplicado)

a) Preparación de la solución diluida de vinagre

Pipetea 20 mL de la solución de vinagre comercial y viértelos en un matraz aforado de 100 mL. Completa con agua destilada hasta la señal de enrase, añadiendo las últimas gotas con la ayuda de una pipeta Pasteur o cuentagotas.

b) Decoloración del vinagre (consulta con el/la profesor/a)

El color de la solución diluida de vinagre puede interferir en la valoración, puesto que no permite apreciar con claridad el viraje del indicador. Para

ello toma unos 70 mL de la solución diluida de vinagre en un vaso de precipitados. Añade una punta de espátula de carbón activo y agita con una varilla de vidrio. Prepara un filtro de pliegues y filtra la mezcla anterior. Si el filtrado no se hubiera decolorado, repite la operación utilizando un filtro nuevo.

c) Valoración del ácido acético con NaOH

Pipetea 10 mL de la solución diluida de vinagre en un Erlenmeyer. Diluye con un poco de agua destilada, recogiendo las posibles salpicaduras que se hayan podido producir en la pared interna del Erlenmeyer. Añade 3 gotas de la solución indicadora de fenolftaleína.

Toma una bureta de 25 mL y enrásala con NaOH 0,1 M (toma nota del factor de concentración, f , de la solución de NaOH que has tomado). Puedes empezar la valoración. Ésta concluye cuando la solución toma un color rosado. Anota el volumen, V , de la solución de NaOH que has consumido.

EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Para calcular la acidez del vinagre, expresada como gramos de ácido acético en 100 mL de vinagre comercial, aplica el siguiente factor estequiométrico para cada volumetría:

$$\text{Acidez} = \frac{V \cdot f \cdot 3}{10} \left\{ \begin{array}{l} f = \text{factor de concentración de la sol. de NaOH} \\ V = \text{volumen, en mL, de la solución de NaOH consumidos} \end{array} \right.$$

Anexo II

VOLUMETRÍA 3 NIVEL DE ABERTURA: 2. Determinación de la acidez de un vinagre.

INTRODUCCIÓN

Las técnicas volumétricas pueden ser aplicadas para la determinación de determinados parámetros en muestras reales. El vinagre comercial contiene, aproximadamente, entre un 4 y un 6,5 % de ácido acético (que procede de la oxidación del etanol). Aprovechando el carácter ácido de esta sustancia, es posible su determinación mediante una volumetría ácido-base. El ácido acético se hace reaccionar con una base fuerte, en nuestro caso con NaOH. Puesto que el punto de equivalencia se encuentra a $\text{pH} > 7$ es necesario un indicador que vire a pH básico. La acidez del vinagre se expresa como los gramos de ácido acético presentes en 100 mL de vinagre.

OBJETIVO

- Medida de masas y volúmenes. Transvase de líquidos.
- Utilización correcta de la pipeta y de la bureta. Enrasar sin cometer el error de paralaje.
- Determinación de la acidez de un vinagre comercial.

MATERIAL

Material volumétrico: buretas, pipetas y matraces aforados.

Otro material de vidrio: vasos de precipitados, matraces Erlenmeyers.

Soportes, pinzas, nuez, embudo.

REACTIVOS

Hidróxido de sodio.

Indicador: fenolftaleína.

Muestra: vinagre.

PROCEDIMIENTO (se ha de realizar por triplicado)

Prepara 100 mL de una dilución 1:5 de la muestra de vinagre comercial. Si esta solución diluida de vinagre comercial presenta una tonalidad que pudiera interferir en el viraje de la fenolftaleína, decolórala con carbón activo. Toma 10 mL de la solución diluida de vinagre y valóralos con NaOH 0,1 M con una bureta de 25mL y utilizando fenolftaleína como indicador. Finalizadas las valoraciones, lava la bureta varias veces con agua destilada.

RESULTADOS

Escribe la ecuación de la reacción.

Determina el grado de acidez del vinagre comercial.

LA ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD EN LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE QUÍMICA: LOS NIVELES DE ABERTURA

JIMÉNEZ VALVERDE, GREGORIO^{1,2}, LLOBERA JIMÉNEZ, ROSA² y LLITJÓS VIZA, ANNA^{2,3}

¹ Departament de Química Ambiental. IES Mercè Rodoreda. L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona. gjimene2@xtec.net

² Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i la Matemàtica. Unitat de Química. Facultat de Formació del Professorat. Universitat de Barcelona

³ Grup de Recerca Educativa ECEM y Grup Consolidat d'Innovació Docent de Didàctica de les Ciències. Universitat de Barcelona

Resumen. El objetivo de este trabajo es describir una experiencia didáctica en la que se han utilizado los niveles de abertura como método constructivista de atención a la diversidad en las actividades prácticas de química. En el caso de los estudiantes de ciclos formativos de grado superior, esta diversidad se debe, principalmente, a las diferentes vías de acceso a dichos ciclos: título de bachillerato (con o sin formación en química), examen de acceso o estudios universitarios previos.

Palabras clave. Constructivismo, niveles de abertura, actividades de laboratorio, química ambiental, aprendizaje cooperativo.

The attention to diversity in chemistry laboratory activities: The levels of openness

Summary. The purpose of this article is to describe a didactic experience in which the levels of openness have been used as a constructivism-based teaching method to take into account the different skills that Higher-Level Vocational Chemistry Training Education students show at the chemistry laboratory. That heterogeneity is mainly due to the different ways students can enroll the course: High School Diploma with or without chemistry training, entrance examination or previous university studies.

Keywords. Constructivism, levels of openness, laboratory activities, environmental chemistry, cooperative learning.

INTRODUCCIÓN

El sistema educativo actual, surgido a partir de la implantación de la LOGSE, supone nuevos retos para los profesionales de la educación. Entre otros aspectos destacables, la LOGSE apuesta por un modelo de escuela comprensiva, es decir, una escuela que ofrece una misma forma de educación a todo su alumnado, con el objetivo de conseguir una educación integradora que dé respuesta a los diferentes intereses, capacidades y ritmos de aprendizaje de los estudiantes. El currículo de las asignaturas y módulos es abierto, parte de unos contenidos y objetivos comunes

para todos, permite a cada centro adecuarlo a sus características propias y a las de su entorno, de tal manera que no se excluya la atención a la diversidad que siempre existe en los estudiantes de un mismo centro. Será competencia del profesorado establecer los métodos pedagógicos que mejor se adecuen a las características de su alumnado. Pero hay que tener en cuenta que no todos los estudiantes tienen las mismas capacidades, intereses y ritmos de aprendizaje; por tanto, es necesario un modelo flexible que se adapte a esta mayor diversidad.

El objetivo de este trabajo es el de responder a la necesidad de atender a la diversidad en las actividades prácticas de los ciclos formativos de grado superior (CFGS) de la rama de química, utilizando como principal técnica pedagógica los niveles de abertura. En efecto, aunque la atención a la diversidad se suele centrar fundamentalmente en los niveles educativos obligatorios, también es necesario realizar una correcta atención a la diversidad en el resto de etapas educativas. En los CFGS de la rama de química existe una heterogeneidad en los contenidos procedimentales del alumnado, debida básicamente a los estudios previos de los estudiantes. Es conveniente, por tanto, poder dar respuesta a esta heterogeneidad en el alumnado y la manera que se describe en el presente trabajo es aplicando diferentes niveles de abertura en las actividades prácticas, en un contexto de trabajo cooperativo entre los estudiantes.

LOS NIVELES DE ABERTURA

La teoría constructivista postula que el conocimiento no puede ser transferido de una persona a otra, sino que debe ser construido activamente en la mente de cada estudiante, a través de interacciones con el ambiente (Bodner, 1986). El proceso de construcción del conocimiento, por tanto, requiere un esfuerzo o actividad mental (Saunders, 1992), de tal manera que no se puede presentar simplemente un material al estudiante y pretender que lo aprenda de una manera significativa (Driver, 1988).

Exigir a los estudiantes un mayor esfuerzo mental significa que éstos deberían desarrollar aptitudes de mayor nivel cognitivo, de acuerdo con la taxonomía de Bloom

(1956) de los objetivos educativos. En esta taxonomía, este autor clasifica los objetivos educativos o procesos cognitivos en seis categorías jerarquizadas según el esfuerzo intelectual que requieren: los tres primeros objetivos educativos son conocidos como procesos cognitivos de bajo orden (conocimiento, comprensión y aplicación) y los tres últimos, como procesos cognitivos de alto orden (análisis, síntesis y evaluación).

Una de las maneras que Shiland (1999) propone para incrementar la actividad cognitiva de los estudiantes en las prácticas de laboratorio y, por tanto, potenciar el desarrollo de procesos cognitivos más complejos, consiste en hacer que los estudiantes diseñen el procedimiento de las prácticas o bien reducir la información que se les facilita en los guiones de las mismas. El hecho de reducir esta información hace aumentar lo que se conoce como *el nivel de abertura* de una actividad práctica.

La primera definición de nivel de abertura la dio Schwab (1962), quien describió tres niveles de abertura en relación con la enseñanza de actividades prácticas en el laboratorio: «El grado de abertura (o nivel de descubrimiento) se basa en la proporción en la que el docente facilita: *a*) los problemas, *b*) las maneras y medios para afrontar ese problema, *c*) la respuesta a esos problemas. La cantidad de intervención por parte del docente es inversamente proporcional al grado de abertura de una práctica o, lo que es lo mismo, al grado de descubrimiento por parte del estudiante.»

Priestley (1997) propuso una escala de siete niveles de abertura para las actividades prácticas de laboratorio y señaló, para cada uno de los niveles, los procesos cognitivos que se potencian (Tabla 1).

Tabla 1
Niveles de abertura según Priestley (1997).

Nivel	Título	Descripción de las actividades en el laboratorio	Proceso cognitivo requerido
1	Herméticamente cerrado	Se proporcionan todos los procedimientos al alumnado. Los estudiantes apuntan los datos en los huecos reservados de un informe de laboratorio. Se incluyen tablas con los datos	Conocimiento
2	Muy cerrado	Se proporcionan todos los procedimientos a los estudiantes. Se incluyen tablas de datos	Conocimiento
3	Cerrado	Se proporcionan todos los procedimientos a los estudiantes	Conocimiento y comprensión
4	Entreabierto	Se proporcionan todos los procedimientos a los estudiantes. Algunas preguntas o conclusiones son abiertas	Comprensión y aplicación
5	Ligeramente abierto	Se proporcionan la mayoría de procedimientos a los estudiantes y algunas preguntas o cuestiones son abiertas	Aplicación
6	Abierto	Los estudiantes desarrollan sus propios procedimientos. Se les proporciona una lista con el material. Muchas preguntas o conclusiones son abiertas	Análisis y síntesis
7	Muy abierto	A los estudiantes se les indica un problema que tienen que resolver (o que ellos mismos proponen!). Los estudiantes desarrollan el procedimiento y sacan sus propias conclusiones.	Síntesis y evaluación

Como puede apreciarse, las actividades prácticas con niveles bajos de abertura requieren procesos cognitivos de bajo orden, con lo que no se propicia el aprendizaje significativo. En estas prácticas, que suelen ser de tipo expositivo, el docente dirige el trabajo de laboratorio de los estudiantes y, por tanto, éstos sólo tienen que repetir las instrucciones facilitadas por aquél o leerlas de algún manual o guión. Los resultados son conocidos con anterioridad por el profesorado y, en ocasiones, también por el alumnado; y si éste no los conoce, el docente utilizará los resultados obtenidos para compararlos con el resultado esperado.

La característica principal de las prácticas expositivas es que son como recetas de cocina: prácticamente no se da ninguna importancia a la planificación de la investigación o a la interpretación de los resultados (Domin, 1999a). El principal inconveniente de estas prácticas, además de que son poco representativas de lo que es realmente la actividad científica, es que este estilo de prácticas es poco efectivo de cara al cambio conceptual del alumnado, ya que sólo se requieren los procesos cognitivos de bajo orden y porque durante la práctica los estudiantes pasan más tiempo determinando si han conseguido o no los resultados correctos que planificando y organizando el experimento (Stewart, 1988). Normalmente, no se les concede el tiempo suficiente para analizar la práctica, ni para integrar la práctica con los conceptos y las proposiciones que ya conoce, característica fundamental del aprendizaje significativo (Novak y Gowin, 2002). Aun así, este tipo de prácticas probablemente sea el más popular y el más extendido. Estas prácticas se han utilizado y se continúan utilizando ampliamente debido, con toda probabilidad, a que pueden ser realizadas a la vez por un elevado número de estudiantes con una implicación mínima por parte del profesorado durante la sesión práctica. Lagowski (1990) describió las prácticas de laboratorio como «ejercicios rutinarios diseñados para consumir los mínimos recursos, sean éstos equipamiento, personal, espacio o tiempo».

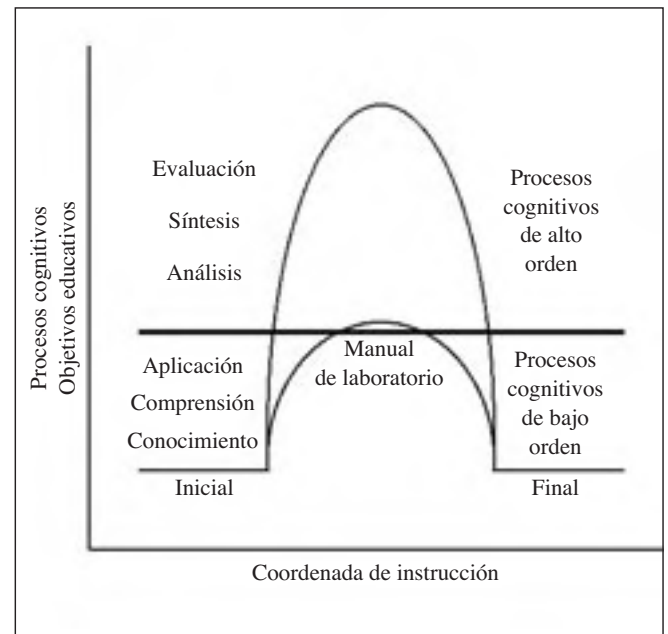
En las prácticas expositivas, los guiones y manuales de laboratorio funcionan de manera similar a cómo lo hace un catalizador: igual que éste aumenta la velocidad de reacción proporcionando un camino de reacción alternativo de menor energía, el manual de laboratorio reduce la cantidad de tiempo necesario para completar una actividad de laboratorio proporcionando un camino instructivo que requiere menor esfuerzo intelectual y que hace que no sean necesarios los procesos cognitivos de alto orden (Domin, 1999b).

Las prácticas con niveles mayores de abertura corresponden a prácticas de investigación (Schwab, 1962) y constituyen una alternativa a las prácticas expositivas. Las prácticas de investigación tienen un enfoque inductivo, los resultados no se conocen *a priori* y requieren, en mayor o menor medida en función del nivel de abertura, que el alumnado genere su propio método de actuación y el procedimiento a seguir. Ya no existe ese catalizador (guiones de prácticas expositivas o «recetas de cocina») y, por tanto, el estudiante se ve obligado a diseñar, desarrollar y conducir su propio experimento, formular hipótesis y predecir el resultado (Tamir, 1977). Este tipo de prácticas puede tener un componente de recogida y análisis de datos, y de formulación y posterior verificación de hipótesis. Esta estrategia potencia el uso de procesos cognitivos de alto orden, de acuerdo con la taxonomía de Bloom. Es decir, son un tipo de prácticas que requieren mucha más atención y esfuerzo intelectual por parte del alumnado, están menos dirigidas y confieren a los estudiantes una responsabilidad mucho mayor a la hora de decidir el procedimiento adecuado (Domin, 1999b). Esto favorece una mejor actitud de los estudiantes hacia la investigación científica y también les permite asociar de una manera más clara los conceptos teóricos con los datos empíricos (Pickering, 1985). El docente debe implicarse en mayor medida que con las prácticas expositivas, ya que debe organizar, diseñar y presentar apropiadamente este tipo de prácticas, y los estudiantes deben entender los objetivos de las mismas, sino éstos pueden no aprender nada después de un periodo largo de investigación (Chang y Lederman, 1994).

El manual de laboratorio cataliza el proceso de realización de la práctica de laboratorio, pues llegamos al mismo punto final utilizando sólo los procesos cognitivos de bajo orden.

Figura 1

El manual de laboratorio cataliza el proceso de realización de la práctica de laboratorio, pues llegamos al mismo punto final utilizando sólo los procesos cognitivos de bajo orden.



Además de la propuesta de Priestely o de la del propio Schwab, existen otras clasificaciones con relación a los niveles de aberturas en las actividades prácticas (McComas, 1990; Smith, 2000). En este trabajo se utilizó la propuesta de Herron (1971).

Tabla 2
Niveles de abertura según Herron (1971).

Nivel	Nombre	Objetivo	Material	Método	Solución	Estilo de práctica
0	Demostración	Dado	Dado	Dado	Dada	Expositivo
1	Ejercicio	Dado	Dado	Dado	Abierta	Expositivo
2	Investigación estructurada	Dado	Dado todo o en parte	Dado en parte o abierto	Abierta	Expositivo Investigación
3	Investigación abierta	Dado	Abierto	Abierto	Abierta	Investigación
4	Proyecto	Dado en parte o abierto	Abierto	Abierto	Abierta	Investigación

Tabla 3
Volumetrías empleadas en el análisis de aguas.

Núm.	Volumetría	Tipo (según reacción)	Tipo (según método)
4	Determinación de la alcalinidad	Ácido-base	Directa
5	Determinación de la dureza	Complexometría	Directa
6	Determinación de los cloruros (Mohr)	Precipitación	Directa
7	Determinación del oxígeno disuelto (Winkler)	RedOx	Indirecta
8	Determinación de la oxidabilidad al permanganato	RedOx	Doble retroceso
9	Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO-Cr)	RedOx	Retroceso

El nivel de abertura 0 de la clasificación de Herron (demostración) consiste en una comprobación práctica de los principios teóricos, por lo que el estudiante conoce de antemano el objetivo de dicha práctica y el resultado final. Al estudiante, además, se le facilita tanto el material como el método para que pueda llevarla a cabo. En las prácticas con un nivel de abertura 1 (ejercicio), el estudiante aprende a seguir las instrucciones de un método o de un instrumento y las técnicas específicas de observación y manipulación. En estos dos niveles de abertura, el estilo de prácticas utilizado suele ser el expositivo.

En el nivel de abertura 2 (investigación estructurada), el estudiante aprende a seleccionar el material y a desarrollar un método, puesto que estos dos factores pueden no haber sido completamente facilitados al estudiante. Este nivel de abertura se basa en prácticas de investigación, aunque es posible también basarse en prácticas expositivas a las que se han suprimido partes seleccionadas de la metodología. Es decir, están en un término medio entre las prácticas de tipo expositivo y las prácticas de investigación abierta.

En el nivel de abertura 3 (investigación abierta), el estudiante identifica un problema, lo formula, y escoge y diseña el método más apropiado para solucionarlo. El tipo de prácticas en las que se basa son las prácticas de investigación.

En el nivel de abertura 4 (proyecto), los estudiantes realizan una investigación, cuyo objetivo puede haber sido propuesto incluso por ellos mismos. Podemos encontrar algunos ejemplos de prácticas de química con este nivel de abertura en algunos Trabajos de Investigación (asignatura obligatoria en el currículo de bachillerato en el ámbito de Cataluña) o en determinados créditos de síntesis de algunos CFGS (los créditos de síntesis son asignaturas obligatorias en el currículo de la ESO y en los ciclos formativos, también en el ámbito de Cataluña).

DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

La presente experiencia se ha llevado a cabo con el alumnado del CFGS de Química Ambiental, del IES Mercè Rodoreda (L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona). El ciclo formativo tiene una duración de un curso académico y cada año se matriculan, aproximadamente, unos 50 estudiantes. En concreto, los niveles de abertura se han utilizado en las prácticas de laboratorio de la unidad didáctica «Técnicas analíticas clásicas aplicadas al análisis de aguas: volumetrías», del módulo «Depuración de aguas». Las volumetrías aplicadas al análisis de aguas que se realizan en el laboratorio dentro de esta unidad didáctica son las expresadas en la tabla 3:

Además de estas volumetrías se realizaron otras tres volumetrías previas, que tienen por objetivo:

a) Estandarización de soluciones para poderlas usar como soluciones patrón en alguna de las volumetrías anteriores.

b) Adquirir o mejorar la práctica para realizar una volumetría con ejemplos que no se corresponden con el análisis de muestras de agua.

Estas volumetrías previas son las expresadas en la tabla 4:

Tabla 4
Volumetrías previas a las curriculares.

Número	Volumetría	Objetivo buscado
1	Estandarización de una solución de NaOH	a, b
2	Estandarización de una solución de HCl	a, b
3	Determinación del grado de acidez de un vinagre	b

En esta experiencia, la utilización de los niveles de abertura no se limita sólo a ofrecer una misma actividad práctica con diferente nivel de abertura (según el nivel de conocimientos del alumnado), sino que se pretende que, al acabar la unidad didáctica, todos los estudiantes realicen las dos últimas volumetrías con nivel de abertura 2.

El currículo del CFGS de Química Ambiental (Real Decreto 812/1993) no establece, en ningún momento, que se deba desarrollar la capacidad investigadora del estudiante en el módulo de depuración de aguas. Los futuros técnicos superiores en química ambiental, en lo que respecta al trabajo en el laboratorio, deberán haber aprendido, entre otras cosas, a seleccionar el material adecuado, a manejar correctamente un instrumento o a seguir las instrucciones de un procedimiento normalizado de trabajo (PNT), pero no a realizar investigaciones, ya que la investigación queda fuera de las capacidades profesionales de tales titulados. Quizá en otras etapas educativas, como en el bachillerato o en el segundo ciclo de la ESO, pueda plantearse la necesidad de enfocar la enseñanza de las ciencias dentro de un marco de investigación, pero, en los CFGS de química, prima, en el laboratorio, el desarrollo de habilidades manipulativas y la autonomía. Por ese motivo, a pesar de que la clasificación de Herron llega hasta nivel de abertura 4, no se plantearán prácticas con nivel de abertura superior a 2. Tan sólo en la última volumetría se ofreció la posibilidad de realizarla con nivel de abertura 3, aunque sólo una

pareja optó por ese nivel. Son las prácticas con nivel de abertura 1 y 2 las que interesan a los estudiantes en lo que respecta a este módulo:

– Las de nivel 1 porque, como se dijo anteriormente, el estudiante aprende a seguir las instrucciones de un método o de un instrumento y las técnicas específicas de observación y manipulación. Además, con las prácticas de nivel 1, el estudiante también practica y aprende a ceñirse a las instrucciones de los PNT, que no dejan de ser un procedimiento totalmente cerrado, y que están muy extendidos en la industria química.

– Las de nivel 2 porque el estudiante aprende a seleccionar el material y a desarrollar un método, aumentando, de esta manera, su autonomía y potenciando la toma de decisiones, ya que el hecho de que no se le facilite toda la información necesaria fomenta la búsqueda y el análisis de la información para completar el procedimiento. Anteriormente se comentó que las prácticas con nivel de abertura 2 podían ser investigaciones guiadas o bien prácticas expositivas a las que se habían suprimido partes seleccionadas de la metodología. En nuestro caso, hemos optado por esta segunda opción, por los motivos anteriormente señalados.

Los niveles de abertura deben verse en esta experiencia como un método para atender la diversidad en el laboratorio y para fomentar la autonomía y la toma de decisiones más que como un método para aprender química a través de la investigación.

En el módulo de depuración de aguas, el alumnado del CFGS se distribuye en tres grupos para las clases prácticas de laboratorio y cada grupo consta de 16 a 18 estudiantes. El laboratorio del instituto tiene una capacidad para 20 estudiantes, en diez lugares de trabajo. Eso significa que las prácticas las hacen simultáneamente todos los estudiantes organizados en parejas o es necesario realizar algún tipo de desdoblamiento.

En nuestro caso, sólo hubo la posibilidad de desdoblar una única práctica (la volumetría 3). En ese caso, los primeros en realizar la volumetría fueron los estudiantes de nivel alto y a la semana siguiente la realizaron los de nivel bajo, con lo que se evitaba que un estudiante de nivel bajo le pudiera pasar su guión de prácticas a uno de nivel alto antes de que éste realizara su práctica. Para las ocho restantes volumetrías, los estudiantes se agruparon en parejas cooperativas. El aprendizaje cooperativo puede definirse como aquella técnica pedagógica en la que los estudiantes trabajan juntos hacia la consecución de un mismo objetivo y cada individuo alcanza dicho objetivo si –y sólo si– el resto de miembros del grupo cooperativo también lo alcanzan (Kerns, 1996; Ovejero, 1990). Diferentes estudios y experiencias avalan la eficacia de este agrupamiento en las prácticas de laboratorio de química (Cooper, 1996; Giancarlo y Slunt, 2004; Shibley y Zimmaro, 2002; Smith et al., 1991; Wright, 1996), además de las ventajas respecto de los aspectos de sostenibilidad que supone trabajar en grupo: menor consumo de reactivos y de muestra, generación de menor cantidad de residuos, menor desgaste de instrumental... (Deavor, 1994).

El agrupamiento heterogéneo de estudiantes es un elemento importante del aprendizaje cooperativo (Watson, 1992). A la hora de tener que realizar agrupaciones heterogéneas del alumnado durante el transcurso de la experiencia, seguimos las indicaciones de los investigadores que prefieren una estructura en las agrupaciones heterogéneas que incluya sólo dos niveles de habilidad: esto se debe a la tendencia que muestran los estudiantes de nivel más alto a ayudar a los estudiantes de nivel más bajo, pero no necesariamente a estudiantes de un nivel intermedio (Webb, 1985). Los estudiantes fueron agrupados según su nivel previo en contenidos procedimentales:

– **Nivel bajo.** Integrado por los estudiantes que no tienen experiencia laboral en laboratorios de química y que provienen de COU, bachillerato o FP2 de una rama distinta de la de química o que han superado la prueba de acceso para CFGS. Estos estudiantes han realizado muy pocas o ninguna práctica de laboratorio de química. Conforme van demostrando haber adquirido la destreza suficiente, pasan al nivel alto.

– **Nivel alto.** Integrado por los estudiantes que con anterioridad han cursado la FP2 o un ciclo formativo de la rama de química y también por aquellos estudiantes que, con independencia de los estudios previos realizados, tengan experiencia laboral en laboratorios de análisis químico. En general, tienen soltura en un laboratorio químico y probablemente han realizado con anterioridad varias prácticas iguales o similares a las que se realizan durante el curso.

Con anterioridad a la unidad práctica de volumetrías, los estudiantes habían realizado alguna actividad práctica en este módulo (preparación de soluciones, medida del pH, conductividad eléctrica, turbidez...), con lo que el profesor dispuso de dos oportunidades para comprobar que los estudiantes hubiesen sido asignados correctamente al nivel alto o bajo.

Respecto a la heterogeneidad en las prácticas que se realizaban en pareja, es necesario tener en cuenta que, si estas ocho prácticas se hubiesen realizado con parejas heterogéneas (un estudiante de nivel práctico alto y otro de nivel práctico bajo), no hubiera tenido demasiado sentido, especialmente al principio cuando la diferencia de niveles es más acusada, aplicar niveles de abertura, ya que cada uno de los miembros de la pareja necesitaría un guión diferente, con niveles de abertura diferente. No obstante, se ha de tener en cuenta que, conforme avanza el curso, es de esperar que las diferencias de nivel práctico de los estudiantes se vayan reduciendo. De hecho, y debido a la diferencia en velocidad de aprendizaje, algunos estudiantes de nivel bajo realizaron prácticas con nivel de abertura 2 antes que otros compañeros también de nivel bajo. Por todo eso se estimó oportuno realizar dos prácticas con parejas «heterogéneas» (volumetrías 1 y 4), tres prácticas con parejas «homogéneas» (volumetrías 2, 5 y 6) y tres prácticas con parejas «libres», correspondientes a las tres últimas volumetrías, cuando los niveles entre

los estudiantes son más homogéneos y ellos mismos deciden con quién emparejarse.

Es durante las volumetrías con parejas «homogéneas» cuando se pueden utilizar los niveles de abertura para atender a la diversidad. A pesar de denominar «homogéneas» a las parejas que tienen el mismo nivel práctico de química, es necesario recordar que la heterogeneidad de la que hablan los expertos en aprendizaje cooperativo va más allá de la habilidad o del rendimiento e incluye diferencia de género, de raza, edad, interés por la materia objeto de estudio o liderazgo (Slavin, 1995). Es decir, las parejas «homogéneas» lo son en cuanto a nivel práctico de química, pudiendo ser heterogéneas según otros factores.

Se consideró adecuado realizar tres volumetrías con nivel de abertura 1:

– **Volumetría 1.** Los estudiantes de nivel bajo podrían tener dificultades en completar con éxito, al principio de la unidad didáctica, una práctica con un nivel de abertura mayor, y a los estudiantes de nivel alto les podía ayudar a corregir errores y vicios adquiridos con anterioridad. El agrupamiento heterogéneo permite que el estudiante de nivel bajo se beneficie de los mayores conocimientos del estudiante de nivel alto.

– **Volumetría 4.** Al ser ésta la primera volumetría curricular de análisis de aguas, se estimó conveniente repetir el esquema seguido en la volumetría 1.

– **Volumetría 7.** Tal y como establece el currículo, el alumnado realizó esta volumetría siguiendo un PNT. Al ser una de las tres volumetrías finales, los estudiantes se agruparon libremente en parejas.

A partir de la volumetría 5, los estudiantes pertenecientes al nivel bajo podían pasar al nivel alto si ya habían alcanzado un grado de destreza suficiente. Los niveles de abertura, por tanto, permitían atender a la diversidad de ritmos de aprendizaje. En función del ritmo de aprendizaje, algunos estudiantes del nivel bajo inicial pasaron al nivel alto antes que otros; a los primeros, los de ritmo rápido, se les facilitaba el guión correspondiente al nivel de abertura 2, mientras que a los segundos, los de ritmo más lento, se les seguía entregando el guión correspondiente al nivel de abertura 1. En cualquier caso, esta unidad didáctica concluía con dos volumetrías con nivel de abertura 2 (en el caso de la volumetría 9, como se comentó con anterioridad, se les ofreció la posibilidad de realizarla con nivel de abertura 3). Por tanto, todos los estudiantes realizaron un mínimo de 2 volumetrías con nivel de abertura 2, con independencia del nivel práctico inicial. De esta manera, todos los estudiantes habrían adquirido la autonomía necesaria para enfrentarse a las actividades prácticas de la siguiente unidad didáctica (técnicas instrumentales de análisis) y, especialmente, estarían en condiciones más favorables para superar con éxito el crédito de síntesis que deberán realizar al final del curso académico.

Tabla 5
Planificación de las volumetrías.

Volumetría	Organización	Nivel abertura
1	Parejas heterogéneas	1
2	Parejas homogéneas	Nivel bajo = 1
		Nivel alto = 2
3	Práctica individual	Nivel bajo = 1
		Nivel alto = 2
4	Parejas heterogéneas	1
5	Parejas homogéneas	Nivel bajo = 1
		Nivel alto = 2
6	Parejas homogéneas	Nivel bajo = 1
		Nivel alto = 2
7	Parejas libres	1 (PNT)
8	Parejas libres	2
9	Parejas libres	2 (3 opcional)

Para no extendernos con el desarrollo de todas las prácticas, se incluyen, en forma de anexos, los guiones de laboratorio para una única volumetría: el anexo 1 contiene el guión de la volumetría 3, nivel de abertura 1; y anexo 2, el guión de la misma volumetría, pero con nivel de abertura 2. Se ha elegido esta volumetría como ejemplo (determinación del contenido de ácido acético en una muestra de vinagre), puesto que, al ser una práctica de química general, podrá ser aplicada por un mayor número de docentes. Los guiones de las volumetrías 4, 5, 6, 7 y 8, con nivel de abertura 1, están descritos en la bibliografía (Jiménez y Llitjós, 2004).

EVALUACIÓN

Durante la semana siguiente a la realización de una práctica, cada pareja entregaba un informe con los datos cuantitativos y las respuestas a una serie de preguntas sobre dicha práctica, excepto en el caso de la práctica individual, en la que el informe era realizado y entregado individualmente. La corrección del informe generaba una nota común para los miembros de la pareja. La calificación de los informes de las prácticas realizadas en pareja no debería ser usada para realizar deducciones sobre la competencia individual de los estudiantes. Sin datos del proceso grupal, la puntuación de estos informes debería interpretarse como lo que los estudiantes pueden producir cuando trabajan con otros (Webb, 1993).

Además de la heterogeneidad, otra de las características fundamentales del aprendizaje cooperativo es la responsabilidad individual (Watson, 1992), que sólo existe cuando se evalúa el rendimiento de cada estudiante individualmente (Slavin, 1983). Las evaluaciones grupales se han de ajustar al rendimiento individual (Kaufman, Felder y

Fuller, 2000), ya que, si este ajuste no se realizara, los estudiantes que hubiesen adoptado una actitud pasiva recibirían la misma calificación que aquéllos que se hubiesen mostrado más activos y trabajadores, lo que es injusto y va en contra del principio de responsabilidad individual.

De entre las formas propuestas por Johnson y Johnson (1999, p. 124) para evaluar la responsabilidad o contribución individual, se aplicaron las siguientes:

- 1) Evaluaciones orales individuales, con la ayuda de la libreta de laboratorio, en las se podía pedir al estudiante que justifique el procedimiento que estaba siguiendo (Penick, 1991).
- 2) Observar el trabajo en el laboratorio y completar formularios individuales con ítems que incluyen tanto aspectos generales del trabajo en el laboratorio (Tabla 6) como aspectos concretos de química (Tabla 7).
- 3) Revisar la libreta de laboratorio, de acuerdo con unos ítems que los estudiantes conocían con antelación (Tabla 8).
- 4) Examen práctico individual al final de la unidad didáctica. Existían dos tipos de exámenes prácticos. El primer tipo correspondía a una de las prácticas ya realizadas durante la unidad didáctica. En ese caso, a los estudiantes no se les facilitaba ninguna información sobre el procedimiento, material o reactivos necesarios. Dependían básicamente de lo bien hecha que tuvieran su libreta de laboratorio. El segundo tipo de examen consistía en una volumetría que no había sido realizada previamente en la unidad didáctica. En ese caso, se les facilitaba el guión de dicha práctica con nivel de abertura 2. En ambos casos, el examen incluía una serie de preguntas por escrito sobre diferentes aspectos de la práctica.

Tabla 6

Aspectos generales del trabajo en el laboratorio a evaluar.

- Distribución adecuada de su tiempo
- Respeto de las normas de seguridad (p.e., uso de gafas de seguridad, bata de laboratorio)
- Actúa de manera responsable (p.e., no pipetear con la boca o inhalar productos químicos)
- Gestión correcta de los residuos generados en el laboratorio
- Orden en el lugar de trabajo
- Capacidad de trabajo en el laboratorio
- Limpieza del material (incluyendo eliminar los escritos con rotulador de vidrio) y equipamiento utilizado
- Respeto a las normas internas de funcionamiento en el laboratorio

Tabla 7

Aspectos concretos de química a evaluar.

- Realiza las pesadas en la balanza analítica o en el granatario, según corresponde
- Pipetea correctamente (posición de la pipeta, del vaso de recogida, secado de la pipeta...)
- Utiliza el material volumétrico adecuadamente y lo enrasa correctamente
- Al utilizar la pipeta, no sopla al final
- Se enjuagan pipetas y buretas con la solución que luego van a contener
- Al utilizar la pipeta, mantiene la punta en contacto con la pared del recipiente que va a contener el líquido
- No usa cuentagotas para acabar de llenar una probeta
- Posiciona correctamente las manos a la hora de hacer una volumetría
- No coloca el material volumétrico en la estufa
- Sabe realizar correctamente una dilución
- Sabe realizar correctamente una pesada por diferencia
- Sabe realizar correctamente una volumetría
- Sabe apreciar correctamente los virajes de los indicadores
- Añade reactivos auxiliares con pipetas graduadas o probetas
- No devuelve el exceso de reactivo al recipiente original
- Utiliza la vitrina de gases cuando es necesario
- Utiliza los productos químicos correctamente en función de su grado de pureza

Tabla 8

Aspectos de la libreta de laboratorio a evaluar.

- ¿La práctica está bien estructurada?
- ¿La práctica consta de los siguientes apartados: título, fecha, objetivo, datos iniciales de la muestra, bibliografía consultada y cálculos previos?
- ¿La práctica consta de los siguientes apartados: material utilizado, reactivos utilizados, calibraciones efectuadas, procedimiento realizado?
- ¿Se han anotado todos los datos experimentales (pesadas, diluciones, volúmenes, concentración de los reactivos utilizados...)?
- ¿Se han realizado los cálculos finales?
- ¿La precisión de los resultados es la adecuada?
- ¿Se ha realizado una autoevaluación de los resultados?
- ¿Se realiza una estimación de las posibles fuentes de error?
- ¿Se formulan conclusiones?

OPINIÓN DEL ALUMNADO

Al final de la unidad didáctica, se realizó una encuesta al alumnado para conocer su opinión y su grado de satisfacción sobre la utilización de los niveles de abertura, así como sobre otros aspectos relativos a la organización de las prácticas de laboratorio. La encuesta se realizó a 43 estudiantes, pertenecientes a los tres grupos, ya que éste fue el número de estudiantes que finalizaron la unidad didáctica correspondiente. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 9.

Como puede apreciarse, el alumnado respaldó mayoritariamente esta experiencia didáctica (pregunta 8), con un 93% de votos positivos y ninguno negativo. En cuanto al uso de los niveles de abertura, éstos fueron acogidos de manera positiva: así tenemos que el 95% de los estudiantes consideró adecuado que el nivel de abertura de las prácticas de laboratorio vaya aumentando conforme la unidad didáctica va avanzando (pregunta 4) y el 67% mostró su conformidad con que, en algunas de las primeras prácticas de laboratorio, las diferentes parejas tuvieran diferentes niveles de abertura, en función de sus conocimientos previos (pregunta 5).

Es justamente en la pregunta 5, y en la 3, donde, a pesar de ser mayoritario, el porcentaje de voto positivo es menor que en el resto de preguntas. Tanto la pregunta 5 como la pregunta 3 hacen referencia al diferente nivel de abertura en la misma práctica de laboratorio. Una observación detallada de las encuestas pone de manifiesto que los votos negativos a las preguntas 3 y 5 provienen exclusivamente de estudiantes con nivel alto. El dato está en consonancia con las quejas que algunos estudiantes de nivel alto hicieron al profesor durante las primeras sesiones de laboratorio, al sentir que deberían realizar un esfuerzo intelectual superior al de sus compañeros de nivel bajo para completar con éxito la práctica y el informe correspondiente.

El trabajo en parejas fue igualmente apoyado por los estudiantes (pregunta 1) con un significativo 0 % de estudiantes en contra. A pesar de eso, un 84% consideró adecuado que, ocasionalmente, alguna práctica de laboratorio se realizara de manera individual y que la calificación de esta práctica tuviera un peso algo mayor que otras prácticas en pareja de dificultad similar (pregunta 2). En cuanto a los agrupamientos, la formación de parejas heterogéneas fue apoyada por el 89% de los estudiantes (pregunta 6), si bien es cierto que, conforme la unidad didáctica discurría y el nivel entre los estudiantes se igualaba, el 95% del alumnado consideraba adecuado poder elegir libremente a su pareja de laboratorio (pregunta 7).

VALORACIONES

Los niveles de abertura han resultado ser un método útil para la atención a la diversidad del alumnado del CFGS de Química Ambiental, en las prácticas de laboratorio. En el curso 2000-01, cuando no se aplicaron los niveles de abertura, un 18% del alumnado suspendió el examen

práctico correspondiente a la unidad didáctica de las volumetrías, mientras que en los cursos 2001-02 y 2002-03, en los que sí se ha aplicado los niveles de abertura, el porcentaje de alumnos que no aprobaron dicho examen fue del 6% y 5%, respectivamente. La flexibilidad de los niveles de abertura permite que puedan ser aplicados según el ritmo de aprendizaje de cada estudiante: a los de nivel de aprendizaje más rápido se les pueden facilitar prácticas con nivel de abertura 2 más pronto que al resto de estudiantes.

Realizar una primera práctica cerrada (nivel de abertura 1) es beneficioso tanto para el alumnado de nivel bajo como para el de nivel alto. En el primer caso porque estos estudiantes no tienen aún la suficiente capacidad para completar con éxito una práctica de mayor abertura y, para los de nivel alto, porque ayuda a corregir errores y vicios adquiridos en su formación previa.

El aumento de la abertura en las actividades prácticas también va preparando a los estudiantes para el desarrollo del Crédito de Síntesis, ya que éste, en nuestro instituto, comprende un proyecto transversal de investigación (niveles de abertura 3 y 4) sobre un tramo del río Llobregat, a su paso por L'Hospitalet. Creemos que es adecuado que los estudiantes se hayan ido familiarizando durante el curso con actividades prácticas de una dificultad creciente para que las probabilidades de superar con éxito el Crédito de Síntesis sean más elevadas. La experiencia académica, a lo largo de estos tres últimos cursos, pone

de manifiesto que los estudiantes tienen más recursos y se desenvuelven con mayor soltura cuando llegan al Crédito de Síntesis habiendo realizado prácticas con un nivel de abertura creciente que cuando las prácticas de laboratorio realizadas previamente tienen todas un nivel de abertura de 1 (curso 2000-01).

En cuanto al trabajo en parejas, el alumnado se mostró satisfecho con esta organización. Incluso los estudiantes de nivel alto mostraron su apoyo al hecho de tener que trabajar con estudiantes de nivel bajo en las prácticas heterogéneas. De hecho, según los resultados de la encuesta de opinión, este alumnado de nivel alto mostró mayor satisfacción hacia el trabajo con estudiantes de nivel bajo que hacia el hecho de tener que realizar una práctica con un nivel de abertura mayor que sus compañeros de nivel bajo. No sólo los estudiantes de nivel bajo obtienen beneficio al trabajar con alumnos de nivel alto, ya que éstos también obtienen beneficios en los intercambios con sus compañeros (Nogueiras, Membiela y Suárez, 1993).

Los comportamientos cooperativos, en el sentido amplio de la palabra, se observaron igualmente en la práctica individual y también entre miembros de diferentes parejas. Las prácticas de laboratorio son cooperativas por naturaleza (Hertz-Lazarowitz et al., 1984) y es común ver a los estudiantes –incluso en prácticas individuales– compartir material, ayudarse mutuamente o hacerse preguntas del tipo: «¿A ti te viró el naranja de metilo a esta tonalidad o aún debo añadir más valorante?».

Tabla 9
Resultados de la encuesta de opinión del alumnado.

Preguntas	SÍ (%)	NO (%)	NS/NC (%)
1) ¿Te parece bien realizar prácticas en pareja o, por el contrario, crees que es mejor que la totalidad de prácticas sean individuales?	93	7	0
2) ¿Consideras adecuado que la mayoría de prácticas sean en parejas, pero que haya un cierto número de prácticas individuales y que éstas tengan un peso algo mayor en la nota final?	84	9	7
3) ¿Consideras que ha sido adecuada la aplicación de diferentes niveles de abertura para una misma práctica en función de los conocimientos de cada uno?	79	21	0
4) ¿Consideras adecuado que el grado de dificultad (nivel de abertura) vaya aumentando gradualmente para todos a medida que vas realizando prácticas de laboratorio?	95	0	5
5) ¿Consideras adecuado que, en algunas de las primeras prácticas de laboratorio, las parejas tengan que ser homogéneas y que las parejas con nivel más alto tengan la misma práctica pero con un nivel de abertura más alto?	67	19	14
6) ¿Consideras adecuado, sin embargo, que la primera práctica de volumetría sea realizada en parejas heterogéneas y que el nivel de abertura de esa práctica sea 1, común para todos?	89	2	9
7) ¿Consideras adecuado que, una vez realizadas las primeras prácticas de laboratorio, las parejas las elijáis libremente vosotros?	95	0	5
8) ¿Consideras, en general, adecuadas las metodologías utilizadas durante las primeras prácticas para atender a la diversidad (parejas homogéneas, parejas heterogéneas, niveles de abertura, desdoblamientos con prácticas individuales)?	93	0	7

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLOOM, B.S., ENGELHART, M.D., FURST, E.J., HILL, W.H. y KRATHWOHL, D.R. (1956). *Taxonomy educational objectives: Handbook I, Cognitive Domain*. Nueva York: McKay.
- BODNER, G.M. (1986). Constructivism: a theory of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), pp. 873-878.
- CHANG, H. y LEDERMAN, N.G. (1994). The effect of levels of cooperation within physical science laboratory groups on physical science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), pp. 167-181.
- COOPER, M.M. (1996). *Cooperative Chemistry. Laboratory Manual*. Boston: McGraw-Hill.
- DEAVOR, J.P. (1994). Role-playing in the quantitative analysis lab. *Journal of Chemical Education*, 71(11), pp. 980-982.
- DOMIN, D.S. (1999a). A Content Analysis of General Chemistry Laboratory Manuals for Evidence of High-Order Cognitive Tasks. *Journal of Chemical Education*, 76(1), pp. 109-111.
- DOMIN, D.S. (1999b). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), pp. 543-547.
- DRIVER, R. (1988). Theory into practice II: A constructivist approach to curriculum development, en Fensham, P. (ed.). *Development and dilemmas in science education*, pp. 133-149. Londres: Falmer.
- GIANCARLO, L.C. y SLUNT, K.M. (2004). The dog ate my homework: A cooperative learning project for instrumental analysis. *Journal of Chemical Education*, 81(6), pp. 868-869.
- HERRON, M. (1971). The nature of scientific inquiry. *School Review*, 79, pp. 171-212.
- HERTZ-LAZAROWITZ, R., BAIRD, H.J., WEBB, C.D. y LAZAROWITZ, R. (1984). Student-student interactions in science classrooms: A naturalistic study. *Science Education*, 68, pp. 603-619.
- JIMÉNEZ, G. y LLITJÓ, A. (2004). Análisis volumétrico del agua del grifo: cinco experiencias para la enseñanza secundaria postobligatoria. *Química e Industria*, 51(9), pp. 25-31.
- JOHNSON, D.W. y JOHNSON, R.T. (1999). *Aprender juntos y solos*. Buenos Aires: Aique.
- KAUFMAN, D.B., FELDER, R.M. y FULLER, H. (2000). Accounting for individual efforts in cooperative learning teams. *Journal of Engineering Education*, 89(2), pp. 133-140.
- KERNS, T. (1996). Should we use cooperative learning in college chemistry? *Journal of College Science Teaching*, 25(6), pp. 435-438.
- LAGOWSKI, J.J. (1990). Entry-level Science courses: the weak link. *Journal of Chemical Education*, 67(7), p. 541.
- MCCOMAS, W.F. (1990). A summary of classification schemes for laboratory investigations, en *The nature of exemplary practice in secondary school laboratory instruction*. Iowa City: The University of Iowa.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B. (2002). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Ediciones Roca, SA.
- NOGUEIRAS, E., MEMBIELA, P. y SUÁREZ, M. (1993). Triangulando perspectivas: el trabajo en grupo a debate. *Revista de Educación*, 302, pp. 259-271.
- OVEJERO, A. (1990). *El aprendizaje cooperativo. Una alternativa eficaz a la enseñanza tradicional*. Barcelona: Promociones y Publicaciones Universitarias, SA.
- PENICK, J. E. (1991). Where's the science? *The Science Teacher*, 58(5), pp. 26-29.
- PICKERING, M. (1985). Lab is a puzzle, not an illustration. *Journal of Chemical Education*, 62(10), pp. 874-875.
- PRIESTLEY, W.J. (1997). The impact of longer term intervention on reforming physical science teachers' approaches to laboratory instruction: seeking a more effective role for laboratory in science education. *Dissertation Abstracts International*, 58(3), p. 806.
- SAUNDERS, W.L. (1992). The constructivist perspective: Implications and teaching strategies for science. *School Science and Mathematics*, 92(3), pp. 136-141.
- SCHWAB, J.J. (1962). The teaching of science as enquiry, en Schwab, J.J. y Brandwein, P.F (eds.). *The teaching of Science*, pp. 3-103. Cambridge: Harvard University Press.
- SHIBLEY, I.A. y ZIMMARO, D.M. (2002). The influence of collaborative learning on student attitudes and performance in an introductory chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 79(6), pp. 745-748.
- SHILAND, T.W. (1989) Constructivism: The Implications for Laboratory Work. *Journal of Chemical Education*, 76(1), pp. 107-109.
- SLAVIN, R.E. (1983). When does cooperative learning increase student achievement? *Psychological Bulletin*, 94(3), pp. 429-445.
- SLAVIN, R.E. (1995). *Cooperative Learning: theory, research and practice*. Boston: Allyn & Bacon.
- SMITH, W.R. (2000). «The levels of Inquiry Matrix in developing written lesson plans for laboratory-centered science instruction». Tesis doctoral. Filadelfia: Temple University.
- SMITH, M.E., HINCLEY, C. C. y VOLK, G.L. (1991). Cooperative Learning in the undergraduate laboratory. *Journal of Chemical Education*, 68(5), pp. 413-415.
- STEWART, B. Y. (1988). The surprise element of a student-designed laboratory experiment. *Journal of College Science Teaching*, 17, pp. 259-270.
- TAMIR, P. (1977). How are the laboratories used? *Journal of Research in Science Teaching*, 14(4), pp. 311-316.
- WATSON, S.B. (1992). The essential elements of cooperative learning. *The American Biology Teacher*, 54(2), pp. 84-86.
- WEBB, N.M. (1985). Student interaction and learning in small groups: A research summary, en Slavin, R., Sharan, R., Kagan, S. Hertz-Lazarowitz, R., Webb, C. y Schmuck, R. (eds.). *Learning to cooperate, cooperate to learn*, pp. 147-172. Nueva York: Plenum.
- WEBB, N. M. (1993). *Collaborative group versus individual assessment in mathematics: group processes and outcomes*. National Centre for Research on Evaluation, Standards and Student Testing, Technical Report 352. Consultado el 15 de septiembre de 2005 en: <<http://www.cse.ucla.edu/CRESST/Reports/TECH352.PDF>>.

[Artículo recibido en septiembre de 2004 y aceptado en octubre de 2005]

ANEXO 1

VOLUMETRÍA 3. NIVEL DE ABERTURA 1. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ DE UN VINAGRE

INTRODUCCIÓN

Las técnicas volumétricas pueden ser aplicadas para la determinación de determinados parámetros en muestras reales. El vinagre comercial contiene, aproximadamente, entre un 4% y un 6,5 % de ácido acético (que procede de la oxidación del etanol). Aprovechando el carácter ácido de esta sustancia, es posible su determinación mediante una volumetría ácido-base. El ácido acético se hace reaccionar con una base fuerte, en nuestro caso con NaOH. Puesto que el punto de equivalencia se encuentra a $\text{pH} > 7$, es necesario un indicador que vire a pH básico, por ejemplo, la fenolftaleína. La acidez del vinagre se expresa como los gramos de ácido acético presentes en 100 mL de vinagre.

OBJETIVO

- Medida de masas y volúmenes. Transvase de líquidos.
- Utilización correcta de la pipeta y de la bureta. Enrasar sin cometer el error de paralaje.
- Determinación de la acidez de un vinagre comercial.

MATERIAL

Material volumétrico: buretas, pipetas y matraces aforados.
 Otro material de vidrio: vasos de precipitados, matraces erlenmeyers.
 Soportes, pinzas, nuez, embudo.

REACTIVOS

Hidróxido de sodio (base. Disolución patrón/valorada. Actúa como reactivo y será el valorante)
 Indicador: fenolftaleína.
 Muestra: Vinagre (ácido. Actúa como analito y será el valorado)

PROCEDIMIENTO (se ha de realizar por triplicado)

a) Preparación de la solución diluida de vinagre

Pipetea 20 mL de la solución de vinagre comercial y viértelos en un matraz aforado de 100 mL. Completa con agua destilada hasta la señal de enrase, añadiendo las últimas gotas con la ayuda de una pipeta pasteur o cuentagotas.

b) Decoloración del vinagre (consulta con el/la profesor/a)

El color de la solución diluida de vinagre puede interferir en la valoración, puesto que no permite apreciar con claridad el viraje del indicador. Para ello toma unos 70 mL de la solución diluida de vinagre en un vaso de precipitados. Añade una punta de espátula de carbón activo y agita con una varilla de vidrio. Prepara un filtro de pliegues y filtra la mezcla anterior. Si el filtrado no se hubiera decolorado, repite la operación utilizando un filtro nuevo.

c) Valoración del ácido acético con NaOH

Pipetea 10 mL de la solución diluida de vinagre en un erlenmeyer. Diluye con un poco de agua destilada recogiendo las posibles salpicaduras que se hayan podido producir en la pared interna del erlenmeyer. Añade 3 gotas de la solución indicadora de fenolftaleína.

Toma una bureta de 25 mL y enrásala con NaOH 0,1 M (toma nota del factor de concentración f de la solución de NaOH que has tomado). Puedes empezar la valoración. Ésta concluye cuando la solución toma un color rosado. Anota el volumen V de la solución de NaOH que has consumido.

EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Para calcular la acidez del vinagre, expresada como gramos de ácido acético en 100 mL de vinagre comercial, aplica el siguiente factor estequiométrico para cada volumetría:

$$\text{Acidez} = \frac{V \cdot f \cdot 3}{10}$$

f = factor de concentración de la solución de NaOH

V = volumen, en mL, de la solución de NaOH consumidos

ANEXO 2

VOLUMETRÍA 3. NIVEL DE ABERTURA 2: DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ DE UN VINAGRE

INTRODUCCIÓN

Las técnicas volumétricas pueden ser aplicadas para la determinación de determinados parámetros en muestras reales. El vinagre comercial contiene, aproximadamente, entre un 4% y un 6,5 % de ácido acético (que procede de la oxidación del etanol). Aprovechando el carácter ácido de esta sustancia, es posible su determinación mediante una volumetría ácido-base. El ácido acético se hace reaccionar con una base fuerte, en nuestro caso con NaOH. Puesto que el punto de equivalencia se encuentra a $\text{pH} > 7$, es necesario un indicador que vire a pH básico. La acidez del vinagre se expresa como los gramos de ácido acético presentes en 100 mL de vinagre.

OBJETIVO

- Medida de masas y volúmenes. Transvase de líquidos.
- Utilización correcta de la pipeta y de la bureta. Enrasar sin cometer el error de paralaje.
- Determinación de la acidez de un vinagre comercial.

MATERIAL

Material volumétrico: buretas, pipetas y matraces aforados.
Otro material de vidrio: vasos de precipitados, matraces erlenmeyers.
Soportes, pinzas, nuez, embudo.

REACTIVOS

Hidróxido de sodio.
Indicador: fenolftaleína.
Muestra: vinagre.

PROCEDIMIENTO (Se ha de realizar por triplicado)

Prepara 100 mL de una dilución 1:5 de la muestra de vinagre comercial. Si esta solución diluida de vinagre comercial presenta una tonalidad que pudiera interferir en el viraje de la fenolftaleína, decolórala con carbón activo. Toma 10 mL de la solución diluida de vinagre y valórala con NaOH 0,1 M con una bureta de 25mL y utilizando fenolftaleína como indicador. Finalizadas las valoraciones, lava la bureta varias veces con agua destilada.

RESULTADOS

Escribe la ecuación de la reacción.
Determina el grado de acidez del vinagre comercial.



Análisis volumétrico del agua del grifo: cinco experiencias para la enseñanza secundaria post-obligatoria

G. Jiménez Valverde¹; A. Llitjós Viza²

¹ IES Mercè Rodoreda, L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona);

² Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i la Matemàtica, Universitat de Barcelona

RESUMEN

Este artículo proporciona cinco métodos volumétricos de análisis para determinar la alcalinidad, la dureza, los cloruros, el oxígeno disuelto y la materia orgánica de una muestra de agua del grifo. Estas cinco volumetrías pueden ser realizadas en niveles post-obligatorios de la enseñanza secundaria ya que son sencillas de realizar y cubren los cuatro tipos de volumetrías, según el tipo de reacción (ácido-base, complejación, precipitación y redox) y los tres tipos según el método operativo (directa, indirecta y por retroceso).

ABSTRACT

This article provides five volumetric procedures to analyse the alkalinity, the hardness, the chloride, the dissolved oxygen and the organic matter contents in tap water samples. These five titrations can be realized in non-compulsory levels of the secondary education since they are simple to carry out due to their easiness and they cover acid-base, complexation, precipitation and redox titrations as well as direct, indirect and back titrations.

Los profesores de química de secundaria nos encontramos ante la necesidad de realizar prácticas de laboratorio con nuestros alumnos. Una de las maneras de afrontar esta situación consiste en que el profesorado prepare la actividad práctica de laboratorio con el consabido consumo de tiempo (además del de reactivos) que acarrea el tener que ensayar y probar hasta conseguir el procedimiento deseado. Otra manera, más sostenible y económica consiste en recurrir a manuales de prácticas de laboratorio, aunque no siempre encontramos la experiencia práctica que se adecua a nuestras necesidades o no disponemos del material o los reactivos necesarios o, simplemente, el guión que nos ofrece dicho manual induce a cometer algún error durante la realización de la experiencia práctica o, directamente, el guión contiene algún error o está obsoleto.

En este artículo ofrecemos la descripción detallada de cinco actividades prácticas, en concreto cinco volumetrías, para ser realizadas por los alumnos en el laboratorio.

¿Qué hace de estas cinco volumetrías algo interesante para el profesorado de química de secundaria?

- Los cinco volumetrías cubren los cuatro tipos de volumetrías, según el tipo de reacción: ácido-base, complejación, precipitación y oxidación-reducción.
- Las cinco volumetrías cubren los tres tipos de volumetrías, según el método operativo: volumetría directa, volumetría indirecta y volumetría por retroceso.
- En las cinco volumetrías, la muestra a analizar es agua del grifo, por lo que la disponibilidad de muestra para realizar los análisis está más que garantizada para cualquier Instituto o centro de nuestro país. Las variables en cada volumetría (cantidad de muestra a valorar, concentración de reactivos, capacidad del material volumétrico...) están adaptadas a la muestra de agua de grifo, habiendo tenido en cuenta variaciones habituales en todos los parámetros analizados.
- Los cinco métodos volumétricos que se proponen son procedimientos que se aplican en industrias y laboratorios de análisis y, por tanto, acercan al alumno a la realidad del análisis químico.
- En ninguna de las volumetrías se hace uso de material o de reactivos difíciles de encontrar en cualquier suministrador de material y reactivos de laboratorio (tabla 1).

Estas volumetrías han sido realizadas durante los últimos cuatro cursos académicos en el Ciclo Formativo de Grado Superior de Química Ambiental (dentro del módulo "Depuración de Aguas") del IES Mercè Rodoreda, si bien también pueden realizarse en segun-

Número	Volumetrías descritas	Tipo de volumetría ¹	Tipo de volumetría ²
1	Determinación de la alcalinidad	Ácido-Base	Directa
2	Determinación de la dureza	Complejación	Directa
3	Determinación de los cloruros	Precipitación	Directa
4	Determinación del oxígeno	Reducción-Oxidación	Indirecta
5	Determinación de la oxidabilidad al permanganato	Reducción-Oxidación	Retroceso (doble)

¹ según el tipo de reacción; ² según el método operativo.

Tabla 1.

do curso de Bachillerato o en otros ciclos formativos, tanto de grado medio como de grado superior. Las cinco volumetrías se presentan con la siguiente estructura:

- Título
- Introducción
- Objetivos
- Material
- Reactivos
- Procedimiento
- Resultados
- Observaciones (si procede)

VOLUMETRÍA 1

Título

Determinación de la alcalinidad de una muestra de agua

Introducción

La alcalinidad se determina mediante una valoración ácido-base con HCl (o H_2SO_4) diluido utilizando indicadores colorimétricos (o potenciométricos). Se suele determinar la alcalinidad a la fenolftaleína (también llamada "Título Alcalimétrico" o TA) cuyo viraje concluye a $pH=8,3$ y la alcalinidad al naranja de metilo (denominada en este caso "Título Alcalimétrico Complejo" o TAC) cuyo viraje concluye a $pH=3,2$. El viraje de la fenolftaleína está próximo al punto de equivalencia para las concentraciones de carbonato (y es posterior al punto de equivalencia para el OH^-) y representa la valoración de, aproximadamente, todo el OH^- y la mitad del CO_3^{2-} presentes. El viraje del naranja de metilo está próximo al punto de equivalencia para el HCO_3^- y permite la determinación de la alcalinidad total de la muestra. De las relaciones entre estas dos valoraciones se obtiene aproximadamente la cantidad de HCO_3^- , CO_3^{2-} y OH^- de una muestra de agua, mediante ciertas relaciones matemáticas. Esta volumetría es una volumetría ácido-base directa.

Objetivos

- Determinación de la alcalinidad a la fenolftaleína (TA) y de la alcalinidad total (TAC), del contenido de OH^- , CO_3^{2-} y HCO_3^- de una muestra de agua.
- Utilización correcta del material de vidrio, en concreto, uso de una pipeta aforada y de una bureta. Enrase correcto, sin cometer error de paralaje.

Material

Buretas de 25 mL, pipetas aforadas de 100 mL, erlenmeyers de 250 mL, Pinzas, nuez, soporte para la bureta, placa calefactora (imprescindible si el indicador utilizado para la determinación del TAC es el rojo de metilo).

Reactivos

Solución patrón de ácido clorhídrico 0,04 M.

Indicadores: fenolftaleína y naranja de metilo (alternativamente, rojo de metilo).

Procedimiento

a) Alcalinidad a la fenolftaleína

Pipetea 100 mL del agua problema en un Erlenmeyer. Añade 3 ó 4 gotas de fenolftaleína. Si la solución no toma coloración rosada el TA de la muestra será cero y se procederá a aplicar la valoración de TAC. Si la muestra toma coloración rosa, procede a su valoración con adiciones de la disolución de HCl 0,04 M, gota a gota, desde la bureta. Homogeneiza la muestra después de cada

adición de valorante. Sigue la valoración hasta decoloración de la disolución (Viraje: rosa \rightarrow incolora). Sean "A" los mL de ácido gastados.

b) Alcalinidad al naranja (o rojo) de metilo o TAC

A la disolución anterior, después de haber determinado el TA, se le añaden 3 ó 4 gotas de naranja de metilo (o rojo de metilo). La disolución tomará ahora una coloración amarillenta (o anaranjada, si utilizaste rojo de metilo). Si la solución ha tomado color rojo significa que ya ha virado y por tanto, $TAC=TA$. Sin rellenar la bureta, continua valorando hasta viraje del indicador (viraje: naranja (o amarillo, si utilizaste el rojo de metilo) \rightarrow rojo/rosado). Para apreciar mejor este viraje: al acercarnos al punto de equivalencia, se calienta el matraz hasta ebullición, se deja enfriar y se continua la valoración. Si se ha utilizado rojo de metilo, es IMPRESCINDIBLE hervir la solución en las proximidades del punto de equivalencia.

Sean "B" los mL totales de HCl 0,04 M gastados en las dos valoraciones.

Resultados

a) Cálculo de TA y TAC

$TA=0,4 \times f \times A$ donde:

- TA: Título Alcalinométrico en mmol/L.
- f: factor de la solución de HCl.
- A: volumen (en mL) de HCl 0,04 M consumidos hasta el viraje de la fenolftaleína.

$TAC=0,4 \times f \times B$ donde:

- TAC: Título Alcalinométrico Complejo en mmol/L.
- f: factor de la solución de HCl.
- A: volumen (en mL) de HCl 0,04 M consumidos hasta el viraje del naranja de metil.

Tanto el TA como el TAC se suelen expresar en mg $CaCO_3/L$. Para pasar de mmol/L a mg $CaCO_3/L$ basta con multiplicar el valor de TA (o TAC) en mmol/L por 50,05.

b) Cálculo de OH^- , HCO_3^- y CO_3^{2-} .

Para hallar las concentraciones anteriores (en mmol/L) ten en cuenta que:

- $TA(\text{mmol/L}) = CO_3^{2-} + OH^-$
- $TAC(\text{mmol/L}) = 2 \times CO_3^{2-} + HCO_3^- + OH^-$

Para pasarlas a mg $(OH^-, HCO_3^- \text{ o } CO_3^{2-})/L$ basta con multiplicarlas por su masa molar.

Observaciones

- El agua del grifo (potable) no suele tener ni carbonatos ni hidróxidos, por tanto, el $TA=0$ y la fenolftaleína debería ser incolora al añadirla a la muestra de agua.
- El agua destilada utilizada en esta práctica debería contener un nivel bajo de CO_2 . Éste se puede eliminar filtrando a baja presión -trampa de agua- o bien hirviéndola durante 15 minutos y dejándola enfriar en un Erlenmeyer tapado

VOLUMETRÍA 2

Título

Determinación de la dureza de una muestra de agua.

Introducción

La determinación de la dureza total (Ca+Mg) se basa en la valoración complexométrica de la muestra de agua con EDTA a $pH=10$ utilizando NET (negro de eriocromo I) como indicador. La concen-

tracción de calcio se determina mediante otra valoración complejométrica con EDTA, pero en este caso se trabaja a pH= 13 y se utiliza murexida como indicador; en este pH se produce la precipitación del Mg en forma de hidróxido, cosa que impide su complejación con EDTA y, por tanto, sólo se valora el Ca. La cantidad de Mg se obtiene, entonces, por diferencia de las dos valoraciones anteriores. Esta volumetría es una volumetría directa y de complejación.

Objetivos

- Determinación de la dureza de una muestra de agua y del contenido de Ca y de Mg.
- Utilización correcta del material de vidrio. Enrase correcto.

Material

Bureta de 25 mL, pipetas aforadas de 100 mL, erlenmeyers de 250 mL, probetas de 10 mL y 100 mL, vasos de precipitados, pinzas, nuez y soporte para la bureta.

Reactivos

- Solución patrón de EDTA 0.025 M
- NaOH, NH₄Cl y NH₃ conc. purísimos.
- Indicadores: Negro de Eriocromo T (NET) y murexida. En lugar del NET se puede utilizar calmagita y en lugar de la murexida se puede utilizar ácido calconcarboxílico.

Procedimiento

1) Preparación de soluciones auxiliares

a) Disolución reguladora (tampón) de pH= 10.

Para preparar 100 mL de disolución reguladora, diluye 57 mL de amoníaco concentrado y 7 g de NH₄Cl en agua destilada y completa hasta 100 mL de disolución. Puedes ajustar el pH final de esta solución con el pH-metro, añadiendo más NH₄Cl o amoníaco concentrado según corresponda.

b) Disolución de NaOH al 10%.

Para preparar 50 mL de disolución de NaOH al 10%, pesa 5 g de NaOH y disuélvelos en agua hasta completar 50 mL de solución.

2) Determinación de la dureza total o título hidrométrico (TH) (Ca²⁺ y Mg²⁺)

Pipetea 100 mL de muestra en un Erlenmeyer de 250 mL. Vierte, con probeta, 2 mL de la solución reguladora de pH= 10. Añade el indicador (NET o calmagita): 1 gota si está en solución alcohólica o bien una punta de espátula si está en estado sólido. La solución tomará un color violáceo. Valora con EDTA hasta que la solución tome color azul. (viraje: violeta → azul). Si no ves bien el viraje, añade rojo de metilo, que modifica los colores del viraje (viraje añadiendo rojo de metilo: naranja cobre → verde-amarillo). Anota el volumen de EDTA consumido (V_{1m}).

3) Determinación de la dureza cálcica (Ca²⁺)

Pipetea 100 mL de muestra en un Erlenmeyer de 250 mL. Vierte, con probeta, 5 mL de la solución de NaOH 10%, con lo que el Mg²⁺ precipita en forma de hidróxido y, por tanto, queda enmascarado. Añade una punta de espátula de indicador (murexida o ácido calcon-carboxílico). Valora con EDTA hasta viraje del indicador. He aquí los virajes en función del indicador:

- Murexida: de rosa a violeta-rosa intenso.
- Calconcarboxílico: de rosa asalmonado a azul turquesa.

Anota el volumen de EDTA consumido (V₂)

Resultados

- (1) Dureza total (mg CaCO₃/L) = V_{1m} · 25.0225.
- (2) Dureza total (grados franceses) = (1) · 0,1.

(3) Dureza total (grados alemanes) = (1) · 0,056.

(4) Dureza Ca²⁺ (en mg CaCO₃/L) = V₂ · 25,0225.

(5) Dureza Ca²⁺ (en mg Ca²⁺/L) = (4) · 0,4.

(6) Dureza Mg²⁺ (en mg CaCO₃/L) = (1)-(4).

(7) Dureza Mg²⁺ (en mg Mg²⁺/L) = (6) · 0,243.

(Si la concentración de EDTA tuviese un factor de corrección, f, se debería multiplicar este factor por cada uno de los siete factores anteriores)

Observaciones

- Si la solución de EDTA se ha preparado a partir de su sal disódica dihidratada, tiene que ser estandarizada frente a un patrón de Zn²⁺. Sin embargo podemos tener en cuenta que, en condiciones atmosféricas normales, el dihidrato tiene un exceso de 0,3% de humedad, respecto a la cantidad estequiométrica. Excepto para trabajos más exactos, se puede aceptar que este exceso es suficientemente reproducible, de manera que se puede preparar una solución patrón a partir de la masa corregida de la sal, después de haberla secado durante 2 h a 80 °C para que pierda la humedad superficial.

VOLUMETRÍA 3

Título

Determinación de los cloruros de una muestra de agua.

Introducción

La determinación del contenido de cloruros en una muestra de agua se puede llevar a cabo mediante una volumetría (directa y de precipitación) con una solución estandarizada de AgNO₃ utilizando como indicador una disolución de K₂CrO₄ que precipita cromato de plata insoluble de color rojo (Método de Mohr).

Objetivos

- Determinación del contenido de cloruros en una muestra de agua.
- Utilización correcta del material de vidrio. Enrase correcto.
- Preparación de un blanco.

Material

Bureta de 25 mL, pipeta aforada de 100 mL, Erlenmeyer de 250 mL, vasos de precipitados, espátula, pinza, nuez y soporte.

Reactivos

- Solución patrón AgNO₃ 0,1 M.
- NaHCO₃ y CaCO₃, purísimos.
- Indicador: K₂CrO₄₍₁₀₀₎ al 10%.

Procedimiento

Pipetea 100 mL de la muestra problema de agua en un Erlenmeyer de 250 mL. El pH en esta valoración debe mantenerse entre 7,0 y 10,0. En aguas potables, el pH se encuentra próximo a la neutralidad. En caso necesario, el pH de la misma puede ajustarse por adición de 1 g de NaHCO₃. Añade mediante probeta (o pipeta Pasteur graduada) 1 mL de la solución de indicador (K₂CrO₄ al 10%). Homogeneiza bien. Llena la bureta con AgNO₃ 0,1 M y enrásala adecuadamente. Procede a la valoración de la solución patrón de NaCl. A medida que se adiciona (lentamente y con agitación constante) AgNO₃ se va produciendo un precipitado blanquecino de AgCl. El punto final de la valoración se produce al aparecer un precipitado rojizo de Ag₂CrO₄ ante un exceso de valorante. Realiza esta determinación por triplicado. Sea "V₀" la media del volumen de AgNO₃ 0,1 M empleado en la valoración.

Se ha de realizar un ensayo en blanco, valorando una suspensión de 0,5 g de CaCO_3 en 100 mL de agua desionizada (añade igualmente 1 mL de indicador). En este caso el viraje tiene lugar cuando la solución adquiere un color amarillo sucio (viraje: amarillo canario \rightarrow amarillo sucio). Anota el volumen, " V_b ", de la solución de AgNO_3 0,1 M empleado en la valoración del blanco. No es necesario realizar un triplicado del blanco, pero no debería consumir más de 0,2-0,3 mL de solución de nitrato de plata.

Resultados

Cálculo de la concentración de cloruro en mg/L de la muestra problema, C_{Cl^-} :

$$C_{Cl^-} = (V_M - V_b) \times 35,453$$

donde:

- C_{Cl^-} : concentración de cloruro expresada en mg/L de Cl.
- V_M : media de los volúmenes (en mL) de AgNO_3 0,1 M empleados en las valoraciones de la muestra problema.
- V_b : volumen (en mL) consumido de AgNO_3 0,1 M en la valoración del blanco.

Observaciones

- Si el agua desionizada utilizada en la preparación del indicador no está totalmente exenta de cloruros, es conveniente realizar un blanco de indicador.
- Los compuestos de cromo son muy tóxicos. La solución de plata puede producir quemaduras y manchas en la piel.

VOLUMETRÍA 4

Título

Determinación del oxígeno disuelto de una muestra de agua por el método Winkler.

Introducción

Se determina el contenido de oxígeno en las muestras de agua utilizando el método Winkler, que consiste en un volumetría indirecta redox con una solución patrón de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,015 N utilizando almidón como indicador. Esta volumetría es una volumetría redox indirecta.

Objetivos

- Determinación del oxígeno disuelto en una muestra de agua.
- Preparación de soluciones auxiliares.
- Manejo del material de vidrio.

Material

Erlenmeyers de 500 mL, vasos de precipitados de 100 y de 250 mL, pipetas graduadas de 2 y 10 mL, probeta de 100 mL, frascos Winkler de 250 mL, bureta de 25 mL, soporte, nueces y pinzas de bureta, espátula.

Reactivos

- Solución patrón de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,015 N.
- $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KI, NaOH y H_2SO_4 conc. purísimos.
- Indicador: Almidón soluble (1%).

Determinación

1) Preparación de las soluciones auxiliares

- MnCl_2 50%: Disuelve en un vaso de precipitados de 250 mL 50 g de $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en 50 mL de agua y lleva la solución a 100 mL en el mismo vaso.
- Solución básica de KI: Disuelve en un vaso de precipitados de 100 mL 1,5 g de KI y 4,0 g de NaOH en 10 mL de agua.

- H_2SO_4 1:1: En un vaso de precipitados de 100 mL introduce 20 mL de agua destilada y añade lentamente y con agitación 20 mL de reactivo.

2) Determinación del oxígeno disuelto

Llena el frasco Winkler con la muestra de agua de manera que no se formen burbujas de aire y hasta que el líquido rebose durante unos instantes. Tapa el frasco, dejando que salga el exceso de agua.

Añade, mediante una pipeta graduada de 2 mL, 1 mL de la solución de cloruro de manganeso (II) en el fondo del frasco. También, con una pipeta graduada de 2 mL, añade 1 mL de la solución básica de KI en el fondo del frasco Winkler.

Tapa el frasco y agita diversas veces. Deja reposar 5 minutos.

Con la pipeta graduada de 10 mL, añade 5 mL de solución sulfúrica. Tapa y remueve. El precipitado se tiene que haber disuelto completamente. Si esto no sucede, añade más solución sulfúrica.

Valora con la solución $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,015 N. Añade lentamente y con agitación constante el valorante hasta que la solución sea amarilla pálida. En este momento, añade con probeta 2 mL de indicador (almidón). Continúa valorando hasta la desaparición del color lila-azulado. Anota el volumen, V_M , de solución $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,015 N utilizado.

Resultados

Para conocer la concentración de oxígeno en mg/L de la muestra problema hay que utilizar el siguiente factor:

$$\text{mg O}_2/\text{L} = V_M \times 0,48$$

donde V_M es el volumen de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,015 N, expresado en mL, utilizado en valorar los 250 mL de muestra.

Observaciones

- La solución patrón de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,015 N se debe preparar a partir de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y posterior estandarización frente a una solución patrón de KIO_3 .
- La determinación se debería realizar por triplicado, utilizando tres alícuotas diferentes de la muestra de agua.
- El hidróxido de sodio no puede contener nitrito, el yoduro de potasio no puede contener yodatos y el cloruro de manganeso (II) no puede contener hierro.

VOLUMETRÍA 5

Título

Determinación de la oxidabilidad al permanganato de una muestra de agua.

Introducción

En esta práctica se determina aproximadamente el contenido de materias de carácter orgánico de una agua sometida a oxidación química con un reactivo oxidante, permanganato de potasio en este caso. Se reserva el uso de la oxidabilidad al permanganato, que en adelante denominaremos DQO-Mn, para aguas potables, aguas brutas destinadas a potabilización, aguas subterráneas y aguas naturales, con bajo grado de polución orgánica. La siguiente volumetría es una volumetría redox de doble retroceso.

Objetivos

- Determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua.
- Manejo correcto del material de vidrio.
- Realización de un blanco.

Material

Erlenmeyers de 250 mL, bureta de 25 mL, pipetas aforadas de 100 y 10 mL, probetas de 10 mL, vasos de precipitados, pinza, nuez, soporte, espátula, placas calefactoras, cronómetro.

Reactivos

- Solución patrón KMnO_4 0,02 M.
- $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (sal de Mohr) y H_2SO_4 conc. purísimos.

Procedimiento

1) Preparación de las soluciones

- Solución de permanganato de potasio (0,0025 M): Prepara 200 mL de esta disolución por dilución a partir de KMnO_4 0,02 M solución patrón.
- Solución de Fe^{2+} (sal de Mohr) (5 g/L): prepara 100 mL de esta solución. La solución final ha de tener 1 mL de ácido sulfúrico concentrado.
- Ácido sulfúrico diluido (1/3 v:v): diluye 10 mL de ácido sulfúrico concentrado en 30 mL de agua destilada. Esta dilución es muy exotérmica.

2) Limpieza de los Erlenmeyers

Los Erlenmeyers utilizados han de estar totalmente exentos de materia orgánica. Para limpiarlos, añade 50 mL de agua destilada, 10 mL de permanganato de potasio 0,0025 M (probeta) y 4 mL de ácido sulfúrico diluido al Erlenmeyer. Pon un poco de porcelana porosa y lleva a ebullición durante unos minutos. Después, enfría y enjuaga con agua destilada en abundancia el Erlenmeyer.

3) Ataque del permanganato


Pipetea 100 mL de muestra problema y deposítalos en un Erlenmeyer. Añade 5 mL (probeta) del ácido sulfúrico diluido y un poco de porcelana porosa o bolas de vidrio. Calienta el Erlenmeyer en la placa calefactora a ebullición. Cuando empiece a hervir, añade 10 mL (pipeta aforada) de KMnO_4 0,0025 M. La muestra ha de estar 10 minutos a ebullición después de que añadas el permanganato (empieza a cronometrar cuando la pipeta aforada esté en el punto medio de su proceso de vaciado). Cuando se cumplan 10 minutos exactos de ebullición, vierte, con pipeta aforada, 10 mL de la solución de Fe^{2+} . Deja enfriar el Erlenmeyer. Valora la solución del Erlenmeyer añadiendo la solución de KMnO_4 0,0025 M desde la bureta lentamente hasta una ligera coloración rosa. Sean A los mL de KMnO_4 gastados en la valoración de la muestra. Realiza toda la operación por triplicado, con la que tendrás 3 valores: A_1 , A_2 y A_3 . Calcula el valor medio de los tres valores: A.

- Se hace un blanco sustituyendo los 100 mL de muestra por 100 mL de agua destilada (el resto del procedimiento es igual al explicado para una muestra). Sea B el volumen de mL de KMnO_4 consumidos en la valoración de este blanco.

Resultados

Para 100 mL de agua problema, el contenido de materia orgánica expresado como $\text{mg O}_2/\text{L}$ (DQO-Mn) será: A-B.

Observaciones

- La solución patrón de KMnO_4 se prepara a partir de KMnO_4 y estandarización con oxalato de sodio.
- Concentraciones muy elevadas de cloruros pueden interferir en la determinación.
- Lava bien el material utilizado en esta determinación. 

CURRICULUM

GREGORIO JIMÉNEZ VALVERDE

Formación profesional

Licenciado en Química por la Universitat de Barcelona. 1998.

Diploma de Estudios Avanzados (Suficiencia Investigadora) en el área de la Didáctica de las Ciencias Experimentales por la Universitat de Barcelona. 2003.

Máster en Química Experimental (especialidad Química Analítica) por la Universitat de Barcelona. 1999.

Máster en Calificación Pedagógica del Profesorado de Secundaria (especialidad Ciencias Naturales) por la Universitat Politècnica de Catalunya. 2003.

Experiencia profesional

Actualmente, funcionario del cuerpo de profesores de enseñanza secundaria de la especialidad Análisis y Química Industrial y profesor del Ciclo Formativo de Grado Superior de Química Ambiental en el IES Mercè Rodoreda de L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona).

CURRICULUM

ANNA LLITJÓS I VIZA

Formación profesional

Doctora en Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Barcelona. 1977.

Experiencia profesional

Actualmente, Catedrática EU de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Formación del Profesorado de la Universidad de Barcelona.

Coordinadora del Grupo de Investigación Educativa ECEM (Enseñanza de las Ciencias y Educación Medioambiental)

Coordinadora del Grupo Consolidado de Innovación Docente de Didáctica de las Ciencias.

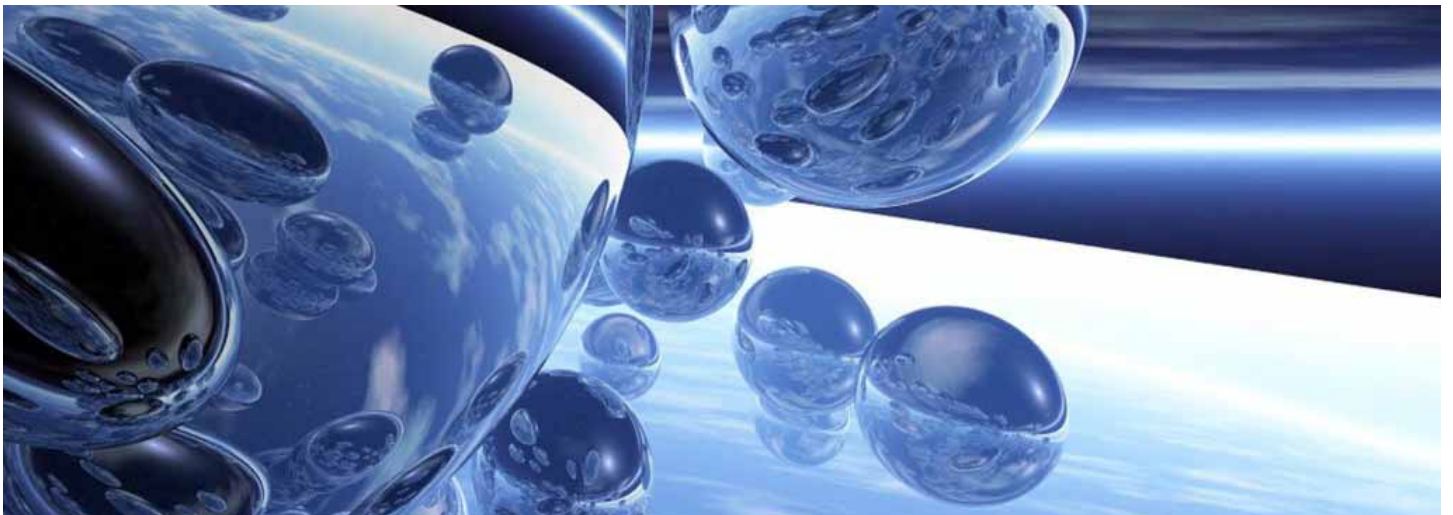


7

Resumen Resultados y Conclusiones

7.1. Resultados obtenidos y
discusión

7.2. Conclusiones



7.1. Resultados obtenidos y discusión.

7.1.1. Recursos didácticos históricos.

En cuanto a la investigación sobre la evolución histórica de recursos didácticos en la enseñanza de la química, la tabla 28 recoge los primeros usos documentados de determinados recursos didácticos audiovisuales e informáticos (digitales):

Tabla 28. Primeros usos documentados en la enseñanza de la química de diversos recursos audiovisuales e informáticos (digitales).

Recurso didáctico	Año	Referencia
Radio	1924	Killefer, 1924
Proyectores	1929	Taft, 1929
Diapositivas	1931	Wilson, 1931
Películas	1941	Durban, 1941
Cámaras fotográficas	1949	Hauser, 1949
Grabadora de audio	1956	Burt, 1956
Televisión	1956	Smith, 1956
Vídeocasetes	1964	Brasted, 1964
Microformas	1968	Barnard, 1969
Informática	1969	CEN, 1969
Vídeodiscos	1984	Russell, 1984
Multimedia	1993	Jones y Smith, 1993
Internet	1993	Varveri, 1993
Hipermedia	1996	Tissue, 1996

7.1.2. Optimización metodológica de entornos telemáticos cooperativos.

La investigación durante los dos primeros cursos utilizando el entorno BSCW, ha resultado valiosa para decidir que Synergeia, como entorno, ya supone una optimización del BSCW. Por otro lado durante los tres cursos se fue optimizando la metodología empleada, alcanzando su más alto grado en el curso 2003-2004. A continuación se muestran los resultados más relevantes de las encuestas que el alumnado del citado curso académico completó al término de la fase I de esta investigación, consistentes en el cuestionario ITCOLE más una pregunta adicional de respuesta libre y un segundo cuestionario Likert (anexo 4).

Por lo que respecta a la encuesta ITCOLE, ésta incluye tres apartados: A, B y C. El apartado A está formado por dos preguntas de respuesta predeterminada, el apartado B corresponde a un cuestionario Likert de 17 ítems y el último apartado consta de 3 preguntas de respuesta abierta.

ITCOLE A: Preguntas de respuesta predeterminada.

1ª pregunta: *“Especifica cuáles de estas funcionalidades son útiles en la cooperación entre estudiantes: subir un documento, pizarra cooperativa, foros, uso tipo de pensamientos, libreta de direcciones y calendario (mucho / bastante / poco / nunca lo he utilizado)”*.

En cuanto a la utilidad para la cooperación de las funcionalidades de Synergeia, los estudiantes consideraron que la más útil para la cooperación resultó ser la opción de “subir documentos” al servidor, con un 90% de estudiantes que la juzgaron bastante o muy útil. Los foros de Synergeia fueron otra funcionalidad considerada eficaz para la cooperación, con un 56,7% del alumnado que los calificó como bastante o muy útiles.

La “pizarra cooperativa” y el uso de los “tipos de pensamiento” obtuvieron una respuesta similar: aproximadamente la mitad del alumnado consideró poco útiles para la cooperación estas dos prestaciones y sólo un tercio estimó que eran bastante o muy útiles, si bien un 26,7% no llegó a usar la “pizarra cooperativa” (el doble de quienes no usaron los “tipos de pensamiento”).

En cuanto a las funcionalidades poco usadas encontramos el “calendario”, la “libreta de direcciones” y el servicio de mensajería instantánea. Sólo un 10% de los estudiantes apreció la utilidad del “calendario” para la cooperación frente a un 53,3% que ni siquiera lo utilizó. La “libreta de direcciones” y el servicio de mensajería instantánea fueron virtualmente no usados.

2ª pregunta: *“Especifica la facilidad de uso (mucho / bastante / poco / nunca lo he utilizado) de estas utilidades: subir un documento, adjuntar notas, pizarra cooperativa, uso tipos de pensamiento, libreta de direcciones y calendario”*.

En cuanto a la facilidad de uso, podemos ver que Synergeia es un sistema fácil de usar, ya que, para todas las funcionalidades sobre las que se preguntó, la suma de las respuestas de “muy fácil” y “bastante fácil” fue superior a “poco fácil”, siendo en la categoría “uso de los tipos de pensamiento” en donde esta respuesta alcanzó su porcentaje mayor (20%). A pesar de lo sencillo que resulta subir un documento al servidor Synergeia, un 16,7% del alumnado consideró “poco fácil” dicha funcionalidad, quizá debido a que algunos estudiantes estimaron como muy tedioso tener que subir uno a uno todos los archivos al servidor. En cuanto a la posibilidad de “adjuntar notas” a los objetos alojados en Synergeia, aun siendo una prestación que no presenta dificultad en su uso, fue empleada sólo por algo más de la mitad del alumnado. Con la “libreta de direcciones” vemos que, fue considerada como de bastante o muy fácil manejo por los pocos estudiantes que la utilizaron.

ITCOLE B: Cuestionario Likert.

En cuanto a este cuestionario Likert (tabla 29), los resultados revelan que, salvo los ítems 10 y 11, que están redactados en forma negativa, sólo el ítem 13 recibió una mediana menor de 3 (a los estudiantes no les fue particularmente útil leer las notas que ellos mismos habían creado en Synergeia, aunque sí las que habían creado otros compañeros), lo que vuelve a indicar una actitud positiva hacia la plataforma. Los estudiantes explicaron sus ideas a otros estudiantes utilizando Synergeia y no les resultó difícil encontrar nuevas conexiones entre ideas en dicho entorno. También les resultó fácil ver lo que los otros estudiantes estaban haciendo en Synergeia. En cuanto a la estructuración del proceso de investigación, se han obtenido medianas elevadas y bajas dispersiones en esta categoría. Estos datos sugieren que para el alumnado fue fácil estructurar el proceso de investigación en Synergeia y que entendieron mejor cómo funciona el proceso de investigación mientras usaban dicho entorno.

Tabla 29. Cuestionario Likert ITCOLE. Los valores (1=totalmente en desacuerdo; 5=totalmente de acuerdo) indican la mediana y el *rango intercuartílico* de los resultados (N=30).

Aspectos organizativos	1. Hubiera preferido utilizar más tiempo para trabajar con Synergeia	4,0 5,0-3,0
	2. Deberíamos haber tenido más ordenadores para trabajar con Synergeia	3,5 5,0-3,0
Percepción del espacio de trabajo	3. Era fácil ver lo que los otros estudiantes estaban haciendo en Synergeia	4,0 5,0-4,0
Cooperación	4. Fue fácil cooperar con otros estudiantes a través de Synergeia	4,0 4,0-3,0
	5. El profesor nos animaba a cooperar	4,5 5,0-4,0
	6. Me hubiera gustado cooperar más con otros estudiantes durante el proyecto	3,0 4,0-2,0
Manejo y ayuda	7. Era fácil utilizar el sistema Synergeia	3,0 4,0-2,8
	8. Recibí una orientación suficiente por parte del profesor durante el proyecto	4,0 5,0-4,0
	9. Recibimos suficientes indicaciones sobre cómo estudiar y trabajar en el sistema Synergeia	4,0 5,0-4,0
	10. Estaba casi perdido entre el conocimiento en el sistema Synergeia	2,5 3,0-1,8
	11. No supe qué hacer en el sistema Synergeia	2,0 3,0-1,0
Exteriorización de ideas para su comprensión	12. He explicado mis ideas a otros estudiantes utilizando Synergeia	3,5 4,0-2,0
	13. Me vino bien, para un mejor entendimiento, ver las ideas o notas que yo había creado en Synergeia	2,0 3,0-1,0
	14. Fue útil para mí poder leer las notas e ideas de otros compañeros en Synergeia	4,0 4,3-2,8
	15. Fue fácil encontrar nuevas conexiones entre ideas mientras utilizaba Synergeia	3,0 4,0-2,8
Estructuración del proceso de investigación	16. Mientras utilizaba Synergeia, entendí cómo funciona el proceso de investigación	4,0 4,0-3,0
	17. Fue fácil estructurar el proceso de investigación en Synergeia	4,0 5,0-3,0

La categoría relacionada con la cooperación también ha recibido unas medianas elevadas. De hecho, es el ítem 5 el que obtuvo la mediana más elevada de todo este cuestionario. También consideraron que fue fácil cooperar con otros estudiantes a través de Synergeia. De los aspectos organizativos, destacamos que los estudiantes hubieran preferido emplear más tiempo para trabajar con Synergeia y creen que deberían haber tenido más ordenadores para llevar a cabo el trabajo.

En relación al manejo y ayuda, los datos obtenidos indican que los estudiantes recibieron una suficiente orientación y ayuda por parte del profesor (quien, además, les animaba a cooperar, según la respuesta del ítem 6) y, aunque se posicionaron de manera neutra acerca de la facilidad del sistema Synergeia, no estuvieron de acuerdo con la afirmación "no supe qué hacer en el sistema Synergeia".

ITCOLE C: Preguntas de respuesta abierta.

1-“¿Cómo te guió el profesor durante el proceso de investigación? (realización del trabajo en el entorno Synergiea)”.

La ayuda y orientación ofrecida por el profesor a nuestros estudiantes básicamente consistió en ayuda codificada como “ayuda genérica”, con un 66,7% de los comentarios, mientras que la “información técnica y operativa” alcanzó el 22,6%. Las ayudas codificadas como “invitación para cooperar” y “explicación del proyecto”, así como el porcentaje de alumnado que no ofreció ninguna respuesta no alcanzó el 4% en ningún caso.

2- “Si este proyecto de aprendizaje cooperativo se llevara a cabo de nuevo, ¿qué cambiarías en el Synergiea? Por ejemplo, qué funcionalidad añadirías o suprimirías en Synergiea”.

Las tres respuestas que mayor porcentaje han obtenido (15,2% del total, cada una de ellas) son la posibilidad de poder subir más de un archivo a la vez, la de poder utilizar la mensajería instantánea y que Synergiea tenga la interfaz totalmente traducida del inglés.

En cuanto a poder subir más de un archivo a la vez, como ya se ha indicado con anterioridad, nuestros estudiantes consideraron molesto el proceso de subir uno a uno los diferentes archivos del proyecto web. Actualmente, BSCW ya incorpora una funcionalidad que permite la carga simultánea de múltiples archivos y es de esperar que una próxima de Synergiea también la incluya.

La opción de poder utilizar el sistema de mensajería instantánea de Synergiea (deshabilitada en el servidor público) fue reclamada por parte de nuestro alumnado. Relacionado también con la comunicación entre usuarios, un 9,1% del alumnado señaló que añadiría algún sistema para mejorar la percepción social, si bien Synergiea ya incorpora un sistema para tal fin, el servicio “de eventos”, y una nueva funcionalidad que informa sobre qué usuarios están conectados en un momento determinado y, de éstos, quiénes están dentro de una sesión de “pizarra cooperativa”.

El hecho de que muchos menús y explicaciones del Synergiea aún estuvieran en inglés en el momento de realizar la investigación, provocó la queja del 15,2% del alumnado e hizo que un 9,1% de los estudiantes echara en falta un sistema de tutoriales del entorno o que un 12,1% del alumnado reclamara una simplificación en los menús y funcionalidades.

Otras modificaciones obtuvieron un menor respaldo por parte del alumnado, totalizando el 18,2% de respuestas. Entre ellas encontramos: añadir un sistema de antivirus, la incorporación de un editor HTML integrado en la plataforma o la supresión de la funcionalidad de la opción de la negociación, aunque conviene tener en cuenta que mayoritariamente esta funcionalidad fue aceptada positivamente por el alumnado (véase ítem 9 del segundo cuestionario Likert, tabla 30).

3-Respuestas a la pregunta “Si tuvieras que explicar a alguien sobre esta experiencia, ¿cómo la describirías?”

Un 10,0% de los estudiantes describiría esta experiencia con un comentario negativo, porcentaje idéntico de aquellos que se limitaría a realizar una mera descripción de la actividad. Los comentarios positivos, distribuidos en 3 subcategorías recibieron los siguientes porcentajes: los comentarios positivos genéricos, un 36,7%; los comentarios positivos centrados en aspectos sociales, un 26,7%; y los comentarios positivos relacionados con modalidades de la actividad alcanzaron un 10,0%, lo que totaliza un 73,3% de comentarios positivos sobre la actividad. Un 6,7% del alumnado no contestó a la pregunta.

Segundo cuestionario Likert.Tabla 30. Segundo cuestionario Likert (n=1 muy negativo; 7=muy positivo). Los resultados se muestran como la mediana y el *rango intercuartílico* (N=30).

1. Utilidad del espacio cooperativo Synergeia para la docencia	5,0 6,0-4,0
2. Utilidad del espacio Synergeia para el desarrollo de esta asignatura	5,0 6,0-4,0
3. Grado de aplicación docente al espacio cooperativo Synergeia	5,0 6,0-4,8
4. Contribución del Synergeia a la preparación de recursos didácticos <i>on-line</i>	5,0 6,0-5,0
5. Grado de aprovechamiento del espacio de trabajo	5,0 6,0-4,0
6. Contribución del Synergeia a la adquisición de una actitud crítica sobre el aprovechamiento de recursos <i>on-line</i>	6,0 6,0-5,0
7. Utilización del editor HTML <i>Netscape Composer 4.78</i> que, aunque es limitado en sus opciones, es gratuito y de fácil uso	6,0 7,0-5,0
8. Realización de trabajos en grupos (cooperativos) con estudiantes de otros grupos-clase	6,0 6,3-5,0
9. Posibilidad de "negociar" carpetas y páginas web	6,0 7,0-5,0
10. Valoración global de la experiencia de producción de material hipermedia en espacios compartidos de trabajo	5,0 6,0-4,8

Como puede verse en la tabla 30, todos los ítems de este segundo cuestionario Likert recibieron una puntuación que generó una mediana igual o superior a 5,0, lo que significa que la mayoría de los estudiantes los consideró positivos. Eso significa que el alumnado mostró una actitud positiva global hacia el uso de Synergeia como recurso didáctico en las clases de química y, también, a la producción de hipermedia en la asignatura, así como, a la adquisición de una actitud crítica sobre el aprovechamiento de estos recursos telemáticos y al grado de aplicación docente a estos espacios cooperativos.

Las medianas más altas correspondieron al uso del editor HTML gratuito, al trabajo en grupos cooperativos y a la posibilidad de negociar del entorno Synergeia. Esta elevada mediana en lo referente al trabajo en grupos cooperativos está en consonancia con la respuesta obtenida en la pregunta adicional de respuesta libre, comentada a continuación. Respecto a la opción de "negociar" del entorno Synergeia la mayoría de estudiantes valoró muy positivamente el hecho de que todos los componentes del grupo tuvieran que implicarse en cada una de las secciones del proyecto a través del sistema de votaciones de la plataforma Synergeia. No obstante, el hecho de que una minoría de estudiantes mostrara una actitud poco cooperativa, como también queda reflejado en la pregunta adicional de respuesta libre (tabla 31), provocó quejas en algunos estudiantes que les llevó a puntuar negativamente esta funcionalidad, lo que hizo que la dispersión en esta respuesta fuera más elevada que en otras, aun siendo una dispersión relativamente baja.

Otra de las respuestas que obtuvo un rango intercuartílico relativamente elevado fue el uso de un editor HTML gratuito. En esta ocasión, la variabilidad fue debida a

que los estudiantes que no tenían conocimientos previos sobre cómo crear una página web consideraron acertada la decisión haber elegido un editor HTML gratuito y sencillo para el desarrollo de esta experiencia, mientras que la minoría de estudiantes que tenían sólidos conocimientos sobre cómo crear páginas web encontró negativo o muy negativo el uso de este editor, por lo limitado de sus funciones, en comparación con otros editores HTML comerciales, más potentes, a los cuales estaban acostumbrados. Justamente esta circunstancia quedaría reflejada en la pregunta adicional de respuesta libre (tabla 31) como uno de los aspectos negativos de esta experiencia

Pregunta adicional de respuesta libre.

En referencia a la pregunta adicional de respuesta libre, se pidió a los estudiantes que especificaran cuáles habían sido en su opinión los tres aspectos más positivos (o ventajas) y los tres más negativos (o desventajas) de esta experiencia (tabla 31):

Tabla 31. Categorización de los comentarios a la pregunta: "Indica cuáles han sido los tres aspectos más positivos y los tres más negativos de esta experiencia".

Aspectos positivos	%	Aspectos negativos	%
Trabajar en grupos cooperativos	15,8	Problemas con miembros del grupo	5,2
Aprender a crear páginas web	13,9	No hubo suficiente tiempo para completar la tarea	5,2
Hipermedia cooperativo	8,7	Ayuda insuficiente	5,2
Desarrollo de habilidades grupales	7,8	Pocas opciones en <i>Netscape Composer</i>	4,3
Uso de Internet como fuente de información	7,0	Dificultades técnicas	2,6
Enfoque distinto a la instrucción tradicional	5,2	Sin Internet en casa, no puedo trabajar allí	2,6
Posibilidad de trabajar en casa	5,2	Otros	5,2
Publicar los proyectos en Internet	3,5		
Otros	2,6		

Los aspectos más positivos, según los estudiantes, estaban relacionados con el trabajo en grupos cooperativos y con el aprendizaje sobre cómo crear páginas web. La posibilidad de cooperar con otros estudiantes, a través del hipermedia cooperativo, obtuvo un alto porcentaje, similar al que obtuvieron el desarrollo de habilidades grupales y al uso de Internet como fuente de información. El poder continuar el trabajo en casa y el diferente e innovador enfoque educativo con el que estudiaron esta unidad didáctica fueron igualmente mencionados dentro de los aspectos positivos.

Las desventajas citadas con mayor frecuencia por los estudiantes estaban relacionadas con problemas con los miembros de sus grupos cooperativos. También mostraron su descontento con la falta de tiempo para realizar el proyecto (véase ítem

1 del cuestionario Likert ITCOLE, tabla 29) o de ayuda durante la realización del proyecto, e incluso algunos estudiantes manifestaron haber tenido la sensación de estar perdidos durante el proyecto, bien en las sesiones de aprendizaje del editor HTML, en Internet en la búsqueda de información para el proyecto o cuando creaban las páginas web para el mismo.

Menos mencionadas fueron otras desventajas encontradas, como el menor número de opciones que presenta Netscape Composer en comparación con otros editores HTML comerciales, los problemas técnicos surgidos o la imposibilidad de seguir trabajando en casa (para aquellos estudiantes que no disponían de conexión a Internet en sus casas), si bien la variable "tener o no conexión a Internet en casa" resultó no generar diferencias significativas ($p > 0,05$) en ninguno de los 17 ítems de la encuesta Likert ITCOLE (tabla 29).

7.1.3. Niveles de apertura.

En cuanto a la investigación paralela sobre los niveles de apertura en las prácticas cooperativas de química, el alumnado respaldó mayoritariamente dicha experiencia, con un 93% de votos positivos y ninguno negativo. En cuanto al uso de los niveles de apertura, éstos fueron acogidos de manera positiva: así tenemos que el 95% de los estudiantes consideró adecuado que el nivel de apertura de las prácticas de laboratorio vaya aumentando conforme la unidad didáctica va avanzando y el 67% mostró su conformidad con que en algunas de las primeras prácticas de laboratorio las diferentes parejas tuvieran diferentes niveles de apertura, en función de sus conocimientos previos.

El trabajo en parejas cooperativas fue igualmente apoyado por los estudiantes, con un significativo 0% de estudiantes en contra. A pesar de eso, un 84% del alumnado consideró adecuado que ocasionalmente alguna práctica de laboratorio se realizara de manera individual y que la calificación de esta práctica tuviera un peso algo mayor que otras prácticas en pareja de dificultad similar. En cuanto a los agrupamientos, la formación de parejas heterogéneas fue apoyada por el 89% de los estudiantes, si bien es cierto que conforme la unidad didáctica discurría y el nivel entre los estudiantes se igualaba, el 95% del alumnado consideraba adecuado poder elegir libremente a su compañero de grupo, para realizar la práctica de laboratorio.

7.2. Conclusiones.

Tal y como se comentó en la sección 1.1, la normativa de la UB sobre tesis presentadas como compendio de publicaciones establece que haya "*un resumen global [...] de las conclusiones finales*". Por tanto, teniendo en cuenta esta disposición de la normativa, a continuación se ofrece el resumen global de las conclusiones finales.

Se ha confirmado, a partir de la investigación bibliográfica, que la evolución de los recursos didácticos audiovisuales e informáticos a lo largo del siglo XX ha sido espectacular, especialmente en el último cuarto del siglo debido a la fusión de las tecnologías multimedia y telemática. En la actualidad, existe una gran variedad de recursos digitales y audiovisuales que pueden ser utilizados por los docentes de química en sus clases.

No siempre la introducción de una innovación tecnológica en las clases de química ha ido acompañada de una mejora en la instrucción; en algunos casos, por el escaso potencial pedagógico del recurso didáctico, como la radio; en otras ocasiones, por las deficiencias técnicas o de diseño instructivo de los primeros usos de dicho recurso, como los materiales multimedia. En el caso de los entornos telemáticos cooperativos se requiere un entrenamiento del profesorado.

Estos entornos constituyen un ejemplo de recursos didácticos que combinan el uso de las TICs con el aprendizaje cooperativo, y además se ajustan al currículo oficial derivado de la LOE. El cambio radical que pronosticaron Feldhusen y Szabo (1969) a propósito de la incorporación de la informática en el mundo educativo ya ha llegado, gracias a las tecnologías telemáticas que, junto a la instrucción centrada en el estudiante, constituye un componente fundamental del cambio de paradigma educativo.

Los resultados de la investigación de los dos primeros años nos permiten concluir que el BSCW es una plataforma que facilita el trabajo cooperativo telemático entre estudiantes y que, junto a la búsqueda de información en Internet, contribuye a la adquisición de una actitud crítica sobre el aprovechamiento de recursos telemáticos.

El BSCW es adaptable a las asignaturas del CFGS de Química Ambiental en las que ha sido estudiado. Sin embargo, la versatilidad de BSCW representa un arma de doble filo para el docente, ya que las múltiples opciones de configuración y estructuración implican una notable complejidad a la hora de organizar los espacios compartidos y sus permisos de acceso, lo que exige un considerable esfuerzo, entrenamiento y dedicación del docente para la gestión del entorno. Además, el hecho de que BSCW disponga de un determinado número de funciones que no se utilizan en la enseñanza aumenta la dificultad de su uso por parte del profesorado y, especialmente, del alumnado de niveles obligatorios.

En cuanto a Synergeia, se puede determinar que esta plataforma mantiene las características básicas de BSCW para facilitar el aprendizaje y el trabajo cooperativo entre estudiantes que pueden no coincidir en el espacio y/o el tiempo e incorpora otras funcionalidades que aumentan la implicación de los estudiantes, como la negociación, valorada muy positivamente por el alumnado. Otras novedades de Synergeia, como la "pizarra cooperativa", no han sido consideradas de tanta utilidad para la cooperación. Globalmente, Synergeia es una plataforma que permite la cooperación entre estudiantes y apenas se han encontrado diferencias significativas en función del sexo, del nivel previo de informática o de la edad de los estudiantes así como de la disponibilidad o no de conexión a Internet en las casas de éstos, por lo que ninguna de estas variables influye significativamente en el trabajo en entornos telemáticos.

Cooperar con otros estudiantes a través de Synergeia ha resultado fácil para el alumnado. Sin embargo, algunas circunstancias dificultan la utilización de la

plataforma, como el hecho de no tener la interfaz traducida del inglés, no recibir una orientación adecuada del docente, no tener una motivación suficiente para cooperar o no disponer de guías de uso o tutoriales.

Para que se produzca una reflexión individual y, por tanto, los estudiantes puedan construir conocimiento en Synergeia, es necesario que éstos expresen sus ideas y puedan consultar las de los otros miembros del grupo (en los "espacios de construcción de conocimiento", especialmente), de modo que pueda haber retroalimentación en los comentarios de unos y otros, para que, de esta forma, encuentren conexiones entre las diferentes ideas.

El método de evaluación cooperativa que se ha adoptado, junto con la información que proporciona el sistema de "eventos" del entorno, permite evaluar la responsabilidad individual con mayor efectividad que atendiendo únicamente a la información generada por la plataforma y además proporciona una oportunidad para practicar la autoevaluación y la coevaluación en la enseñanza de la química, ajustándose a lo establecido en las competencias básicas del nuevo currículo de la LOE.

Se ha constatado que en las actividades centradas en el estudiante el alumnado tiene que tomar una actitud mucho más activa que en las actividades tradicionales de clase, ya que en caso contrario se verá sobrepasado por el alcance de la actividad. También se ha confirmado que este tipo de actividades también exige un cambio en el papel del profesorado, cediendo parte de la responsabilidad del proceso de aprendizaje en el alumnado, para que éste pueda construir mejor su propio conocimiento.

El proceso de creación de un espacio de trabajo en Synergeia para el profesorado ha sido simplificado en esta plataforma, y la gestión del entorno resulta más fácil aún con los tutoriales creados y que se encuentran disponibles en la dirección www.synergeia.info y en el anexo en CD-ROM.

Los tutoriales para el alumnado no sólo consiguen que los estudiantes se sientan más seguros y que tomen mayor control y autonomía sobre su proceso de aprendizaje, sino que al requerir menos ayuda por parte del docente, permiten que éste pueda dedicar más tiempo a resolver dudas y a ejercer de guía y orientador o a distribuir el alumnado de tal manera que los estudiantes que trabajan con estas herramientas informáticas no precisen de la supervisión directa y continuada del docente.

8

Bibliografía y fuentes de información

- Álvarez, A.; Ayuste, A.; Gros, B.; Guerra, V. y Romañá, T. (2005). Construir conocimiento con soporte tecnológico para un aprendizaje colaborativo. *Revista Iberoamericana de Educación*, 36(1). Consultado el 6 de junio de 2007 en: http://www.rieoei.org/tec_edu37.htm
- Area, M. (2004). *Los medios y las tecnologías en la educación*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- Aronson, E. (1978). *The jigsaw classroom*. Beverly Hills: Sage.
- Artzt, A. F. (1994). Integrating writing and cooperative learning in the mathematics class. *The Mathematics teacher*, 87(2), 80-85.
- APICE - Asociación de Profesores e Investigadores en Didáctica de las Ciencias (2007). Un punto de partida preocupante y difícil para la formación en ciencias. *Alambique*, 53, 106-114.
- Banerjee, A. C. y Vidyapati, T. J. (1997). Effect of lecture and cooperative learning strategies on achievement in chemistry in undergraduate classes. *International Journal of Science Education*, 19(8), 903-910.
- Barnard, W. R. (1969). Microforms in chemical education. *Journal of Chemical Education*, 46(4), 254-256.
- Bereiter, C. (2002). *Education and mind in the knowledge age*. Hillsdale: Erlbaum.
- Berge, Z. L. (1995). Facilitating computer conferencing: Recommendations from the field. *Educational Technology*, 35(1), 22-30.
- Birk, J. P. y Kurtz, M. J. (1996). Using cooperative learning techniques to train new teaching assistants. *Journal of Chemical Education*, 73(7), 615-616.
- Bonk, C. J.; Wisher, R. A. y Lee, J. Y. (2004). Moderating learner-centered e-learning: Problems and solutions, benefits and implications. En T. S. Roberts (Ed.), *Online collaborative learning: Theory and practice* (pp. 54-85). Hershey: Idea Group Inc.

La bibliografía global, que incluye las referencias de todos los trabajos, puede consultarse en el CD Anexo

- Borghoff, U. M. y Shlichter, J. H. (2000). *Computer-supported cooperative work introduction to distributed applications*. Berlín: Springer-Verlag.
- Brasted, R. C. (1964). The general chemistry program at the University of Minnesota. *Journal of Chemical Education*, 41(3), 139-142.
- Brown, J. S.; Collins, A. y Duguide, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.
- Bruffee, K. A. (1993). *Collaborative learning: Higher education, interdependence, and the authority of knowledge*. Baltimore: The John Hopkins University Press.
- Bullen, M. (1998). Participation and critical thinking in online university distance education. *Journal of Distance Education*, 13(2), 1-32.
- Burr, B. P. (1956). The tape recorder as a teaching aid. *Journal of Chemical Education*, 33(3), 139.
- Bush, V. (1945). As we may think. *The Atlantic monthly*, 176, 101-108.
- Caamaño, A. (2001). La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo: Una perspectiva desde España. *Educación Química*, 12(1), 7-17.
- Cabero, J. (2003). Principios pedagógicos, psicológicos y sociológicos del trabajo colaborativo: Su proyección en la teleenseñanza. En F. Martínez (Ed.), *Redes de comunicación en la enseñanza* (pp. 129-156). Barcelona: Paidós Ibérica.
- Cañal, P. (2007). La investigación escolar, hoy. *Alambique*, 52, 9-19.
- Capllonch, M. (2005). *Las tecnologías de la información y la comunicación en la educación física de primaria: Estudio sobre sus posibilidades educativas*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona.
- Carpenter, S. R. y McMillan, T. (2003). Incorporation of a cooperative learning technique in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 80(3), 330-352.
- CEN (1969). Computers: no longer a classroom novelty. *Chemical and Engineering News*, 47(25), 48-49.
- Chan, T.; Chee, Y. S. y Tan, J. T. (1993). A taxonomy of peer-peer learning situations: Communication, cooperation, and collaboration. *Proceedings of the 1993 International Conference on Computers in Education* (pp. 193-198).
- Chang, H. P. y Lederman, N. G. (1994). The effect of levels of cooperation within physical science laboratory groups on physical science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 167-181.
- Cohen, E. G. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64(1), 1-35.
- Crook, C. (1998). *Ordenadores y aprendizaje colaborativo*. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura – Ediciones Morata, S.L
- Curtis, D. D. y Lawson, M. J. (2001). Exploring collaborative online learning. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 5(1), 21-34.

- Cuseo, J. (1992). Collaborative & cooperative learning in higher education: A proposed taxonomy. *Cooperative Learning and College Teaching*, 2(2), 2-4.
- Departament d'Educació (2003). *Estadística de la societat de la informació. Curs 2002-2003*. Generalitat de Catalunya. Consultado el 6 de junio de 2007 en: http://www.gencat.cat/educacio/depart/pdf/esta_soc_infor.pdf
- Dillenbourg, P. y Schneider, D. K. (1995). Mediating the mechanisms which make collaborative learning sometimes effective. *International Journal of Educational Telecommunications*, 1(2-3), 131-146.
- Dillenbourg, P.; Baker, M.; Blaye, A. y O'Malley, C. (1996). The evolution of research on collaborative learning. En P. Reimann y H. Spada (Eds.), *Learning in human and machines: Towards an interdisciplinary learning science* (pp. 189-211). Oxford: Pergamon.
- Dirkx, J. M. y Smith, R. O. (2004). Thinking out of a bowl of spaghetti: Learning to learn in online collaborative groups. En T. S. Roberts (Ed.), *Online collaborative learning: Theory and practice* (pp. 132-159). Hershey: Idea Group Inc.
- Duffy, J. (1996). Collaborative computing, groupware and knowledge. *Information Management & Computer Society*, 4(2), 39-41.
- Durban, S. A. (1941). Teaching weighing technic with the aid of a motion picture film. *Journal of Chemical Education*, 18(11), 520.
- Ellis, C. A., Gibbs, S. J., & Rein, G. L. (1991). Groupware. some issues and experiences. *Communications of the ACM*, 34(1), 38-58.
- Escudero, J. M. (1983). La investigación sobre medios de enseñanza: Revisión y perspectivas actuales. *Enseñanza*, 1, 87-119.
- Europa Press (2006). Sólo el 48% de los colegios usa el ordenador en clase aunque el 95% tiene acceso a la red. *El País*, 2 de Octubre.
- Felder, R. M. (1996). Active-inductive-cooperative learning: An instructional model for chemistry? *Journal of Chemical Education*, 73(9), 832-836.
- Felder, R. M. y Brent, R. (1996). Navigating the bumpy road of student-centered instruction. *College Teaching*, 44(2), 43-47.
- Feldhusen, J. y Szabo, M. (1969). The advent of the educational heart transplant, computer-assisted instruction: A brief review of research. *Contemporary Education*, 40(5), 265-274.
- Ferreiro, L.; Ugena, S. (1992). Citation mechanics in journals covered by the Journal Citation Reports. *Scientometrics*, 24(1), 149-162.
- Gaillet, L. L. (1994). An historical perspective on collaborative learning. *Journal of Advanced Composition*, 14(1), 93-110.
- Garfield, E. (1994). The ISI Impact Factor. *Current Contents*, 25, 3-7.
- Gaud, W. S. (1999). Assessing the impact of web courses. *Syllabus*, 13(4), 49-50.
- Gayeski, D. (1992). Making Sense of Multimedia. *Educational Technology*, 32(5), 9-13.

- Giordan, M. (2004). Tutoring through the internet: How students and teachers interact to construct meaning. *International Journal of Science Education*, 26(15), 1875-1894.
- Glassman, E. (1978). Teaching biochemistry in cooperative learning groups. *Biochemical Education*, 6(2), 35.
- Gómez-Skarmeta, A. F.; García, M. E. y Martínez, M. A. (2003). Nuevas tecnologías y herramientas en la teleformación. En F. Martínez (Ed.), *Redes de comunicación en la enseñanza* (pp. 227-258). Barcelona: Paidós Ibérica.
- Graham, C. R. y Misanchuk, M. (2004). Computer-mediated learning groups: Benefits and challenges to using groupwork in online learning environments. En T. S. Roberts (Ed.), *Online collaborative learning: Theory and practice* (pp. 181-202). Hershey: Idea Group Inc.
- Grasha, A. F. (1994). A matter of style: The teacher as expert, formal authority, personal model, facilitator, and delegator. *College Teaching*, 42(4), 142-149.
- Greenberg, S.; Gutwin, C. y Cockburn, A. (1996). Using distortion-oriented displays to support workspace awareness. En A. Sasse, R. J. Cunningham y R. Winder (Eds.), *People and Computers XI (Proceedings of the HCI'96)* (pp. 299-314). Londres: Springer-Verlag.
- Gros, B. (2001). Instructional design for computer-supported collaborative learning in primary and secondary school. *Computers in Human Behavior*, 17(5-6), 439-451.
- Gros, B. (2002). Knowledge construction and technology. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 11(4), 623-343.
- Gros, B. (2004). La construcción del conocimiento en la red: Límites y posibilidades. *Teoría de la Educación*, 5. Consultado el 6 de junio de 2007 en: http://www3.usal.es/~teoriaeducacion/rev_numero_05/n5_art_gros.htm
- Gros, B. y Kirschner, P. A. (2006). *La recerca sobre la docència a la universitat: L'ús d'entorns electrònics en l'educació superior*. Barcelona: ICE - Universitat de Barcelona.
- Hagen, J. P. (2000). Cooperative learning in organic II: Increased retention on a commuter campus. *Journal of Chemical Education*, 77(11), 1441-1444.
- Hauser, E. A. (1949). The Polaroid Land camera, a new tool for education and research. *Journal of Chemical Education*, 26(4), 224-225.
- Henri, F. (1992). Computer conferencing and content analysis. En A. R. Kaye (Ed.), *Collaborative learning through computer conferencing. the najaden papers* (pp. 117-136). Berlin: Springer-Verlag.
- Hertz-Lazarowitz, R. (1992). Understanding interactive behaviours: Looking at six mirrors of the classroom. En R. Hertz-Lazarowitz y N. Miller (Eds.), *Interaction in cooperative groups: The theoretical anatomy of group learning* (pp. 71-101). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hiltz, S. R. (1998). Collaborative learning in asynchronous learning networks: Building learning communities", en *Proceedings of the WEB'98*, Orlando. Consultado el 6 de junio de 2007 en http://web.njit.edu/~hiltz/collaborative_learning_in_async.htm

- Ingram, A. L. y Hathorn, L. G. (2004). Methods for analyzing collaboration in online communications. En T. S. Roberts (Ed.), *Online collaborative learning: Theory and practice* (pp. 215-241). Hershey: Idea Group Inc.
- Johnson, D.W. y Johnson, R.T. (1986). Computer-assisted cooperative learning. *Educational Technology*, 26(1), 12-18.
- Johnson, D. W. y Johnson, R. T. (1992). Implementing cooperative learning. *Contemporary Education*, 63(3), 173-180.
- Johnson, D. W. y Johnson, R. T. (1999). *Aprender juntos y solos. aprendizaje cooperativo, competitivo e individualista*. Buenos Aires: Aique.
- Johnson, D. W.; Johnson, R. T. y Holubec, E. J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Buenos Aires: Paidós.
- Johnson, R.T.; Johnson, D.W. y Stanne, M.B. (1985). Effects of cooperative, competitive, and individualistic goal structures on computer-assisted instruction. *Journal of Educational Psychology*, 77(6), 668-677.
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology Research and Development*, 45(1), 65-95.
- Jones, L. L. y Smith, S. G. (1993). Multimedia technology: A catalyst for change in chemical education. *Pure & Applied Chemistry*, 65(2), 245-249.
- Kagan, S. (1985). Dimensions of cooperative classroom structures. En R. E. Slavin, S. Sharan, S. Kagan, R. Hertz-Lazarowitz, C. Webb & R. Schmuck (Eds.), *Learning to cooperate, cooperating to learn* (pp. 67-96). Nueva York: Plenum Press.
- Kaufman, D. B.; Felder, R. M. y Fuller, H. (2000), "Accounting for individual efforts in cooperative learning teams", *Journal of Engineering Education*, 89(2), 133-140.
- Kaye, A. R. (1992). Learning together apart. En A. R. Kaye (Ed.), *Collaborative learning through computer conferencing. the najaden papers* (pp. 1-24). Berlin: Springer-Verlag.
- Kemery, E. R. (2000). Developing on-line collaboration. En A. Aggarwal (Ed.), *Web-based learning and teaching technologies: Opportunities and challenges* (pp. 227-247). Hershey: Idea Group Publishing.
- Killeffer, D. H. (1924). Chemical education via radio. *Journal of Chemical Education*, 1(3), 43-48.
- Kirschner, P. A. (2000). Using integrated electronic learning environments for collaborative teaching/learning. *Research Dialogue in Learning and Instruction*, 2(1), 1-9.
- Kitchen, D. y McDougall, D. (1998-99). Collaborative learning on the Internet. *Journal of Educational Technology Systems*, 27(3), 245-258.
- Klößner, K. (2000). BSCW – Educational servers and services on the WWW. *Proceedings of the International C4-ICDE Conference on Distance Education and Open Learning "Competition, Collaboration, Continuity, Change"*, Adelaide, 9-14 septiembre. Consultado el 6 de junio de 2007 en: <http://bscw.fit.fraunhofer.de/Papers/CCCC/cccc.pdf>

- Kloss, R. J. (1994). A nudge is best: Helping students through the Perry scheme of intellectual development. *College Teaching*, 42(4), 151-158.
- Kogut, L. S. (1997). Using cooperative learning to enhance performance in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 74(6), 720-722.
- Koschman, T. (1996). CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm. En T. Koschmann, *Paradigm shift's and instructional technology* (p. 1-23). New Jersey, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Laffey, J.; Tupper, T.; Musser, D. y Wedman, J. (1998). A computer-mediated support system for project-based learning. *Educational Technology Research and Development*, 46(1), 73-86.
- Landow, G. P. (1995). *Hipertexto, la convergencia de la teoría crítica contemporánea y la tecnología*. Buenos Aires: Paidós
- Lave, J. y Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lazarowitz, R.; Hertz-Lazarowitz, R. y Baird, J. H. (1994). Learning science in a cooperative setting: Academic achievement and affective outcomes. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1121-1131.
- Light, P. H. y Mevarech, Z. R. (1992). Cooperative learning with computers: An introduction. *Learning and Instruction*, 2(3), 155-159.
- Lipponen, L. (2002). Exploring foundations for computer-supported collaborative learning. En G. Stahl (Ed.), *Computer support for collaborative learning: Foundations for a CSCL community. Proceedings of the Computer-supported Collaborative Learning 2002 Conference* (pp. 72-81). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Llitjós, A. (2006). Comunicación telemática de las ciencias. Entorno BSCW. En A. Adúriz-Bravo y M. Quintanilla (Eds.), *Enseñar ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas* (pp. 161-184). Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Lococo, A. y Yen, D. C. (1998). *Groupware: Computer supported collaboration. Telematics and Informatics*, 15(1-2), 85-101.
- Lumpe, A. T. y Staver, J. R. (1995). Peer collaboration and concept development: Learning about photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(1), 71-98.
- Mason, R. (1998). Models of online courses. *Asynchronous Learning Networks Magazine*, 2(2), 1-11.
- Matthews, R. S.; Cooper, J. L.; Davidson, N. y Hawkes, P. (1995). Building bridges between cooperative and collaborative learning. *Change*, 27(4), 34-40.
- McFadzean, E. y McKenzie, J. (2001). Facilitating virtual learning groups. A practical approach. *Journal of Management Development*, 20(6), 470-494.
- McInnerney, J. M. y Roberts, T. S. (2004). Collaborative or cooperative learning? En T. S. Roberts (Ed.), *Online collaborative learning: Theory and practice* (pp. 203-214). Hershey: Idea Group Inc.

- MEC (2007a). *Borrador del Real Decreto por el que se establece la estructura del Bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas*. Consultado el 6 de junio de 2007 en: http://www.fe.ccoo.es/poleduc/79_borr_rd_bach.pdf
- MEC (2007b). *Temarios de secundaria (borrador)*. Consultado el 6 de junio de 2007 en: http://www.fe.ccoo.es/publica/88_borr_tem_sec.pdf
- Millis, B. y Cottell, G. (1998). *Cooperative learning for higher education faculty*. Westport: American Council on Education & The Oryx Press.
- Mominó, J. M.; Sigalés, C.; Forniales, A.; Guasch, T. y Espasa, A. (2004). *La escuela en la sociedad red: Internet en el ámbito educativo no universitario*. Barcelona: UOC. Consultado el 6 de junio de 2007 en: http://www.uoc.edu/in3/pic/esp/pdf/PIC_Escoles_esp.pdf
- M. R. S. (2007). El Gobierno actualizará 50 titulaciones de FP antes de 2008. *El País*, 30 de abril.
- Muukkonen, H.; Hakkarainen, K., y Lakkala, M. (2004). Computer-mediated progressive inquiry in higher education. En T. S. Roberts (Ed.), *Online collaborative learning: Theory and practice* (pp. 28-53). Hershey: Idea Group Inc.
- Nelson, T. (1965). A File Structure for the Complex, the Changing and the Indeterminate. En *Proceedings of the 1965 20th ACM National Conference* (pp.84-100). Nueva York: ACM Press.
- Okebukola, P. A. (1992). Concept mapping with a cooperative learning flavour. *The American Biology Teacher*, 54(4), 218-221.
- O'Malley, C. E. y Scanlon, E. (1990). Computer-supported collaborative learning: Problem solving and distance education. *Computers & Education*, 15(1-3), 127-136.
- Paavola, S.; Lipponen, L. y Hakkarainen, K. (2002). Epistemological foundations for CSCL: A comparison of three models of innovative knowledge communities. En G. Stahl (Ed.), *Computer support for collaborative learning: Foundations for a CSCL community* (pp. 24-32). Hillsdale: Erlbaum.
- Packard, E. y Granger, P. (1983). *¿Quién mató a H. Thrombey?* Barcelona: Timun Mas.
- Panitz, T. (1996). *Collaborative versus cooperative learning – A comparison of the two concepts which will help us understand the underlying nature of interactive learning*. Consultado el 6 de junio de 2007 en: <http://home.capecod.net/~tpanitz/tedsarticles/coopdefinition.htm>
- Panitz, T. y Panitz, P. (1998). Encouraging the use of collaborative learning in higher education. En J. J. F. Forest (Ed.), *University teaching: International perspectives* (pp. 161-201). Nueva York: Routledge
- Pajares, S. (1997). Las posibilidades de la narrativa hipertextual. *Espéculo: Revista de Estudios Literarios*, 6.
- Paulson, D. R. (1999). Active learning and cooperative learning in the organic chemistry lecture class. *Journal of Chemical Education*, 76(8), 1136-1140.

- Pence, H. E. (1993). Combining cooperative learning and multimedia in general chemistry. *Education*, 11(3), 375-380.
- Pence, L. E. (1999). Cooperative electronic mail: effective communication technology for introductory chemistry. *Journal of Chemical Education*, 76(5), 697-698.
- Posner, H. B. y Markstein, J. A. (1994). Cooperative learning in introductory cell and molecular biology. *Journal of College Science Teaching*, 23(4), 213-233.
- Pozuelos, F. J. y Travé, G. (2007). Las TIC y la investigación escolar actual. *Alambique*, 52, 20-27.
- Prendes, M. P. (2003). Aprendemos... ¿cooperando o colaborando? las claves del método. En F. Martínez (Ed.), *Redes de comunicación en la enseñanza* (pp. 93-127). Barcelona: Paidós Ibérica.
- Puigcerver, M. y Llitjós, A. (2005). Cooperative work using BSCW telematic interactive environment: A case study, en *ESERA2005-CRESILS (Contributions of Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science)*, 28 agosto - 5 septiembre, Barcelona. Consultado el 6 de junio de 2007 en: <http://na-serv.did.gu.se/ESERA05/cd/pdfs/eBook.pdf#page=483>
- Puigcerver, M., Miró, A. y Llitjós, A. (2006). Una valoración de la aplicación del trabajo cooperativo utilizando el entorno telemático interactivo BSCW, en *IV Congreso Internacional DOCENCIA UNIVERSITARIA E INNOVACIÓN*, 5-7 julio, Barcelona.
- RAE (2001). *Diccionario de la Lengua Española*. Madrid: Real Academia Española.
- Ragoonaden, K. y Bordeleau, P. (2000). Collaborative learning via the Internet. *Educational Technology & Society*, 3(3), 361-372.
- Ralston, G. (1991). Hipermedia... not multimedia. *The Expanded Desktop*, 1(4), 58.
- Reiser, R. A. y Gagné, R. M. (1983). *Selecting media for instruction*. Englewood Cliffs: Educational Technology.
- Robblee, K. M. (1991). Cooperative chemistry. Make a bid for student involvement. *The Science Teacher*, 58(1), 20-23.
- Ross, T. W. (1993). Bloom and hypertext: Parallel taxonomies? *Educational Technology Review*, (Fall/Winter), 11-16.
- Rovai, A. P. (2004). A constructivist approach to online college learning. *Internet and Higher Education*, 7(2), 79-93.
- Russell, A. A. (1984). From videotapes to videodiscs: from passive to active instruction. *Journal of Chemical Education*, 61(10), 866-868.
- Salinas, J. (1994). Hipertexto e hipermedia en la enseñanza universitaria. *Pixel Bit. Revista de Medios y Educación*, 1. Consultado el 6 de junio en: <http://www.sav.us.es/pixelbit/articulos/n1/n1art/art12.htm>
- Salinas, J. (1996). *Multimedia en los procesos de enseñanza - aprendizaje: Elementos de discusión*. Ponencia en el Encuentro de Computación Educativa. Santiago de Chile, 2-4 mayo. Consultado el 6 de junio de 2007 en: <http://www.uib.es/depart/gte/multimedia.html>

- Salinas, J. (2003). El diseño de procesos de aprendizaje cooperativo en situaciones virtuales. En F. Martínez (Ed.), *Redes de comunicación en la enseñanza* (pp. 157-182). Barcelona: Paidós Ibérica.
- Salomon, G. (1992). What does the design of effective CSCL require and how do we study its effects? *SIGCUE Outlook*, 21(3), 62-68.
- Savli, V. (2006). *Knowledge forum*. Consultado el 6 de junio de 2007 en: http://www.ecolenet.nl/best/knowledge_forum.htm
- Scardamalia, M. y Bereiter, C. (1994). Computer support for knowledge-building communities. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(3), 265-283.
- Scott, L. y Heller, P. (1991). Team work works! Strategies for integrating women and minorities into the physical sciences. *The Science Teacher*, 58(1), 24-28.
- Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher*, 27(2), 4-13.
- Sharan, S. (1980). Cooperative learning in small groups: Recent methods and effects on achievement, attitudes, and ethnic realtions. *Review of Educational Research*, 50(2), 241-271.
- Sherman, L. W. (1988). A comparative study of cooperative and competitive achievement in two secondary biology classrooms: The group investigation model versus an individually competitive goal structure. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(1), 55-64.
- Slavin, R. E. (1985). An introduction to cooperative learning research. En R. E. Slavin, S. Sharan, S. Kagan, R. Hertz-Lazarowitz, C. Webb y R. Schmuck (Eds.), *Learning to cooperate, cooperating to learn* (pp. 5-15). Nueva York: Plenum Press.
- Slavin, R. E. (1995). *Cooperative learning: Theory, research, practice* (2ª ed.). Needham Heights: Allyn & Bacon.
- Smith, G. W. (1956). An experiment in teaching general chemistry by closed-circuit television. *Journal of Chemical Education*, 33(6), 257-263.
- Stahl, G.; Koschmann, T. y Suthers, D. (2006). Computer-supported collaborative learning: An historical perspective. En R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 409-426). Cambridge: Cambridge University Press.
- Stephenson, J. (2001). Learner-managed learning –An emerging pedagogy for online learning. En J. Stephenson (Ed.), *Teaching and Learning Online: Pedagogies for New Technologies* (pp. 219-224). Londres: Kogan Page.
- Stodolsky, S. S. (1984). Frameworks for studying instructional processes in peer work-groups. En P. L. Peterson, L. C. Wilkinson y M. Hallinan (Eds.), *The social context of instruction. group organization and group processes* (pp. 107-124). San Diego: Academic Press.
- Stout, R.; Towns, M. H.; Sauder, D.; Zielinski, T. J. y Long, G. (1997). Online cooperative learning in physical chemistry. *The Chemical Educator*, 1(2), 1-21.
- Taft, R. (1929). Increasing the usefulness of the short focus projection lantern. *Journal of Chemical Education*, 6(10), 1638-1643.

- Tien, L. T.; Roth, V. y Kampmeier, J. A. (2002). Implementation of a peer-led team learning instructional approach in an undergraduate organic chemistry course. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 606-632.
- Tissue, B. M. (1996). Applying hipermedia to chemical education. *Journal of Chemical Education*, 73(1), 65-68.
- Towns, M. H. y Grant, E. R. (1997). I believe I will go out of this class actually knowing something: cooperative learning activities in Physical Chemistry. *Journal of Reseach in Science Teaching*, 34(8), 819-835.
- Towns, M. H.; Kreke, K.; Sauder, D.; Stout, R.; Long, G. y Zielinski, T. J. (1998). An assessment of a physical chemistry online activity. *Journal of Chemical Education*, 75(12), 1653-1657.
- Towns, M. H.; Sauder, D.; Whisnant, D. y Zielinski, T. J. (2001). Physical chemistry online: Interinstitutional collaboration at a distance, *Journal of Chemical Education*, 78(3), 414-415.
- USGold (1990). *Instrucciones para Gauntlet – Sega Master System*.
- Varveri, F. S. (1993). Information retrieval in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 204-208.
- Watson, S. B. y Marshall, J. E. (1995). Effects of cooperative incentives and heterogeneous arrangement on achievement and interaction of cooperative learning groups in a college science course. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 291-299.
- WCEFA (1990). World declaration on education for all: Meeting basic learning needs, en *World Conference on Education for all*, 5-9 marzo, Jomtien, Tailandia.
- Wenzel, T. J. (2003). The teaching/learning process in Analytical Chemistry. *Microchimica Acta*, 142(3), 161-166.
- Wheelan, S. A. (1994). *Group Processes: A developmental perspective*. Boston: Allyn and Bacon.
- Wilson, J. L. (1931). Lantern slides from cellophane. *Journal of Chemical Education*, 8(11), 2212-2213.
- Woods, D. R. (1997). *Problem-based learning: How to gain the most from PBL*. Waterdown: Donald R. Woods.
- Wright, J. C. (1996). Authentic learning environment in analytical chemistry using cooperative methods and open-ended laboratories in large lecture courses. *Journal of Chemical Education*, 73(9), 827-832.
- Yen, D. C.; Wen, H. J.; Lin, B. y Chou, D. C. (1999). Groupware: A strategic analysis and implementation. *Industrial Management & Data Systems*, 99(2), 64-70.

Anexos

1. Trabajos previos
2. Consejos asesores y comités editoriales/científicos de las revistas y congresos
3. Certificado aceptación del trabajo 22
4. Encuesta curso 2003-04
5. Contenido del anexo en CD-ROM

Comportamiento de los contaminantes inorgánicos en suelos afectados por el vertido de Aznalcóllar

J. Sastre, M. Pueyo, G. Jiménez, T. Dagnac, M. Vidal, J. F. López-Sánchez, R. Rubio y G. Rauret

Objetivos

- ⇒ Estudio de la interacción de los contaminantes procedentes del lodo tóxico con los suelos afectados
- ⇒ Establecimiento del grado de vulnerabilidad de los suelos afectados
- ⇒ Estudio de los contaminantes en diferentes condiciones ambientales
- ⇒ Estudios de la dinámica a corto plazo de la interacción de los contaminantes en los distintos tipos de suelo
- ⇒ Estudio de la transferencia suelo-planta

Conclusiones

Las conclusiones hacen referencia al primer objetivo dado que todavía no se dispone de suficientes elementos de juicio en los demás apartados. Los suelos elegidos han sido francos (carbonatados y no carbonatados), franco-arenosos (carbonatados y no carbonatados) y franco-arenoso-arcilloso. Se han estudiado cuatro metales, Cd, Cu, Pb y Zn y el arsénico. Las muestras corresponden a un escenario en el que se ha procedido a la retirada de los lodos.

De las medidas realizadas se deduce una gran heterogeneidad en las características de los suelos y en su carga contaminante.

Como conclusiones generales se puede decir:

- que el uso de extracciones simples y secuenciales es una buena herramienta para conocer la movilidad de los metales en suelos.
- que la distribución de los metales en los suelos afectados es parecida a la obtenida en suelos afectados por un tipo de deposición de origen completamente distinto.
- que el suelo ha interaccionado considerablemente con los metales estudiados, por lo que su movilidad es menor que éstos que en el lodo del cual proceden.

Respecto a los elementos estudiados se puede concluir:

- el cadmio es el metal más móvil de todos los estudiados. Su posible movilidad por efecto de la lluvia es alta y mucho más acusada en los suelos no calcáreos. En términos generales se observa en suelos carbonatados un aumento de la movilidad a medida que nos alejamos de la fuente de contaminación.
- el cobre presenta una movilidad intermedia, siendo sin embargo muy baja en una disolución que simula el efecto de la lluvia.
- el plomo es el menos móvil de los elementos estudiados tanto en los suelos como en el lodo. Para su removilización requiere de un pH ácido y de una disolución, aunque parcial, de óxido de hierro.
- el zinc es bastante móvil, menos que el cadmio pero más que los demás metales estudiados. Su movilidad es muy alta en suelos no calcáreos y extrema en el lodo.

En lo que se refiere al arsénico se ha procedido a la determinación de las especies solubles. De los datos obtenidos se llega a las siguientes conclusiones:

- una parte importante del arsénico se halla todavía en forma no soluble, probablemente en forma de sulfuro de arsénico.
- el ácido fosfórico es más adecuado como disolvente para llevar a cabo la especiación ya que disuelve con mucha eficacia los óxidos de hierro y aluminio y los carbonatos de calcio y magnesio.
- en todos los suelos estudiados el componente mayoritario es el arsénico pentavalente aunque existen cantidades importantes de arsénico trivalente.
- en uno de los suelos estudiados, con muy baja carga contaminante, se ha detectado la presencia de ácido monometil arsónico.



Prediction of the impact of the Aznalcóllar toxic spill on the trace element contamination of agricultural soils

M. Vidal*, J.F. López-Sánchez, J. Sastre, G. Jiménez, T. Dagnac,
R. Rubio, G. Rauret

Departament de Química Analítica, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès 1–11, 08028 Barcelona, Spain

Abstract

The interaction of several trace elements (Cd, Zn, Cu, Pb, As, Bi, and Tl) was studied by leaching experiments in agricultural soils affected by the Aznalcóllar toxic spill. The spill led to contamination by acid waste waters and sludge deposition. The levels of contamination recorded after the sludge was removed from soils showed that highly contaminated areas remained. A comparison of soils directly affected by sludge deposition and acid waste waters with soils contaminated only by acid waste waters demonstrated that Zn/As and Cd/As ratios were good indicators of the two contributions to the contamination. Soil samples were characterised and grouped according to their texture and carbonate content. The response of elements to single extractions with CaCl_2 0.01 mol l⁻¹, CaCl_2 1 mol l⁻¹, CH_3COOH 0.43 mol l⁻¹, and EDTA 0.05 mol l⁻¹ enabled us to estimate their mobility in the soils. Cd and Zn were found to be the most mobile elements. Cu showed an intermediate mobility, especially in an acidic medium. Pb, As, Bi and Tl were found to be non-mobile elements. A comparison of referent, low and highly contaminated samples showed that the presence of sludge had an effect on desorption yields, in part due to the short-term after the contamination. Calculations of a relative scale of long-term mobility, between soils and trace elements, provided further conclusions derived from the use of single extractions. © 1999 Elsevier Science B.V. All rights reserved.

Keywords: Soils; Trace elements; Single extractions; Leaching tests; Mobility predictions; Aznalcóllar (Doñana)

*Corresponding author. Tel.: 34-9-3402-1281; fax: 34-9-3402-1233.
E-mail address: miquelv@zeus.qui.ub.es (M. Vidal)

1. Introduction

On the morning of 25 April 1998, there was an accidental breach in one of the pools belonging to Boliden Arpisa, the firm which exploits the Aznalcóllar mine, in Seville (Spain), approximately 60 km north of the Doñana National Park. This pool stored more than 5 million cubic meters of waste, including fine particles of pyrite, sludge and acidic waste water, with a high heavy metal and arsenic content. The sludge and acid water spill affected a 2160 ha area, including the aquatic system (i.e. the basins of Agrío and Guadiamar rivers, which flow into the Guadalquivir river), as well as the terrestrial ecosystem, including agricultural areas located in the Doñana natural park (Barettino et al., 1998).

The contamination process in the agricultural area occurred in three successive steps. In the first step the acid waste waters flooded the Agrío and Guadiamar rivers and their banks. The degree of penetration of the waste water was determined by the texture and structure of the soils, which are mostly loam–sandy and clay, calcareous soils. The second phase was characterised by the arrival of the sludge, formed mainly by fine particles (between 4.5 and 12 μm) of pyrite with low amounts of clay, quartz and gypsum (Querol et al., 1998). The thickness of sludge deposition was determined by the geographical structure of the basin. Deposition decreased with distance from the source, so areas near the Guadalquivir marshlands were affected only by the acid waste waters (Cabrera et al., 1998).

After deposition, the sludge oxidised partially at the surface of the deposition layers into iron sulphate species, which led to the precipitation of iron hydroxides in the wettest areas (Querol et al., 1998). Finally, and this constitutes the third step in the contamination process, the short rain events during the following month led to a partial leaching of soluble species, which were adsorbed by soils.

The first restoration strategy to be implemented after the accident was the removal of the sludge layer that covered the affected area. This was carried out with heavy machinery, which led to an irregular removal, since in some areas hot

spots were left, whereas in other parts the surface layer of the soils was also removed.

In this paper, we consider the situation after the removal of sludges, in which the impact of heavy metals and arsenic on crops growing in the affected areas, given the potential existence of hot spots in the agricultural area, may be great. The impact of the pollutants may depend on their total content and also on their mobility, which finally may determine their ability to enter the food chain. The mobility of metals in soils is a multifactorial process that depends basically on the metal considered, the type of the interaction in the solid phase of soils, and other factors such as acidity (the main environmental factor), oxic or anoxic conditions, the presence of ligands that may form soluble complexes, and the ionic composition of soil solution (Hering, 1995; Alloway, 1997). Therefore, to study the potential impact of a contamination event we need to determine not only the total content but also to estimate the mobility of the pollutants.

Leaching tests, especially batch single extractions, are the most common approach for estimating metal mobility in soils and sediments (Novozamsky et al., 1993; Van der Sloot et al., 1996; Kennedy et al., 1997; Rauret, 1998). They are used not only to predict the possible mobilisation of trace metals from polluted soils and their transfer to plants, but also to assess the environmental impact and potential restoration actions (Karstensen, 1997). Moreover, leaching tests are used in a regulatory context for soil characterisation and risk assessment (Prüeß, 1997; Vollmer et al., 1997). Numerous extraction techniques are described in the literature, covering a wide range of extractants and experimental conditions, and there is not yet a common agreement in which is the best approach to estimate the mobile metal or the fraction that might be transferred to crops (Pickering, 1986; Wenzel and Blum, 1995). Unbuffered salts such as MgCl_2 , CaCl_2 and NaNO_3 , and buffered mild extractants, such as $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, seem to be adequate to extract the exchangeable (mobile) metal, although the fraction desorbed is highly dependent on the reagent concentration and soil liquid ratio. Other reagents, such as EDTA, may lead to higher

desorptions for certain metals (e.g. Pb and Bi), although this fact is explained by its additional complexing capacity (Ure et al., 1995). For some metals the desorption with EDTA is similar to that obtained with an acid extractant (e.g. CH_3COOH) which allows the estimation of the mobilisable metal (Van der Sloot et al., 1996).

In this paper, different soil types and levels of contamination are considered. From the total content of trace elements, the source of contamination (either soluble or particulate) was evaluated. Furthermore, the application of leaching tests with different reagents such as CaCl_2 , EDTA and CH_3COOH enabled us to estimate the metal fraction remobilised by ionic exchange, complexing or acidification processes.

2. Material and methods

2.1. Sampling and soil samples

Soil samples were taken twice. The first sampling was carried out in May 1998 (1 month after the accident), while the second sampling took place at the end of July 1998. Fig. 1 shows the sampling points of two samplings. In the first, sludge and soil samples of different type were taken at five locations, at increasing distances from the source of the spill. For soil samples, sludge was removed at the moment of sampling. In the second sampling, soil samples were taken after the general removal of the sludge by heavy machinery. Soil samples were selected according to the type of soil (texture and carbonates content) and level of contamination. Three levels of contamination were pre-assumed: a non-contaminated referent sample (corresponding to areas not affected by the toxic spill), a low contaminated sample (corresponding to areas where sludge was completely removed), and a highly contaminated sample (corresponding to areas where sludge remained). The exception were the soils taken near Entremuros (labelled as 2DEP), where contamination was caused by the acid waste waters, and not by the sludge. For these samples, a referent and one contaminated sample were taken.

Individual soil samples were taken with an

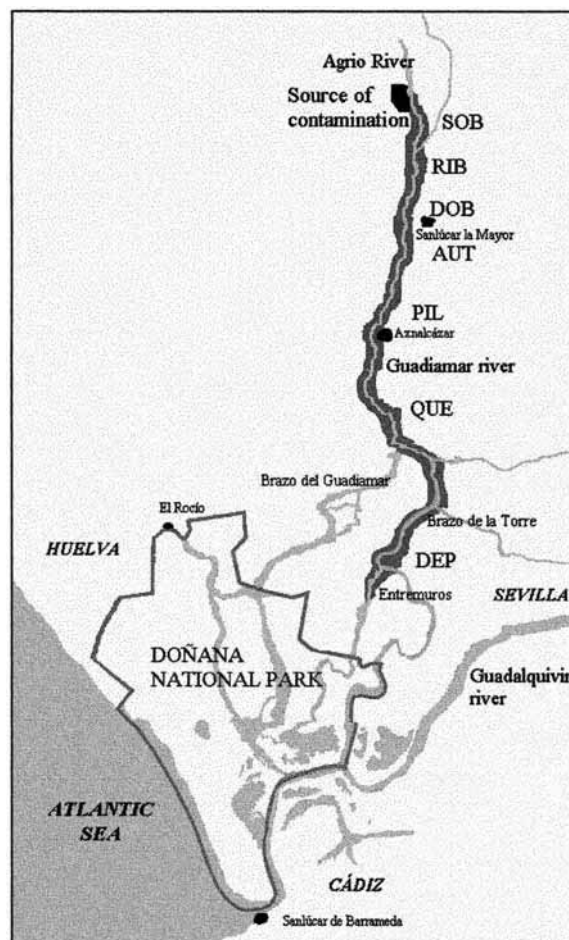


Fig. 1. Map of the sampling area.

auger down to 20 cm. After air-drying, soils were sieved through a 1-mm mesh. To integrate spatial variability due to the sludge removal, composite samples were prepared from four individual samples and stored in glass bottles for characterisation. The parameters determined were pH (CMA, 1973), organic carbon content (Nelson and Sommers, 1996), carbonate content (Allison and Moodie, 1965), cation exchange capacity (CEC) and exchangeable cations (Thomas, 1982) and particle size distribution (Dupuis, 1969).

2.2. Aqua regia extraction

The total trace element content in sludge and

soil samples was estimated from aqua regia extractions, following the procedure recommended by ISO (ISO, 1995). Samples (2–3 g) were digested at room temperature with a HCl (37%) HNO₃ (70%) (3:1) mixture (28 ml per 3 g of sample), for 16 h. After this, the suspension was digested at 130°C, for 2 h in reflux conditions. The suspension was then filtered and diluted to 100 ml with HNO₃ 0.5 mol l⁻¹ for analyses. Minor elements were analysed by ICP-OES or ICP-MS, and major by FAAS. Various reference materials, which have aqua regia extractions certified values for several heavy metals, were analysed in parallel to ensure the quality of the results obtained: a soil (BCR CRM 141R), a sewage sludge (BCR CRM 146R), and a river sediment (BCR CRM 320). Further details are described elsewhere (Sastre et al., 1999).

2.3. Single extraction procedures

Various extraction tests were applied to sludge and soil samples. Procedures can be described as follows:

- Extractions with CaCl₂ 0.01 mol l⁻¹. A 10-g soil sample was transferred to an extraction bottle with 100 ml of CaCl₂ (Merck pro-analysi) 0.01 mol l⁻¹ solution. This mixture was end-over-end shaken at 30 rev. min for 2 h at room temperature (Novozamsky et al., 1993).
- Extractions with CaCl₂ 1 mol l⁻¹. A 5-g soil sample was transferred to an extraction bottle with 200 ml of CaCl₂ (Merck pro-analysi) 1 mol l⁻¹ solution. This mixture was end-over-end shaken at 30 rev. min for 24 h at room temperature (Rigol et al., 1998).
- Extractions with EDTA 0.05 mol l⁻¹. A 5-g soil sample was transferred to an extraction bottle with 50 ml of 0.05 mol l⁻¹ EDTA (Merck pro-analysi) solution. This mixture was end-over-end shaken at 30 rev. min for 1 h at room temperature (Ure et al., 1993).
- Extractions with CH₃COOH 0.43 mol l⁻¹. A 5-g soil sample was transferred to an extraction bottle with 200 ml of 0.43 mol l⁻¹

CH₃COOH (Merck pro-analysi) solution. This mixture was end-over-end shaken at 30 rev. min for 16 h at room temperature (Ure et al., 1993).

All the extractions were performed in 25-ml polypropylene bottles. After shaking, the suspension was centrifuged for 10 min at 3000 g. The supernatants were collected in polyethylene bottles and stored at 4°C until analysis. Blank extractions were carried out in parallel for each set of analysis using the same procedure as described above.

2.4. Statistical analyses

Results are expressed as the mean value ± 1 S.D., indicating the number of analytical replicates for each experiment. Cluster and PCA analyses were carried out with StatGraphics Plus 2.0.

3. Results and discussion

3.1. Soil characterisation

Details of the soil characterisation are shown in Table 1. Soils are organised according to sampling and distance with respect to the toxic source. In the second sampling, we indicate whether the soil is a referent (-r), low contaminated (-l) or highly contaminated (-h) sample, with the exception of the samples near Entremuros (labelled as 2DEP), for which only one level of contamination was considered.

The texture of the soils ranged from sandy-loam to clay, the majority being loamy soils, with a significant carbonate content. The effect of acid waste water and sludge deposition on the soils of the affected area was noticed in their organic matter content, especially in those soil samples in which the referent, low and highly contaminated samples are available. Since the soils had a low organic matter content, the input of organic matter from the sludge, which was approximately 20%, was significant, as can be seen by the greater amounts of organic carbon in the highly contami-

Table 1
Soil characterisation^a

Soil	Location	pH	CaCO ₃ (%)	CEC (meq. 100 g)	Ca (meq. 100 g)	Mg (meq. 100 g)	Na (meq. 100 g)	K (meq. 100 g)	C _{org} (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Texture
1RIB1	6 km N of	3.55	0	19.4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1.50	44.1	43.2	12.6	Loam
1RIB2	Doblas bridge	4.34	0	9.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.49	69.9	22.6	7.5	Sandy loam
1DOB1	Doblas bridge	6.80	0.9	9.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.37	57.2	30.3	13.5	Sandy loam
1DOB2		7.46	9.8	8.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.36	50.4	39.0	10.6	Loam
1AUT	Highway bridge	7.30	12.4	21.7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.29	11.2	55.2	33.6	Silty clay loam
1PIL1	Pilas bridge	7.39	16.0	16.6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.40	9.2	66.1	24.7	Silt loam
1PIL2		7.32	7.4	10.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.38	61.5	25.4	13.1	Sandy loam
1QUE1	Vado del	7.32	6.8	13.8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.35	43.8	36.8	19.5	Loam
1QUE2	Quema	7.20	4.0	10.3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.34	60.4	26.3	13.3	Sandy loam
2SOBr	Soberbina l: 07 46596	8.31	11.2	33.6	22.1	3.0	0.15	1.50	0.81	20.0	38.0	42.0	Clay
2SOBI	l: 41 48103	7.97	4.1	24.4	14.5	1.7	0.18	0.50	0.92	38.9	42.1	18.9	Loam
2SOBh	l: 07 46123	6.92	12.0	30.9	14.6	3.1	0.08	0.42	1.40	43.5	36.6	19.9	Loam
2AUTr	l: 41 38932	8.06	4.6	21.9	11.2	1.1	0.13	0.70	0.71	22.8	56.4	20.8	Silt loam
2AUTI	Highway bridge l: 07 45021	7.97	13.2	25.8	12.6	2.2	0.10	0.91	0.72	28.3	44.2	27.6	Clay loam
2AUTH	l: 41 38932	7.23	12.6	37.6	24.0	3.6	0.09	0.51	2.97	19.5	52.2	28.3	Silty clay loam
2PILr	Pilas bridge l: 07 42371	7.90	3.1	32.9	16.1	4.3	0.80	0.60	0.76	25.4	39.3	35.4	Clay loam
2PILh	l: 07 42371	7.12	4.6	43.8	31.0	5.0	0.31	0.49	0.83	22.8	40.7	36.4	Clay loam
2QUEr	l: 41 31926	6.50	2.8	63.2	36.5	6.0	0.42	0.52	2.95	20.9	45.1	34.0	Clay loam
2QUEI	Vado del Quema l: 07 42740	8.30	11.3	29.9	18.4	4.4	0.21	0.57	0.09	22.9	44.0	33.1	Clay loam
2QUEh	l: 07 42740	7.94	10.8	18.4	10.8	1.9	0.12	0.66	0.51	50.0	38.8	17.1	Loam
2DEPr	l: 41 25560	6.61	5.3	48.3	28.4	5.1	0.05	0.33	2.49	47.3	37.0	15.8	Loam
	Entremuros l: 07 42558	8.00	23.2	82.0	6.9	22.4	37.3	2.71	2.14	0.4	31.0	68.5	Clay
2DEP	l: 41 06279 l: 07 43245 l: 41 06077	7.93	23.2	59.0	11.4	15.4	20.9	1.79	1.11	1.2	40.0	58.7	Clay

^aNotes: Soil samples are organised according to the two samplings (indicated by 1 and 2 before the location). For samples of the second sampling, -r means referent, -l low contaminated, and -h highly contaminated samples. (n.a.: not analysed).

nated soils. The carbonates present in the soils acted as a buffer against the action of the acid waters, although a significant decrease in soil pH

was observed from referent to low and highly contaminated samples. In some cases, e.g. the river bank soils (1RIB1 and 1RIB2), their hydro-

Table 2

Determination of trace and major elements in sludge and soil samples (mean value; *standard deviation*; *n* = 4; mg kg⁻¹)

Sample	Zn	Pb	Cu	As	Cd	Tl	Bi	Mn	Fe	Al	Mg	Ca
Sludge	1 0707	7957	2126	5321	40	51	51	535	35 2653	9473	4825	1667
	337	266	95	29	1	2	3	76	71	265	60	56
1RIB1	647	516	288	261	2.11	2.3	5.6	602	54 882	19 623	4327	5916
	4	29	8	4	0.08	0.1	0.2	9	179	113	15	50
1RIB2	158	221	166	105	0.33	0.66	4.2	285	47 491	14 169	3000	3300
	12	16	2	6	0.01	0.05	0.2	6	524	264	43	43
1DOB1	776	403	278	197	1.69	1.55	5.7	480	52 939	17 443	4462	10 446
	48	14	3	3	0.01	0.09	0.3	9	1435	542	135	268
1DOB2	1883	1610	341	503	6.0	3.0	5.5	777	42 937	22 519	9578	45 004
	60	71	7	23	0.2	0.2	0.2	1	290	64	14	370
1AUT	640	465	109	269	1.98	2.56	3.22	415	40 024	26 456	6713	55 855
	20	8	4	1	0.03	0.07	0.06	2	512	140	16	220
1PIL1	586	310	104	142	1.9	1.5	1.95	454	29 694	21 618	6719	65 936
	19	31	8	8	0.1	0.2	0.07	4	78	270	66	590
1PIL2	1248	245	308	93	5.9	1.4	1.47	451	27 250	17 747	5041	36 668
	13	19	15	2	0.4	0.1	0.06	8	208	137	12	132
1QUE1	747	145	143	67	2.09	0.64	1.12	522	26 648	20 305	5166	31 644
	7	4	5	2	0.03	0.04	0.02	3	50	41	8	150
1QUE2	911	96	214	42	3.7	0.42	0.70	360	23 411	16 688	3752	21 646
	47	4	14	1	0.1	0.03	0.03	4	196	106	21	427
2SOBr	95	44.4	29.0	16.1	0.20	0.20	0.34	550	31 231	33 159	8051	26 341
	3	0.9	0.9	0.2	0.02	0.01	0.01	10	472	645	129	423
2SOBl	133.3	82	96	40	0.39	0.24	0.94	612	28 845	20 530	5061	14 393
	0.8	3	4	2	0.01	0.01	0.04	11	387	422	80	279
2SOBh	1278	754	241	468	4.1	5.0	5.5	504	56 019	18 683	4887	17 505
	62	28	10	18	0.2	0.2	0.2	31	3167	1486	297	1060
2AUTr	49.4	27.3	16.3	12.6	0.11	0.15	0.19	509	19 525	18 707	2961	4158
	0.2	0.7	0.7	0.6	0.01	0.01	0.01	6	285	340	40	59
2AUTI	122	63	24.6	26	0.26	0.25	0.49	476	24 135	21 731	5672	39 906
	4	2	0.6	1	0.01	0.02	0.05	22	233	136	37	197
2AUPh	1184	1153	253	838	4.00	8.1	8.5	466	78 149	21 042	6373	42 871
	26	20	6	17	0.08	0.1	0.2	5	1507	498	119	1390
2PILr	71	34.1	22.1	17.2	0.08	0.16	0.30	797	29 719	29 609	4178	5676
	3	0.5	0.5	0.4	0.01	0.01	0.01	38	136	343	20	17
2PILl	374	259	66.0	131	1.09	1.29	1.97	764	40 062	29 699	5493	14 689
	6	7	0.9	2	0.02	0.03	0.03	14	632	353	80	300
2PILh	844	1353	171	622	2.70	6.82	8.07	690	69 749	26 243	5319	17 132
	1	20	4	3	0.02	0.06	0.05	2	1013	495	9	43
2QUEr	78	25.2	21.9	18.4	0.09	0.19	0.25	689	32 415	30 504	5911	14 616
	3	0.4	0.2	0.3	0.01	0.01	0.01	10	430	539	63	51
2QUEl	214	66	42.4	28	0.68	0.32	0.51	392	19 200	14 884	4371	28 680
	3	1	0.1	2	0.01	0.02	0.02	4	122	124	9	152
2QUEh	1746	1495	344	766	6.09	7.2	10.4	434	61 199	13 983	4551	25 416
	16	35	5	18	0.03	0.2	0.3	4	1362	89	88	370
2DEPr	88	32.5	31.6	12.1	0.14	0.24	0.31	600	35 098	39 292	32 223	59 492
	1	0.5	0.5	0.6	0.01	0.01	0.01	8	540	1088	519	778
2DEP	965	68	63	17.2	2.50	0.44	0.48	1009	34 993	36 076	21 903	70 097
	50	2	2	0.1	0.05	0.01	0.01	27	888	768	560	2027

morphous character and negligible content of carbonates before contamination led to their values of soil pH to be the lowest after the contamination. Finally, a further distinctive soil type was the clay soil near the marshlands (2DEPr and 2DEP). The high Na and Mg content in the exchangeable complex is indicative of its saline character due to nearby sea waters.

In the second sampling, there were considerable differences between the referent samples and the low and highly contaminated soils at the same location. As can be seen from the soil characterisation (especially, from the particle size distribution and pH), the referent samples were not representative of their respective low and highly contaminated soil samples. In some locations (e.g. Soberbina) this was because sampling points had varied. However, for all the locations where this was observed (Vado del Quema, Highway bridge and Soberbina) the heavy machinery had also removed the top soil layer when removing the sludge. It was, therefore, necessary to divide all the soil samples into groups according to their soil characteristics, rather than according to their original location.

3.2. *Level and origin of contamination*

The determination of the trace element content in soils by an extraction with aqua regia provides a good estimate of total content in soil and sediment samples. Table 2 shows the values obtained for major and minor elements in the samples analysed. The level of contamination due to toxic spill was monitored on the basis of the concentration of trace elements including Cd, Zn, Cu, Pb, As, Bi, and Tl, which are indicators of the contamination event. Other major elements, including Fe, Mn, Al, Ca, and Mg, were also monitored.

3.2.1. *Level of contamination*

As can be seen in Table 2, high values of Zn, Pb and Cu, and in particular As were recorded in sludge. Other elements with a high mobility and/or ecotoxicity were also found, including Cd and Tl. The pyrite matrix was also apparent in the high values of Fe in the sludge.

The results obtained for the soils taken in the first sampling did not enable us to draw any conclusion on the contamination impact, since there were no referent samples that could be used as controls. However, the high levels of certain trace elements, especially Zn, Pb, Cu and As, indicated the effect of the sludge. The soils sampled in the second sampling allowed us to establish different levels of contamination, which complied with the sequence predicted by soil sampling (see Table 2). Referent soils had higher trace element contents than considered as background levels for some authors, with the exception of Cd (Förstner, 1995), and even higher than target values adopted in some European countries, especially for Cu and Zn (Adriano et al., 1997), thus suggesting previous trace element contributions by the exploitation of the mine nearby. For all locations, the highly contaminated soils had a trace element content up to 10–50 times higher than found in referent samples. Low contaminated samples showed intermediate values. Moreover, in majority of locations (those with sludge deposition) the remaining levels of most trace elements (e.g. As, Zn, and Pb) in the highly contaminated samples were higher than established as intervention limits by certain European regulations (Adriano et al., 1997). Cd levels were not above those limits. However, a more intensive sampling can possibly confirm these findings.

In most locations, sludge deposition also increased Fe content. This was particularly apparent comparing highly contaminated with referent samples. An exception to this were the samples labelled as 2DEP, near Entremuros, where similar Fe levels were observed for both referent and contaminated samples, thus showing that the acid waste waters were the major contribution for their contamination.

3.2.2. *Origin of contamination*

The determination of the origin of contamination, either waste water or sludge, may help in predicting the fate of the trace elements in the soils, in particular to elucidate whether their behaviour will be controlled by the interaction with the soil phases or by the rate of leaching from the

sludge particles. The set of trace elements monitored in the sludge and soil samples enables us to determine the origin of contamination. To carry out this study, it is interesting to examine the trace element concentration in the 2DEP sample, only contaminated by waste waters, with the trace

element levels in the sludge. The levels of Zn and Cd in the 2DEP sample were approximately 10–20 times higher than in referent 2DEPr sample, whereas the increase in As, Bi and Tl, was only approximately 1.5–2 times greater. This pattern may be explained by the fact that Cd and Zn were

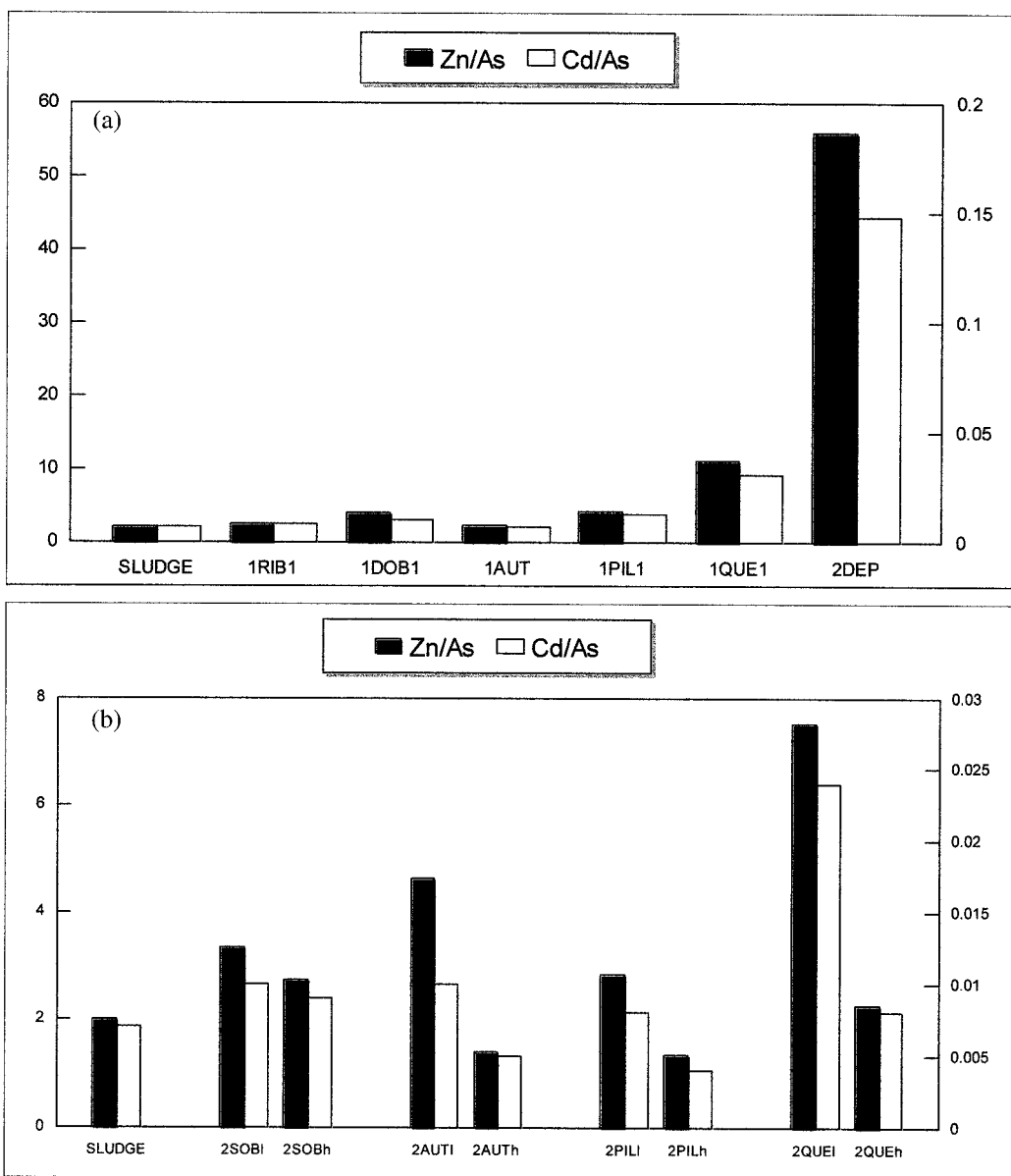


Fig. 2. Zn/As (left axis) and Cd/As (right axis) ratios considering increasing distance from the mine from closer — RIB — to further — DEP — locations (a) and level of contamination (b).

present in both waste water and sludge, whereas As, Bi and Tl were only associated with sludge particles. This finding agrees with previous results showing that Cd and Zn are considered as mobile elements, whereas As and Bi are known to be non-mobile elements (Förstner, 1995; Alloway 1997; Zupan et al., 1997). This will also be confirmed by our results in following sections of this paper. Therefore, As becomes a tracer of sludge particles because of its pyrite matrix, since Fe cannot be used because of the high, initial levels already present in soils. Moreover, the ratio of mobile non-mobile elements for this location contrasted with the ratios in the sludge. This pattern suggested that the mobile non-mobile ratios in the soil samples would allow estimating the relative contribution of waste water and sludge particles in the level of contamination.

Various ratios can be plotted to study the source of contamination. For example, the ratios Zn As and Cd As are plotted in Fig. 2a,b. Fig. 2a shows how the Zn As and Cd As ratios increased with increasing distance from the mine. For comparative purposes, the ratios of sludge and waste water contaminated samples (2DEP) are also given. Most of the locations showed similar ratios to those in the sludge, and only at the Quema location the ratio showed that the acid waters also contributed significantly to the eventual contamination levels. Ratios for the 2DEP sample

were remarkably high. Moreover, Fig. 2b shows the ratios for low and highly contaminated soils taken in the second sampling. Two patterns were observed for most of the locations. The highly contaminated soils behaved in the same way as the sludge, indicating that the sludge particles control the level of contamination. On the other hand, in the low contaminated samples the much lower level of contamination was result of a lower relative contribution of the sludge particles. Therefore, the behaviour of trace elements in soils soon after the accident may be dependent on the level of contamination, as this in turn was dependent on the origin of contamination.

3.3. Trace element interaction in soils

After determining the level and origin of contamination in the sludge and soil samples, the next step was to examine the short-term behaviour of the trace elements in the soils, to identify the potential remobilisation following the modification of environmental conditions.

Considering the number of soil samples, and in order to determine the spatial variability after the sludge removal, all soil samples were divided into groups by a principal component (PCA) and cluster analysis on the basis of pH, carbonate content, and texture. These analyses were also needed since in some locations the referent samples did

Table 3
Cluster grouping of soils

Texture	Approximate range of CaCO ₃ (%)	Other	Acronym	Representative soils	Other soils included
Sandy loam (SL)	0	Hydromorfous (hy)	SLhy	1RIB2	1RIB1
Loam (L)	1–10 (c)		Lc-r	2AUTr	1QUE1; 1QUE2; 1PIL2
			Lc-l	2QUEl	2SOBl; 2SOBh
			Lc-h	2QUEh	1DOB1; 1DOB2
Clay loam (CL)	2–5		CL-r	2PILr	–
			CL-l	2PILl	
			CL-h	2PILh	
(Silty) clay loam (CL)	10–15 (c)		CLc-r	2QUEr	2SOBr
			CLc-l	2AUTl	1PIL1; 1AUT
			CLc-h	2AUTH	
Clay (C)	20	Saline (s)	Cs-r	2DEPr	
			Cs	2DEP	–

not represent the same soil type as the low and highly contaminated samples.

After dividing the soils into groups, their response to single extractions was evaluated with respect to the trace element and extractant reagent.

3.3.1. Principal component and cluster analyses of soil samples

Selected variables (pH, carbonate content, and texture) were normalised prior to analyses. Percentages of sand and silt were used to account for texture. The PCA showed that pH and carbonate content were related variables, and so only carbonate content was used for cluster analyses. In short, cluster analyses showed that there were five main soil types on the basis of texture and carbonate content (Table 3). In the case of the clay–loam texture, two groups were created on the basis of the carbonate content. Two groups showed additional features: the hydromorphous character of the sandy–loam soils, and the saline character of the clay soils.

As can be seen from Table 3, in some locations the referent, low and highly contaminated samples belong to the same group (e.g. 2PIL and 2DEP samples). However, this pattern was not constant for all locations, and in some cases the referent sample belong to a different group than low and highly contaminated samples (e.g. 2QUER, 2AUTr and 2SOBr). Low and highly contaminated samples always belong to the same group. This clearly indicated that the removal of the sludge with heavy machinery changed in some locations the characteristics of the remaining soils, unlike the undisturbed, referent soil.

3.3.2. Single extractions: predictions of remobilisation in highly contaminated scenarios

Four single extractions were applied to the soil samples to estimate the exchangeable metal and the potential remobilisation of a fraction of the trace element after changing the environmental conditions. Several extractant reagents were applied to have complementary information on the soil–trace element interaction. First of all, soil samples were extracted with CaCl_2 0.01 mol l^{-1} . The experimental conditions used in this extrac-

tion (low extractant reagent concentration; low extractant soil ratio; short shaking time) allow the fraction desorbed to be related to the amount of the trace element that is easily soluble (Novozamsky et al., 1993). This could represent the metal easily remobilised after a rain event. The second extraction was carried out with CaCl_2 1 mol l^{-1} . In this case, the higher extractant reagent concentration and extractant soil ratio, and longer shaking time allow the desorbed fraction to be better associated with the exchangeable fraction (Ure et al., 1995), which is the fraction of the element that may participate in the equilibrium processes between the solid phase and the soil solution. Soils were also extracted with EDTA 0.05 mol l^{-1} , which estimates the fraction remobilised if complexing-like species are present in the soil system. Finally, soils were also extracted with CH_3COOH 0.43 mol l^{-1} , in order to estimate the metal fraction remobilised after acidification of the soil to the pH of the extractant solution (Van der Sloot et al., 1996).

Fig. 3a–d shows the desorption yields obtained after the application of the four single extractions, for the five soil groups and the sludge, and for the seven trace elements considered. When samples from the same soil group had different levels of contamination, the highly contaminated samples were selected.

Fig. 3a shows the results obtained with CaCl_2 0.01 mol l^{-1} . With the experimental conditions of this single extraction, only a fraction of Cd was extracted for all soils, particularly for the hydromorphous soils (approx. 40%), whereas Zn yields were also significant in this soil (approx. 20%). The distinctive pattern of the extraction in this type of soil is the result of the acid pH and the low buffer capacity of the soil after contamination (Van der Sloot et al., 1996). These soils represent the worst scenario after contamination. For these experimental conditions, desorption yields of Cd, Zn and Cu were similarly high in the sludge (approx. 55%), thus indicating that these elements could be easily leached from the sludge and subsequently incorporated in the soils. No data for As, Bi, and Tl were available for this extractant reagent for the SL-hy and sludge samples.

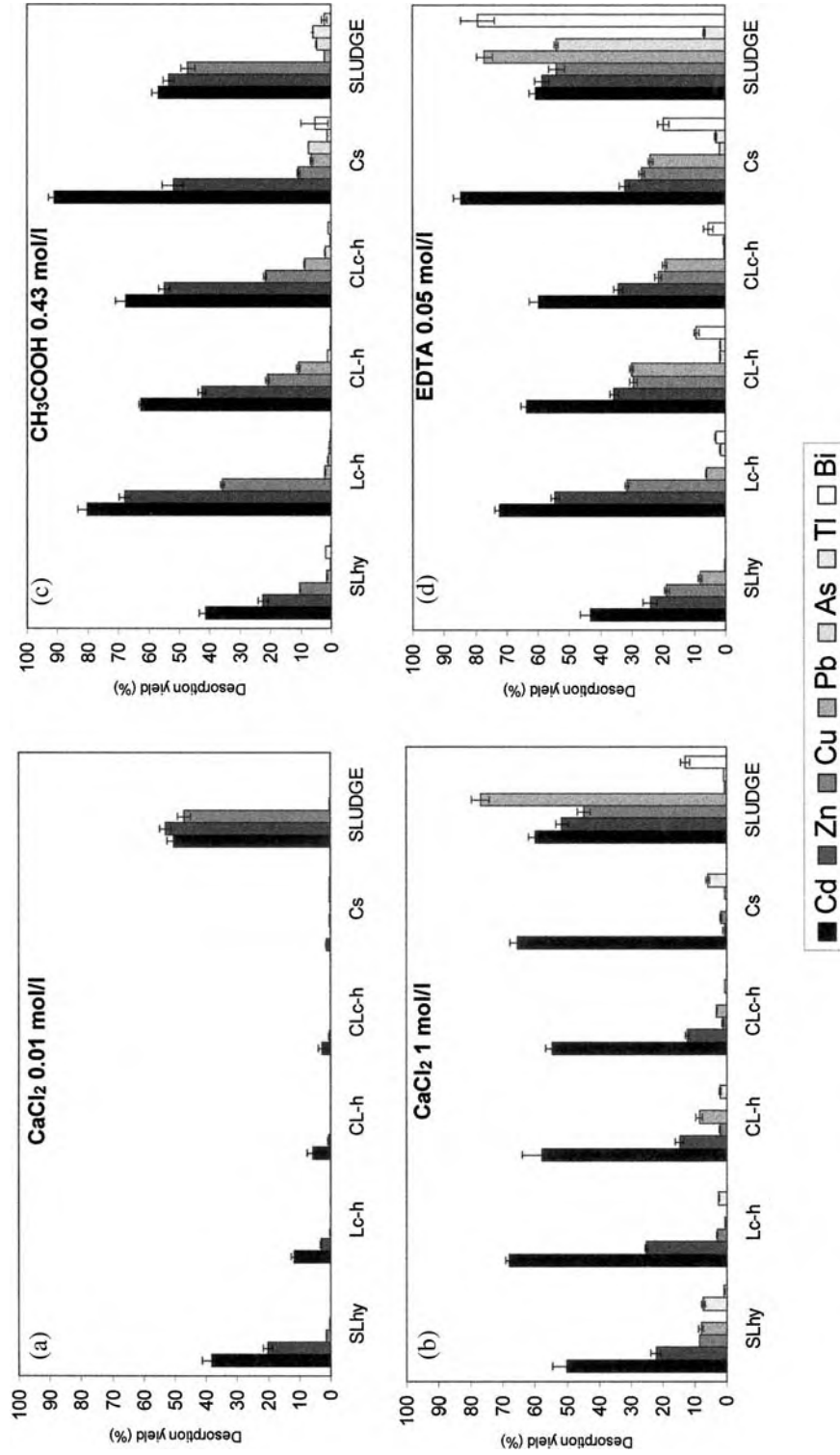


Fig. 3. Trace element desorption yields obtained in highly contaminated samples and sludge from extractions with CaCl₂ 0.01 mol l⁻¹ (a), CaCl₂ 1 mol l⁻¹ (b), CH₃COOH 0.43 mol l⁻¹ (c), and EDTA 0.05 mol l⁻¹ (d). Lines in bars indicate 1 S.D. (n = 3).

The desorption yields obtained with CaCl_2 1 mol l^{-1} (Fig. 3b) show the significant effect of the experimental conditions on the quantification of the mobile metal. Results indicated that Cd was the most easily extracted trace element. The yields for all the soils were largely similar (between 50 and 65%), thus suggesting that soil pH was not a key factor in the desorption of the Cd exchangeable fraction. As pointed out by some authors, the high Cd desorption is explained not only by the Ca competition for sorption sites, but also by the formation of Cd–Cl complexes, which makes Cd one of the most mobile elements in the soil–plant system. This would also explain the high desorption observed in the saline soil, despite the clay texture (Alloway, 1997). The yields for sludge did not differ greatly from these values. With respect to other trace elements, significant yields were also obtained for Zn and Cu in most of the soils. Desorption yields were, in general, lower in the clay saline soils, where the metal exchangeable fraction was lower due to its finer texture. The pattern observed for these elements (and also for Pb) differed greatly from that in the sludge, in which Cd, Cu, Zn, and Pb had similar, high extraction yields. This shows that these trace elements are leached by the sludge, but once incorporated in the soils their behaviour depends on the soil matrix. The rest of trace elements (especially As and Tl) showed low desorptions in both soils and sludge. For Tl this pattern was unexpected, considering its high transfer factors to crops found in the literature (Alloway, 1997).

Fig. 3c shows the results obtained with CH_3COOH , which may be useful in predicting metal remobilisation after acidification of the soils. In these experimental conditions, the desorption was increased for most of the metals and soils, except the SLhy (hydromorphous) soil. The pattern of the latter can be explained on the basis of the low pH. Cd was again the metal with the highest potential mobility (even higher than with CaCl_2 1 mol l^{-1}), although high fractions of Zn and Cu were also desorbed in these conditions. These results agree with the higher mobilisation expected for Cd, Zn, Cu at low pH (Van der Sloot, 1997). The pattern of metal desorption in sludge was similar to that obtained with CaCl_2

0.01 mol l^{-1} , thus indicating that the desorption of each trace element depend mainly on the pH variation: as the initial pH of the sludge was acid, only most soluble trace elements were desorbed.

As shown in Fig. 3d, the desorption pattern was different when using EDTA and when using other reagents. Cd was again the most mobile element, verifying its low sensitivity to the extractant reagent used. Zn also had high desorption yields, although lower than those obtained in acidic media for the soils with the finer textures. As the mechanism involved in this extraction included complexing equilibrium, the extraction of trace elements such as Cu, and especially Pb and Bi, increased significantly. These results agree with previous findings in which EDTA was not recommended to predict Pb mobility, since it could be overestimated (Peters and Shem, 1995). The desorption pattern for the sludge showed that, along with the expected high yields for Cd, Zn, Cu, particularly high values for Pb, As and Bi were also obtained.

As seen for the other extractants, Tl desorption was the lowest in all soils. This pattern, which is opposite to what could be expected on the basis of previous studies (Förstner, 1995; Alloway, 1997), may be explained by the low desorption also observed in the sludge, which seems to control Tl interaction in soils soon after the accident.

3.3.3. Single extractions: dependence of the desorption yields on the level of contamination

To estimate more accurately whether it is the soil matrix or the sludge deposit that controls the interaction of the trace element in soils soon after the contamination, the desorption pattern may be compared for referent, low and highly contaminated samples. Fig. 4a,b shows the desorption yields obtained with CaCl_2 1 mol l^{-1} and CH_3COOH 0.43 mol l^{-1} , for soil groups with different levels of contamination. Tl has not been included due to its low desorption yields for all the extractants. The CL-c group of soils has not been included because of its similarity with CL group.

Fig. 4a shows the results for CaCl_2 extraction. As seen above, Cd desorption yields were similar for highly contaminated soils and sludge, but des-

orption yields for referent and low contaminated samples depended on the soil matrices. The greatest difference was observed in the clay soils. Considering that the origin of the contamination for this soil was the acid waste water, the lower desorption observed for the referent sample could

be explained on the basis of the dynamics of the metal interaction, since the exchangeable fraction may decrease with time as seen for other elements (Rigol et al., 1999). For Zn, desorption yields depended on the level of contamination: yields in low contaminated samples were more

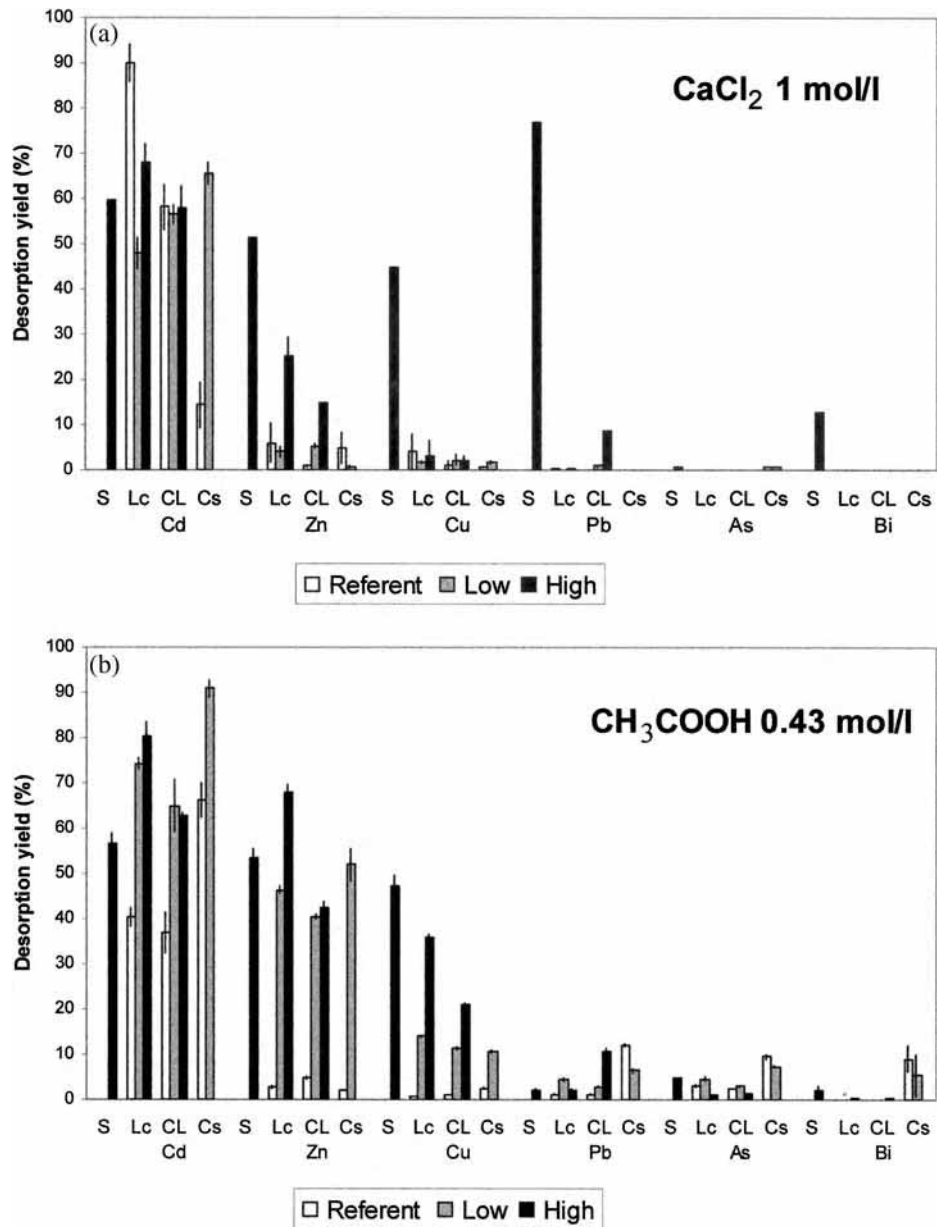


Fig. 4. Effect of level of contamination on trace element desorption yields obtained from extractions with CaCl₂ 1 mol l⁻¹ (a) and CH₃COOH 0.43 mol l⁻¹ (b). Lines in bars indicate 1 S.D. (n = 3).

similar to referent soil than to highly contaminated soil. For Cu, Pb and Bi, there was a high contrast between the sludge and the samples: desorptions were similar between soils, regardless the level of contamination, and different to sludge. Only occasionally (e.g. Pb in CL-h soil) desorptions in highly contaminated soil were significant. Therefore, for these elements the level of contamination did not have a significant effect on the quantification of the exchangeable fraction. Finally, no differences were observed for As desorption yields between sludge and soils, with low values for all samples.

Fig. 4b shows the results obtained for CH_3COOH extraction. With this extractant reagent, the effect of sludge was clearly identified for most of the elements. For Cd, Zn, and Cu the highly contaminated samples had higher desorption yields than low-contaminated soils, while referent showed significantly lower desorption yields. This pattern may be partially explained by the pH of the extraction, close to that of the sludge. The extremely low desorption yields in referent samples (especially for Zn and Cu) indicated again a possible time effect, as can be deduced for the comparison within clay soils, which had contamination only due to acid waste water. As for CaCl_2 extraction, small differences were noticed for non-mobile elements, since desorption yields were in general quite low.

3.4. Estimation of trace element long-term mobility

The percentages of desorption obtained from the application of the single extractions may be useful in indicating the long-term impact of trace element contamination on the soils of Aznalcóllar, by the calculation of a relative scale of mobility. A long-term mobility scale indicates, in a relative way, the amount of a trace element that may be remobilised from the soil, thus participating in processes such as vertical migration and soil-to-plant transfer. The long-term mobility scale, normalised by the concentration of each trace element, accounts for the relative capability of a given trace element to be remobilised with respect to other trace elements, but without con-

sidering the level of contamination. In this sense, the normalised scale is calculated by dividing the long-term mobility scale by the concentration of a given element in the soil.

The impact of the contamination of a trace element depends on its mobility in the soil-plant system. If we concentrate on soil factors, the mobility of a trace element depends on the fraction of the element capable to participate in the equilibrium between the solid phase and the soil solution (the potentially available fraction), corrected by the solid-liquid distribution coefficient between the solid phase and the soil solution, which is a parameter that estimates the degree of displacement of the equilibrium and thus the concentration of elements in the soil solution (Alloway, 1997).

The available fraction is a difficult parameter to determine and it is always related to an operational character. In this paper, we propose to estimate it from the desorption obtained with CH_3COOH 0.43 mol l^{-1} . Milder extractants, as unbuffered reagents, would only extract the exchangeable fraction, and stronger acid extractants (or with higher concentration) may desorb almost irreversibly adsorbed elements than do not participate in the equilibrium between the solid phase and the soil solution.

To estimate the level of a trace element in soil solution, the extraction with CaCl_2 0.01 mol l^{-1} may be used. This approach is also highly operational, but it can be considered as suitable since it is an extractant with a similar ionic strength to the soil solution. Soil solution composition in most soils was controlled by Ca^{2+} Mg^{2+} concentration (approx. 15–20 mM), whereas K concentration was only approximately 0.5–1 mM (unpublished results). Therefore, the distribution coefficient of a given trace element could be derived from the ratio between the trace element concentration in the solid phase (total concentration minus concentration in soil solution) and concentration in soil solution (estimated by desorption with CaCl_2 0.01 mol l^{-1}).

In the set-up of a relative mobility scale, a final factor to consider is the estimation of the buffer capacity of the soil, since the solubility of many

trace elements is known to be strongly dependent on the pH, and thus in changes in soil pH after a possible acidification of the system (Van der Sloot et al., 1996). When the pH of the soil falls rapidly upon the addition of an acid, this means that the soil shows poor ability to avoid trace element remobilisation (Karstensen, 1997). In this paper

the approach followed is to measure the increase in pH in the CH₃COOH extractant (initial pH 2.6) after the extraction (Δ pH). The higher the pH after the extraction, the higher the potential buffer capacity of the soil is, and the lower the mobility of the trace elements.

The final equation to set up the long-term

Table 4
Estimation of trace element long-term mobility scale^a

	Δ pH	Cd	Zn	Cu	Pb	As	Bi	Tl
<i>Long-term mobility scale</i>								
SLUDGE	0.09	343 10 ⁴	955 10 ⁶	132 10 ⁶	109 10 ³	nd.	nd	nd
1RIB1	0.07	175 10 ³	273 10 ⁵	159 10 ³	111 10 ³	nd	nd	nd
1RIB2	0.06	11 526	220 10 ⁴	58 925	1127	nd	nd	nd
1DOB1	0.42	373	38 622	430	15	nd	nd	nd
1DOB2	1.15	177	1631	270	56	nd	nd	nd
1AUT	1.26	78	802	27	4.4	nd	nd	nd
1PIL1	1.42	91	2024	71	0	nd	nd	nd
1PIL2	1.19	403	1833	551	12	nd	nd	nd
1QUE1	1.03	228	4987	167	0	nd	nd	nd
1QUE2	0.99	296	1704	335	0	nd	nd	nd
2SOB1	0.67	1.0	0	17	0.075	0	0	0.001
2AUT1	1.12	4.6	3.7	7.9	1.9	7.5	0	0.024
2PIL1	0.61	147	300	109	11	12	0	0.034
2QUE1	0.96	12	0	40	0.36	2.1	0	0.016
2SOBh	0.74	628	22 363	315	140	49	0.13	0.11
2AUTH	1.15	896	24 160	384	162	47	0.16	0.026
2PILh	0.55	2618	55 321	909	370	18	0.051	0.38
2QUEh	0.8	11 368	645 10 ³	3180	18	9.5	0.005	0.52
2DEP	1.45	273	2250	178	4.5	42	0	0.085
<i>Long-term mobility scale normalised by concentration</i>								
SLUDGE	0.09	170 10 ³	175 10 ³	122 10 ³	27	nd	nd	nd
1RIB1	0.07	163 10 ³	82 771	1081	421	nd	nd	nd
1RIB2	0.06	68 563	27 476	698	10	nd	nd	nd
1DOB1	0.42	433	98	3.0	0.074	nd	nd	nd
1DOB2	1.15	57	1.7	1.6	0.068	nd	nd	nd
1AUT	1.26	77	2.4	0.49	0.018	nd	nd	nd
1PIL1	1.42	94	6.8	1.34	0	nd	nd	nd
1PIL2	1.19	134	2.9	3.5	0.093	nd	nd	nd
1QUE1	1.03	213	13	2.3	0	nd	nd	nd
1QUE2	0.99	159	3.7	3.1	0	nd	nd	nd
2SOB1	0.67	5.1	0	0.34	0.001	0	0	0.008
2AUT1	1.12	34	0.060	0.63	0.058	0.56	0	0.18
2PIL1	0.61	265	1.6	3.2	0.082	0.18	0	0.051
2QUE1	0.96	34	0	1.9	0.010	0.14	0	0.097
2SOBh	0.74	301	34	2.6	0.36	0.21	0.045	0.042
2AUTH	1.15	440	40	3.0	0.28	0.11	0.038	0.006
2PILh	0.55	1878	129	10	0.54	0.057	0.012	0.11
2QUEh	0.8	3666	726	18	0.024	0.024	0.001	0.14
2DEP	1.45	211	4.6	5.6	0.13	4.7	0	0.38

^a nd, not determined; 0 means that either $f_{\text{CH}_3\text{COOH}}$ or f_{CaCl_2} could not be quantified.

mobility scale (MOB) would be as follows:

$$\text{MOB} = \frac{C_T \cdot f_{\text{av}}}{\Delta\text{pH} \cdot K_d} \cdot \frac{C_T \cdot f_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{\Delta\text{pH} \cdot (C_T - C_T \cdot f_{\text{CaCl}_2}) \cdot (C_T \cdot f_{\text{CaCl}_2})} \cdot \frac{C_T \cdot f_{\text{CH}_3\text{COOH}} \cdot f_{\text{CaCl}_2}}{\Delta\text{pH} \cdot (1 - f_{\text{CaCl}_2})}$$

where C_T , is the concentration of a given element in a given soil; f_{av} is the available fraction; K_d is the distribution coefficient of a given element in a given soil; ΔpH is the increase in pH in the extractant after the extraction with CH_3COOH 0.43 mol l^{-1} ; $f_{\text{CH}_3\text{COOH}}$ is the fraction of element desorbed with CH_3COOH 0.43 mol l^{-1} ; f_{CaCl_2} is the fraction of element desorbed with CaCl_2 0.01 mol l^{-1} . The equation to set-up the long-term mobility scale normalised by concentration would be the same, but without considering the concentration of the element.

Table 4 shows the results obtained for all the elements and all the soils studied (except the referent samples). The results have been normalised making the lowest long-term mobility value equal to 0.001, in order to allow comparison not only within samples for a given element, but also between different elements. However, these results cannot be simply extrapolated to predict soil-to-plant transfer, since other factors (such as the level of competitive species in the soil solution and plant physiology) would affect the eventual root uptake.

Within each scale, values differed by several orders of magnitude if we compare the trace elements for a given soil, providing support for the conclusions given above to groups in which trace elements could be classified according to the extraction yields. Zn is the element with the highest long-term mobility values, because of its high level of contamination and significant desorption. Cd and Cu have similar long-term mobility values, although the values of Cd are greater in the highly contaminated samples. When divided by the concentration, the long-term mobility scale normalised by concentration indicated

that Cd would be the most mobile element, followed by Zn and Cu. Finally, Pb values were of the same order of magnitude in some soils as those of Cu, although lower for the rest of soils. However, the concentration corrections showed that Pb had a lower mobility, even of the same order of magnitude as the non-mobile elements, such as As, Bi and Tl.

The relative values obtained in both scales depended on the soil under consideration. The 1RIB samples (representing the SLhy cluster group) had the highest values after the sludge, because of the high desorption yields with CaCl_2 . The remaining soil samples had values of similar orders of magnitude, for a similar level of contamination. Finally, the clay-saline soil (representing the Cs cluster group) had the lowest values for Cd and Zn, but the highest for As and Bi, which can be explained by the different source for these elements, since this soil was not directly contaminated by the sludge. Results not included here for referent samples showed that As and Bi values were similar for 2DEP to those obtained for the referent soil, whereas for Cd and Zn values differed by one order of magnitude.

The values of estimated relative mobility of Zn, Cd, and Cu were highest for the sludge, leading to a significant increase in the mobility values from low to highly contaminated samples. This pattern cannot only be explained on the basis of the higher concentrations in the high contaminated samples, since the pattern between the two types of sample (high and low contaminated) was similar in the scale normalised by concentration, with values up to two orders of magnitude higher in the highly contaminated samples.

4. Conclusions

On the basis of the results obtained by applying leaching experiments, the trace elements can be classified according to their mobility into three categories: high (Cd and Zn), medium (Cu), and low mobility (Pb, As, Bi and Tl).

Cd was the most mobile element in the soils affected by contamination, as shown by the high desorption obtained with all the extractants tested.

If changes in the environmental conditions are not expected (e.g. acidification), Cd would be the only metal that could be significantly remobilised in the affected area. Zinc, and to a lesser degree Cu, showed also a potentially high mobility, especially in an acidic medium. As and Tl were not extracted from soils in any of the conditions tested, whereas Pb and Bi showed only a high extractability with EDTA.

Given the soils affected and the interaction of trace elements, the classification of soils into five groups could be reduced to three: the hydromorphic, acid soils; the clay saline; and the other soils with intermediate textures and carbonate content. This should be considered in future samplings to select the types of soil needed to study the dynamics of the trace element contamination in the area.

Long-term mobility scales of the trace elements in the different soils affected by the accident were calculated from an operational approach based on single extractions, which allowed a relative comparison between trace elements and soils to be carried out. The concentration levels (higher than intervention limits for all elements in highly contaminated soils, excepting Cd), and the high remobilisation of some elements in acidic medium (mainly Cd, Cu, and Zn) might indicate the future need of restoration strategies for the re-use of the agricultural soils in the affected area.

Acknowledgements

The authors would like to thank Dr Enrique Barahona and Dr Angel Iriarte (Estación del Zaidín, CSIC, Granada) for the soil samples in the first sampling campaign, the characterisation of these samples, as well as for their help in carrying out the second sampling campaign. The authors would also like to thank Comissionat per a Universitats i Recerca from Generalitat de Catalunya for financial support (Accions Especials de Recerca, II Pla de Recerca de Catalunya (ACE98–37 4)).

References

- Adriano DC, Chlopecka A, Kaplan DI, Clijsters H, Vangronsveld J. Soil contamination and remediation: philosophy, science and technology. In: Prost R, editor. Contaminated soils. Les Colloques no. 85, INRA editions. Paris France. 1997:465–504.
- Allison LE, Moodie CD. Methods of soil analysis. Carbonate. *Agronomy* 1965;9:1379–1400.
- Alloway BJ. The mobilisation of trace elements in soils. In: Prost R, editor. Contaminated soils. Les Colloques no. 85, INRA editions. Paris France. 1997:133–145.
- Barettino D, López Pamo E, Antón C et al. Distribución y evolución de los lodos en la zona afectada. Proceedings from Jornadas Científicas para analizar los resultados obtenidos durante el seguimiento del efecto del vertido tóxico en el entorno de Doñana, 29 September–2 October, El Rocío Huelva Spain. 1998.
- Cabrera F, Clemente L, López R et al. Contaminación por metales pesados de suelos característicos de la cuenca del Guadiamar afectados por el vertido tóxico. Proceedings from Jornadas Científicas para analizar los resultados obtenidos durante el seguimiento del efecto del vertido tóxico en el entorno de Doñana, 29 September–2 October, El Rocío Huelva Spain. 1998.
- CMA. Determinaciones analíticas de suelos. Normalización de métodos. I. pH, materia orgánica y nitrógeno. *An Edaf Agrob* 1973;32:1153–1172.
- Dupuis P. Dosage des carbonates dans les fractions granulométriques de quelques sols calcaires et dolomitiques. *Ann Agron* 1969;20:61–88.
- Förstner U. Land contamination by metals: global scope and magnitude of problem. In: Allen HE, Huang CP, Bailey GW, Bowers AR, editors. Metal speciation and contamination of soil. Boca Raton, USA: Lewis Publishers, 1995.
- Hering JG. Implications of complexation, sorption and dissolution kinetics for metal transport in soils. In: Allen HE, Huang CP, Bailey GW, Bowers AR, editors. Metal speciation and contamination of soil. Boca Raton, USA: Lewis Publishers, 1995:59–86.
- ISO. Soil quality. Extraction of trace elements soluble in aqua regia. ISO 11466:1995(E).
- Kennedy VH, Sánchez AL, Oughton DH, Rowland AP. Use of single and sequential chemical extractants to assess radionuclide and heavy metal availability from soils to root uptake. *Analyst* 1997;122:89–100.
- Kartensen KH. Contaminated soil. In: Van der Sloot HA, Heasman L, Quevauviller PH, editors. Harmonization of leaching extraction tests. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 1997:57–74.
- Nelson DW, Sommers LE. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Sparks DL, editor. Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. SSSA Book series no. 5. Soil Science Society of America Inc. American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin USA. 1996:961–1010

- Novozamsky I, Lexmond TH, Houba VJ. A single extraction procedure of soil for evaluation of uptake of some heavy metals by plants. *Int J Environ Anal Chem* 1993;51:47–58.
- Peters RW, Shem L. Treatment of soils contaminated with heavy metals. In: Allen HE, Huang CP, Bailey GW, Bowers AR, editors. *Metal speciation and contamination of soil*. Boca Raton, USA: Lewis Publishers, 1995:255–274.
- Pickering WF. Metal ion speciation — soils and sediments (a review). *Ore Geol Rev* 1986;1:83–146.
- Prüß A. Action values for mobile (NH_4NO_3 -extractable) trace elements in soils based on German national standard DIN 19730. In: Prost R, editor. *Contaminated soils*. Les Colloques no. 85, INRA editions. Paris France, 1997: 415–423.
- Querol X, Alastuey A, García Sánchez A, López FA. Seguimiento de la meteorización y toxicidad de los lodos. Proceedings from Jornadas Científicas para analizar los resultados obtenidos durante el seguimiento del efecto del vertido tóxico en el entorno de Doñana, 29 September–2 October, El Rocío Huelva, Spain, 1998.
- Rauret G. Extraction procedures for the determination of heavy metals in contaminated soil and sediment. *Talanta* 1998;46:445–449.
- Rigol A, Vidal M, Rauret G, Shand CA, Cheshire MV. Competition of organic and mineral phases in radiocesium partitioning in organic soils of Scotland and the area near Chernobyl. *Environ Sci Technol* 1998;32:663–669.
- Rigol A, Roig M, Vidal M, Rauret G. Sequential extractions for the study of radiocesium and radiostrontium dynamics in mineral and organic soils from Western Europe and Chernobyl areas. *Environ Sci Technol* 1999;33:887–895.
- Sastre J, Sahuquillo A, Vidal M, López-Sánchez Rauret G. Microwave-assisted total digestion versus aqua regia and acid extraction of trace elements in environmental samples. *Anal Chim Acta*. Submitted 1999.
- Thomas GW. Exchangeable cations. In: Page AL, editor. *Methods of soil analysis*. Madison, USA: ASA and ASSA, 1982:159–169.
- Ure AM, Quevauviller PH, Muntau H, Griepink B. Speciation of heavy metals in soils and sediments. An account of the improvement and harmonisation of extraction techniques undertaken under the auspices of the BCR of the Commission of the European Communities. *Int J Environ Anal Chem* 1993;51:135–151.
- Ure AM, Davidson CM, Thomas RP. Single and sequential extraction schemes for trace metal speciation in soil and sediment. In: Quevauviller PH, Maier EA, Griepink B, editors. *Quality assurance for environmental analyses*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 1995:505–523.
- Van der sloot HA, Comans RNJ, Hjelmar O. Similarities in the leaching behaviour of trace contaminants from waste, stabilized waste, construction materials and soils. *Sci Total Environ* 1996;178:111–126.
- Van der Sloot HA. General principles for the leaching and extraction of materials. In: Van der Sloot HA, Heasman L, Quevauviller PH, editors. *Harmonization of leaching extraction tests*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 1997:13–39.
- Vollmer MK, Gupta SK, Krebs R. New standards on contaminated soil in Switzerland — comparison with Dutch and German quality criteria. In: Prost R, editor. *Contaminated soils*. Les Colloques no. 85, INRA editions. Paris France, 1997:445–457.
- Wenzel WW, Blum WE. Assessment of metal mobility in soil — methodological problems. In: Allen HE, Huang CP, Bailey GW, Bowers AR, editors. *Metal speciation and contamination of soil*. Boca Raton, USA: Lewis Publishers, 1995.
- Zupan M, Hudnik V, Lobnik Kadunc V. Accumulation of Pb, Cd and Zn from contaminated soil to various plants and evaluation of soil remediation with indicator plant (*Plantago lanceolata* L.). In: Prost R, editor. *Contaminated soils*. Les Colloques no. 85, INRA editions. Paris France, 1997: 326–335.

Arsenic speciation in contaminated soils

S. Garcia-Manyes^{a,b}, G. Jiménez^a, A. Padró^c, Roser Rubio^{a,*}, G. Rauret^a

^a *Departament de Química Analítica, Universitat de Barcelona, Avda. Diagonal, 647, E-08028 Barcelona, Spain*

^b *Departament de Química Física, Universitat de Barcelona, Avda. Diagonal, 647, E-08028 Barcelona, Spain*

^c *Serveis Científic Tècnics, Universitat de Barcelona, Lluís Solé i Sabaris, 1-3, E-08028 Barcelona, Spain*

Received 10 December 2001; received in revised form 12 February 2002

Abstract

A method for arsenic speciation in soils is developed, based on extraction with a mixture of 1 mol l⁻¹ of phosphoric acid and 0.1 mol l⁻¹ of ascorbic acid, and further measurement with the coupling liquid chromatography (LC)–ultraviolet (UV) irradiation–hydride generation (HG)–inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP/MS). The stability of the arsenic species in the extracts is also studied. The speciation method applied to several Spanish agricultural contaminated soils from the Aznalcollar zone shows that arsenate is the main species in all the soils analysed and that in some samples arsenite and methylated species could also be detected. The determination of the “pseudototal” arsenic in these soils, obtained by applying extraction with aqua regia (ISO Standard 11466), is also carried out. Both the speciation method and the aqua regia method are applied to several certified reference materials (CRMs) in which total arsenic content is certified. Finally, the same LC–UV–HG coupling with atomic fluorescence spectrometry (AFS) detection reveals to be a valid coupling system to perform arsenic speciation in the soils according to its fair quality parameters and easy utilisation. © 2002 Elsevier Science B.V. All rights reserved.

1. Introduction

Arsenic can occur in agricultural soils in some regions, as a consequence of the use of arsenic-containing pesticides and herbicides [1–3]. Other contributing sources of arsenic in the soils are industrial and mine wastes. Nevertheless, the contamination of the soils due to irrigation with groundwater with high arsenic content from natural origin is widely reported since it affects large areas in the world [4–8]. In spite of the fact that

arsenic in the soils and also in sediments is mainly present in inorganic forms, the organic compounds monomethylarsonate (MMA) and dimethylarsinate (DMA) may be detected [9–11]. These methylated species can originate from microorganisms-mediated oxidation–reduction reactions. Moreover, some methylated species can be demethylated to inorganic arsenic [1,3,12]. The chemical form of arsenic determines its mobility from the soils and sediments, As(III) being the most mobile [13]; thus the knowledge of the chemical forms of arsenic can provide a good tool for the assessment of their further mobilization to the aqueous phase in equilibrium with the soils or sediments.

* Corresponding author. Tel.: +34-93-402-1283; fax: +34-93-402-1233

E-mail address: roser.rubio@apolo.qui.ub.es (R. Rubio).

Arsenic speciation has acquired great importance in recent years, since the toxicity of arsenic differs dramatically with the wide range of its organic and inorganic chemical forms [14–17]. Nowadays the mechanisms that originate toxicity are not well elucidated and many efforts are going on in this subject [18–21] as well as on the development of effective therapies [22,23].

The development of analytical techniques that allow chemical speciation is therefore mandatory, since total arsenic determination cannot in many cases be an appropriate measure for assessing toxicity, environmental impact, or the effect of occupational exposure [3]. The extraction of chemical species is a crucial topic in element speciation studies in complex matrices in which the extraction system has to provide good recovery and to preserve the identity of the native species in the sample. Several extracting agents have been proposed for further measurement of the arsenic species present in the soils [24–28]. With regard to extraction conditions, microwaves are revealed as a successful technique for the extraction of elemental species [29] and is applied to extract arsenic species in biological matrices [30–32]. However, few articles [26,33] deal with the extraction of arsenic species from the sediments and soils by using low-power microwaves.

Coupled systems with liquid chromatography (LC)–hydride generation (HG) and detection by atomic absorption spectrometry (AAS), atomic emission spectrometry (AES), atomic fluorescence spectrometry (AFS) or inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP/MS) have been shown to be suitable for measuring arsenic species in the extracts obtained from natural samples even at very low concentration levels. In such couplings derivatization by generation of volatile arsines is the common step to reach good sensitivity.

We present here the feasibility for extracting arsenic from the soils and sediments by using a mixture of phosphoric acid and ascorbic acid under microwaves. The stability with time of the arsenic species in the soil extracts is also evaluated by using the coupling LC–UV–HG–ICP-

MS for measuring the arsenic species after extraction. The coupling LC–UV–HG–AFS is successfully applied and it is revealed as a suitable technique for arsenic speciation in the soil extracts. The quality parameters detection and quantification limits as well as precision by using this coupling are established for the soil extracts. Both couplings are applied in the present study to the soils collected in the contaminated zone of Aznalcollar (Spain) [34].

2. Materials and methods

2.1. Apparatus

A Prolabo microwave digester Model A301, 2.45 GHz, equipped with a TX32 programmer was used. The instrument can apply power settings of 20–200 W in steps of 10 W, and the microwave energy was focused into the glass vessel under atmospheric pressure.

A temperature and time P/Selecta Model RAT 4000051 regulator bloc, which controls the P/Selecta Bloc Digester 12, and which allows 12 vessels to be operated at the same time, was used in the pseudototal arsenic determination.

A Perkin–Elmer ICP–AES Optima 3200 RL spectrometer provided with “cross-flow” nebulizer spectrometer was used in the measurement of total arsenic in some soil samples. The spectrometer is equipped with a 27.12 MHz, 750–1750 W work power radiofrequency source and quartz torch. Data acquisition was performed with computer software.

A Karl–Fisher titrator automat 633, pump unit 681, dosimat 715 and stirrer 728 model, all of them from Metrohm, Herisaw, Switzerland have been used as an alternative technique to determine the moisture of some samples.

Coupled system, LC–UV–HG–ICP/MS, was used for the determination of the arsenic species. LC–UV–HG–AFS was also applied and the quality parameters were established.

The coupled systems include the following instrumentation.

2.1.1. Separation

A Perkin–Elmer 250LC binary pump (CT, USA) with a Rheodyne model 7125 injector (CA, USA) and a 20 μl injection loop was used. An anion exchange 250 \times 4.1 mm Hamilton PRP X-100 column with 10 μm spherical poly(styrene–divinylbenzene) containing trimethyl ammonium groups as exchangers was used, with a guard column packed with the same stationary phase.

2.1.2. UV derivatization

The photoreactor system combines a Hereaus TNN 15/32 low-pressure mercury vapour lamp ($\lambda = 254$ nm, external diameter 2.5 cm, 17 cm length, 15 W) and PTFE tubing (12 m length, internal diameter 0.5 mm) which constituted the photoreactor system. A computer-controlled microburette (Microbur 2031 Crison) was used to add the peroxodisulfate solution into the photoreactor.

2.1.3. Detection systems

- (A) A Perkin–Elmer FIAS 400 with a gas–liquid separator equipped with a PTFE membrane was used for HG. A Perkin–Elmer Elan 6000 ICP-MS instrument was used for detecting As, and areas were calculated from custom-developed software using MATLAB language. The sample channel was connected to the outlet of the LC–UV system. The scheme of the overall coupling is reported in [30].
- (B) PS. Analytical model excalibur atomic fluorescence spectrometer equipped with a As hollow cathode lamp (current intensities: primary 27.5, boost 35.0) and a Perma pure drying membrane (Perma Pure Products, Farmingdale, NJ, USA) for drying the generated hydride. Measuring wavelength was 193.7 nm. Data acquisition was performed with a microcomputer by using a home-made software (PENDRAGON 1.0). Peak heights and peak areas were measured from custom-developed software running with MATLAB language. The scheme of the overall coupling is reported in [35].

2.2. Standards and reagents

All the solutions were prepared with doubly deionized water (USF Purelab Plus, Ransbach, Baumbach, Germany) of 18.3 M Ω cm resistivity.

Standard solutions (1000 mg l⁻¹ [As]) of arsenic compounds were prepared as follows. *Arsenite*: As₂O₃ (Merck, Darmstadt, Germany) primary standard was dissolved in NaOH (4 g l⁻¹). *Arsenate*: Na₂HAsO₄·7H₂O (Carlo Erba), monomethylarsonate (CH₃)As(ONa)₂·6H₂O (Carlo Erba) and dimethylarsinate (CH₃)₂AsNaO₂·3H₂O (Fluka) were dissolved in water. All the standard solutions were standardized with respect to arsenic. These stock solutions were kept at 4 °C in darkness. More dilute solutions for the analysis were prepared daily.

Extracting reagents: *Ortho*-phosphoric acid (H₃PO₄, Merck Pro analysi, 85% purity) and EDTA (Merck proanalysi, 99.4–100.6%). Sodium dihydrogenphosphate anhydrous (NaH₂PO₄, Merck Suprapur) and L(+) ascorbic acid (Merck proanalysi, 99.7%) were assayed for microwave extractions.

Mobile phase: Phosphate buffer pH 6 was prepared from 100 mmol l⁻¹ of mixture of NaH₂PO₄ and Na₂HPO₄ (Merck, Suprapur). The solution, after filtering through a 0.22 μm nylon membrane, was sonicated for 10 min.

Peroxodisulfate solution: K₂S₂O₈ (Fluka, purity > 99.5%) at 5% prepared in sodium hydroxide (NaOH Suprapur, Merck) at 2.5% was used for photooxidation step.

Hydride-generating reagents: 10% sulfuric acid was prepared from 96% H₂SO₄ (Merck Suprapur). Sodium borohydride (NaBH₄ tablets, Fluka, purity > 97%) at 5% in 0.2% NaOH was filtered through 0.45 μm cellulose membrane and it was prepared daily.

Nitric acid (HNO₃, Baker, Instra-analysed, 70%) and hydrochloric acid (HCl, Baker, Instra-analysed, 36.5–38%) were used for the aqua regia digestion method.

1% potassium iodide (KI, Merck, Suprapur, minimum 99.5%) and ascorbic acid (Merck, proanalysi 99.7%) 0.2% in HCl 9% were used for prereduction in the determination of As after

aqua regia leaching as well as for the determination of total arsenic in the phosphoric–ascorbic extracts, when HG–ICP/MS was used.

2.3. Certified reference materials

GBW07405 soil (412 ± 8 mg kg⁻¹ As) and GBW07311 sediment (188 ± 6 mg kg⁻¹ As) both were from NRCCRM (PR China), and BCR320 sediment (76.7 ± 4.7 mg kg⁻¹ As) was from BCR (Brussels, Belgium).

Five soil samples—2AUTr, 2DEPr, 2DEP, 1RIB2 and 2QUEh from the Aznalcóllar zone—were collected in May 1998. This area was affected in 1998 due to an accident from a mine waste reservoir. The location of sampling points, sampling and pretreatment, as well as the characterization of these soils are described elsewhere [34]. A second sampling in January 2000 was carried out from this contaminated zone, and five soil samples were selected for the study—3DEP, 3DEPr, 3RIB, 3QUE and 3QUEorg. 3QUEorg soil was sampled from the 3QUE soil, but in a zone in which considerable amounts of manure was added. Approximately 10 kg of each of these soils was collected at 5–8 cm depth and stored in plastic containers. Samples were dried at 40 °C during 5 days, then they were gently crushed, and the particles passing through a 2 mm nylon sieve were collected and homogenized before analysis.

2.4. Procedure for pseudototal arsenic determination by using aqua regia leaching

The standard ISO/CD 11466 1995 was followed for sample extraction. The soil or sediment subsample (3 g of material) was placed in the reflux vessel and it was wetted by adding 1 ml of water. Then the appropriate volume of aqua regia (28 ml per 3 g sample) was added. The cooler was connected and the soil suspension was maintained at room temperature for 16 h. The water cooler was connected and the mixture was heated at 130 °C for 2 h till the extraction was completed. Once at room temperature, the cooler was washed with 5 mol l⁻¹ of HNO₃ and the washing solution was collected into the digestion vessel. The resulting suspension was filtered through an ashless filter

(approximately 8 µm) and the solid residue was washed several times with 0.5 mol l⁻¹ of HNO₃. The filtrate together with the washings was diluted up to 100 ml with 0.5 mol l⁻¹ of HNO₃. This solution was transferred to a PTFE container and stored at 4 °C until analysis. The arsenic content in the extracts was measured by ICP–AES or by HG–ICP/MS. When the latter was used, a prereduction step was carried out. For this purpose an aliquot of the aqua regia extract was taken and it was diluted 100-fold. Then 1 ml of a solution containing KI 1% and ascorbic acid 0.2% in HCl 9% was added to 9 ml of the diluted solutions, and the mixture was maintained under room temperature for 1 h before the final measurement. Matrix matching was used for calibration, and thus all three standards for the external curve were treated under the prereduction conditions described. In all the cases three independent replicates were carried out for each sample.

2.5. Procedure for the extraction of the arsenic species

100 mg of the soil or sediment and 15 ml of the extractant (1.0 mol l⁻¹ of phosphoric acid + 0.1 mol l⁻¹ of ascorbic acid) previously purged with argon stream for 15 min were placed in an open reflux vessel. The latter was positioned in the cavity of the microwave digester and the mixture was maintained at 60 W for 10 min. Once the solution is at room temperature, a few millilitre of water was added, and the mixture was filtered and diluted up to 50.0 ml with water. After filtering through a 0.22 µm polysulfonic membrane, aliquots were obtained for the determination of total arsenic in the extract by using ICP/MS or by HG–ICP/MS (in this case after aqua regia digestion and the prereduction with KI was carried out as described before) and for arsenic speciation by using LC–UV–HG–ICP/MS. When the extract could not be analysed just after extraction, the aliquots were kept at 4 °C until analysis.

2.6. Measurement of the arsenic species by using LC–UV–HG–ICP/MS

20 µl of the extract was injected into the anion-

exchange column of the LC system. Two phosphate buffer solutions at pH 6.0 were pumped at 1 ml min^{-1} $\text{NaH}_2\text{PO}_4\text{-Na}_2\text{HPO}_4$ 5 mmol l^{-1} (solution A) and $\text{NaH}_2\text{PO}_4\text{-Na}_2\text{HPO}_4$ 100 mmol l^{-1} (solution B). The gradient programme was 100% A for 2 min, decreasing to 50% A in 0.1 min and maintained for 3 min, then increasing to 100% A in 0.1 min and maintained for 7 min. The eluate reached the hydride generator system and after passing through the gas–liquid separator the volatile arsines were transferred to the ICP/MS detector with the optimal argon flow. A detailed scheme of the coupled system and experimental is reported elsewhere [30]. The arsenic species were quantified by the standard addition method in the extract.

2.7. Measurement of the arsenic species by using LC–UV–HG–AFS

Detection with AFS coupled to the system was also used. The separation conditions in this coupling were those described for the coupling with ICP/MS. The detailed scheme of the coupling and the experimental detection conditions is reported in [35]. The arsenic species were quantified by the standard addition method in the extract.

3. Results and discussion

3.1. Sample pretreatment

A study was carried out to ensure that losses of arsenic did not take place at $40 \text{ }^\circ\text{C}$ used for drying the soil samples. For this, subsamples of the soils were treated under room temperature (approximately $20 \text{ }^\circ\text{C}$), $40 \text{ }^\circ\text{C}$ and $100 \text{ }^\circ\text{C}$, and the total arsenic was measured in each case. The results did not indicate significant differences in the corresponding arsenic contents.

3.2. Determination of the moisture

All the results in the present study are referred to dry mass, and the moisture was determined gravimetrically after a thermal treatment at $105 \text{ }^\circ\text{C}$. In spite of the fact that this is the usual

method for determining moisture in the soils and in order to ascertain whether under this treatment any volatile compounds present in the soils could be lost, the Karl–Fisher method was applied to compare the results obtained with both the methods. For this purpose, two soils from the second sampling, 3DEP and 3QUE, were selected, since they presented different levels of moisture. According to the results the percentages of moisture for the soil 3DEP were 12.94% ($105 \text{ }^\circ\text{C}$) and 12.86% (Karl–Fisher), whereas for the soil 3QUE were 3.12% ($105 \text{ }^\circ\text{C}$) and 3.03% (Karl–Fisher). These results showed that only water was lost during the drying process at $105 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.3. Determination of pseudototal arsenic content

Arsenic in the aqua regia extracts was measured by ICP–AES or by HG–ICP/MS, according to the concentration values for each sample. The generation of the volatile hydrides increases sensitivity and avoids the significant interference of the chloride when As is measured directly by ICP/MS. The *pseudototal* arsenic content in the soils 2AUTr, 2DEPr, 2DEP, 1RIB2 and 2QUEh is reported in [34], in these soils the arsenic content ranged between 12.6 and 766 mg kg^{-1} . The results of *pseudototal* arsenic in the rest of the soils studied as well as in the certified reference materials (CRMs) are reported in Table 1. These results indicated that in some soils, even after 2 years from the pollution accident, the arsenic content remained significantly high. For CRMs and in spite of the fact that aqua regia does not extract the total metal content, the obtained results are very close to those reported as certified values, except for BCR320. A lower recovery against the certified value is also reported in the literature for this material [26]. The certified arsenic content in these materials ranges between 76.7 and 412 mg kg^{-1} . This range can be considered wide enough to assess the applicability of the aqua regia method, and this leaching procedure is then a good approach for the evaluation of the arsenic content in the soils and sediments by means of an acidic-oxidative attack that avoids the use of hydrofluoric acid.

3.4. Extraction of the arsenic species from soils

Several extractants were assayed for further determination of arsenic species in order to assess the extraction yields of arsenic. NaH_2PO_4 0.5 mol l^{-1} , H_3PO_4 0.6 mol l^{-1} and EDTA 0.5 mol l^{-1} at pH 7 were assayed independently as extracting agents on the CRMs GBW07405, GBW07311 and BCR320, and the extractions were performed under 40 W microwave power. In all cases the arsenic content in the extract was measured by using HG-ICP/MS. The values obtained were compared to those certified in order to calculate the percentage of the extraction yield of arsenic. From the results it could be observed that the extraction recoveries varied according to the type of the material. The lowest recovery was obtained by using 0.5 mol l^{-1} of EDTA being 3% for GBW07405, 20% for GBW07311 and 35% for BCR320. The recoveries obtained by using 0.5 mol l^{-1} of NaH_2PO_4 were 16% for GBW07405, 18% for GBW07311 and 50% for BCR320,

whereas the higher recoveries were obtained by using 0.6 mol l^{-1} of H_3PO_4 , 50% for GBW07405, 70% for GBW07311 and 80% for BCR320. From these results phosphoric acid was chosen for further extraction of the arsenic species. Once the extracting agent was selected, the operational conditions were established, since the extraction system has to guarantee the inalterability of the species during the process as well as to provide reproducible results. Thus we optimized the phosphoric acid concentration, the MW power and the extraction time.

Three phosphoric acid concentrations 0.3, 0.6 and 1.0 mol l^{-1} were assayed as extractants. The extraction time was 10 min, and the microwave powers assayed were 20 and 60 W. The arsenic content in the extracts was analysed by HG-ICP/MS. From these assays 1.0 mol l^{-1} of phosphoric acid, 60 W and 10 min were the conditions initially adopted. This phosphoric concentration agreed with that reported in [26]. In order to prevent any As(III) oxidation that could be caused by the main soil components in the extract, the addition of a reducing agent to the extractant solution was considered. For this purpose a few preliminary experiments were carried out. In these experiments four reducing agents were assayed—sodium bromide, oxalic acid, hydroxyl ammonium chloride and ascorbic acid at several concentrations, and each of them mixed with phosphoric acid was assayed. As(III) in the extracts were analysed by LC-UV-HG-ICP/MS. From these assays ascorbic acid was revealed as the best preservative for arsenite. The recovery of As(III) without the addition of ascorbic acid reached 93.7%, whereas when ascorbic acid was added the As(III) recovery increased up to 98.9% and no peak of As(V) was observed in the corresponding chromatogram. Thus a solution containing 1.0 mol l^{-1} of phosphoric acid and 0.1 mol l^{-1} of ascorbic acid and 60 W microwave power during 10 min were the conditions adopted for extraction.

Table 1
Arsenic content in the contaminated soils and in CRMs, after the aqua regia leaching, expressed as mg kg^{-1}

Material	Arsenic content (mg kg^{-1})	Certified value
3RIB	173 ^a	
	15 ^b	
3DEP	19.9 ^c	
	1.3 ^b	
3DEPr	15.4 ^c	
	1.64 ^b	
3QUEorg	712 ^a	
	1.9 ^b	
3QUE	769 ^a	
	55 ^b	
GBW07405	412 ^a	412
	11 ^b	8 ^b
GBW07311	180.7 ^a	188
	13.6 ^b	6 ^b
BCR320	67.3 ^c	76.7
	3.2 ^b	3.4 ^b

^a Measurement by ICP-AES.

^b Standard deviation ($n = 3$).

^c Measurement by HG-ICP/MS.

3.5. Quality parameters

LC-UV-HG-AFS: The detection limit (DL) was calculated from the background signal in the

Table 2

As species in the CRMs GBW07405, GBW07311 and BCR320, after applying the extraction procedure proposed and measurement with LC–UV–HG–ICP/MS

CRM	As(III)	DMA	MMA	As(V)	U1	U2	As _{extr}	(As _{extr} /As _{cert}) %
GBW07405	2.5 0.4 ^b	n.d.	1.0 0.2 ^b	275.1 49.5 ^b	n.o.	18 ^a	336.6 4.8 ^b	81.7
GBW07311	2.9 0.5 ^b	n.d.	n.d.	157.4 23.7 ^b	2 ^a	n.o.	190.8 6.7 ^b	101
BCR320	7.9 1.5 ^b	n.d.	n.d.	35.6 7.1 ^b	1 ^a	1 ^a	73.5 1.8 ^b	95.8

n.d., below the detection unit; n.o., non-observed; As_{extr}, total As measured in the extract; As_{cert}, As certified. The recovery values calculated as the As extracted against the certified As content (see Table 1), respectively, are also reported ($n = 3$).

^a Estimated value (see text).

^b Standard deviation ($n = 3$).

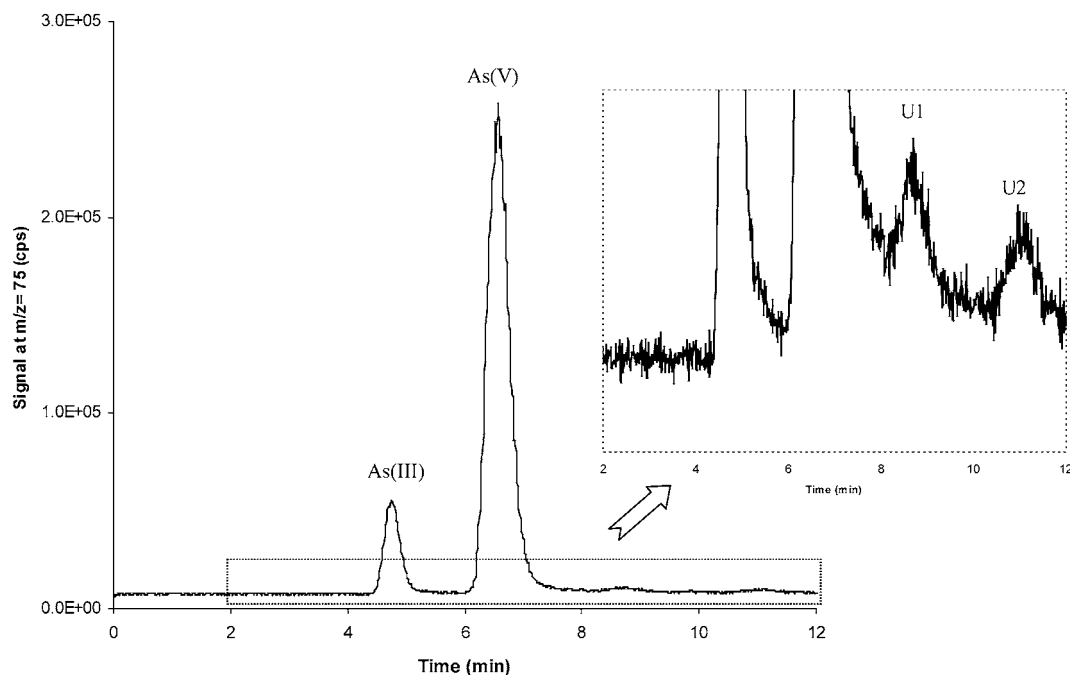


Fig. 1. Chromatogram corresponding to the BCR320 sediment (measured by LC–UV–HG–ICP/MS).

chromatogram and considering three times its standard deviation. The concentrations at the DLs were calculated in triplicate on the corresponding standard curves which were prepared in the soil extract solutions. For quantification limit 10 times the standard deviation of the background signal was considered. The detection and quantification limits obtained, expressed as $\mu\text{g l}^{-1}$

in the soil extract, were as follows: 1.91 and 6.37 for As(III), 0.95 and 3.15 for DMA, 2.51 and 8.36 for MMA, and 0.93 and 3.10 for As(V).

Precision: It was calculated from the standard deviation of the peak areas from the chromatograms obtained from nine injections of the soil extract into the coupled system. For the coupling LC–UV–HG–AFS the precision values in

Table 3

Arsenic speciation in the contaminated soils, after applying the extraction procedure proposed and measurement with LC–UV–HG–ICP/MS, expressed as mg kg^{-1}

Sample	As(III)	DMA	MMA	As(V)	U1	U2	As _{extr}	(As _{extr} /As _{aqr}) %
2AUTr	0.5 0.1 ^b	n.d.	n.d.	7.0 1.4 ^b	1 ^a	2 ^a	n.a.	
2DEPr	1.1 0.2 ^b	n.d.	n.d.	8.8 1.6 ^b	1 ^a	0.5 ^a	n.a.	
2DEP	1.1 0.2 ^b	n.d.	n.d.	14.7	1 ^a	0.5 ^a	n.a.	
1RIB2	2.0 0.3 ^b	n.d.	n.d.	84.5 13.1 ^b	n.o.	n.o.	106 8.4 ^b	101
2QUEh	10.2 1.4 ^b	n.d.	n.d.	394 60.6 ^b	n.o.	n.o.	433 19 ^b	56.5
3DEP							13.5 3.9 ^b	67.8
3RIB							151 6.3 ^b	87.3
3QUE							461 2.6 ^b	60.0
3QUEorg	1.04	11.26	17.61	411 ^c			441 2.0 ^b	61.9

n.d., below DL; n.a., not available; n.o., non-observed.

^a Estimated value.

^b Standard deviation ($n = 3$).

^c Calculated by difference.

terms of %RSD were as follows: As(III) 3.7, DMA 2.7, MMA 6.6, As(V) 2.9, for solutions containing $50 \mu\text{g l}^{-1}$ of the species.

LC–UV–HG–ICP/MS: DLs and repeatability (%RSD) for As species were established in a previous work [30]. They should be taken as orientative values in order to carry out an overall comparison of the sensitivity with both coupling systems. We report here the corresponding DL and repeatability data. DLs, in the measurement solution (as $\mu\text{g l}^{-1}$ of As) were 0.03 for As(III), 0.10 for DMA, 0.06 for MMA and 0.12 for As(V). Repeatability, in terms of %RSD, was As(III) 0.8, DMA 3.2, MMA 4.7 and As (V) 2.3, for all the species in concentrations in the range $1\text{--}7 \mu\text{g l}^{-1}$ of As.

3.6. Application of the speciation procedure to CRMs and to the contaminated soils

The extraction procedure was applied to the CRMs GBW07405, GBW07311 and BCR320, in

order to assess the extraction recovery in these materials and for detecting any chemical species of As. This kind of speciation studies is also

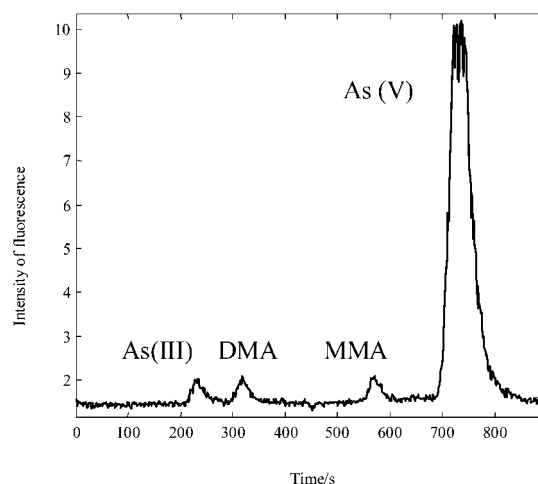


Fig. 2. Chromatogram corresponding to one of the spiked soil extract used to determine the quality parameters measured by LC–UV–HG–AFS.

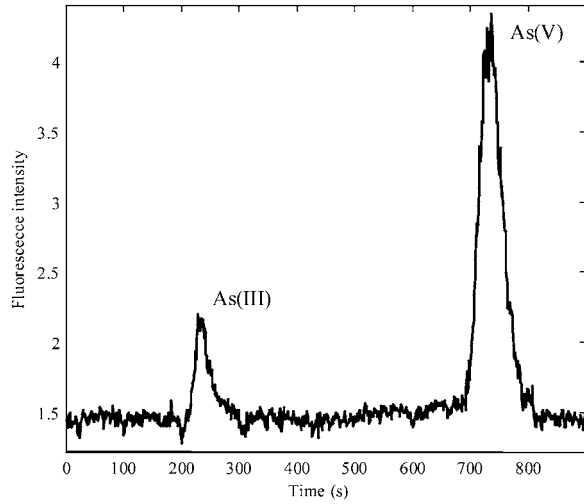


Fig. 3. Chromatogram corresponding to the soil 3RIB (measured by LC–UV–HG–AFS).

reported in the literature [26–28], since there is a lack of soil and sediment CRMs in which arsenic species are certified. For this purpose aliquots of the CRMs extracts were analysed by LC–UV–HG–ICP/MS and the species were quantified by the standard addition method in the extracts. Table 2 reports the concentration of each species, the total arsenic contents in the extract (As_{extr}) and the extraction recoveries calculated, as the percentage of the ratio of total As extracted to As certified (As_{extr}/As_{cert}). The lowest recovery obtained for GBW07405 could be attributed to its higher Al and Fe content with respect to the others, elements that have high affinity for retaining arsenic. This behaviour evidences that the extraction of the arsenic species depends on the matrix composition of the materials. It can be observed that in all the materials the main species was arsenate, and small amounts of arsenite could be quantified in the three materials. As(V) and As(III) are also measured in BCR320 using other analytical methods [26,27]. The results show that

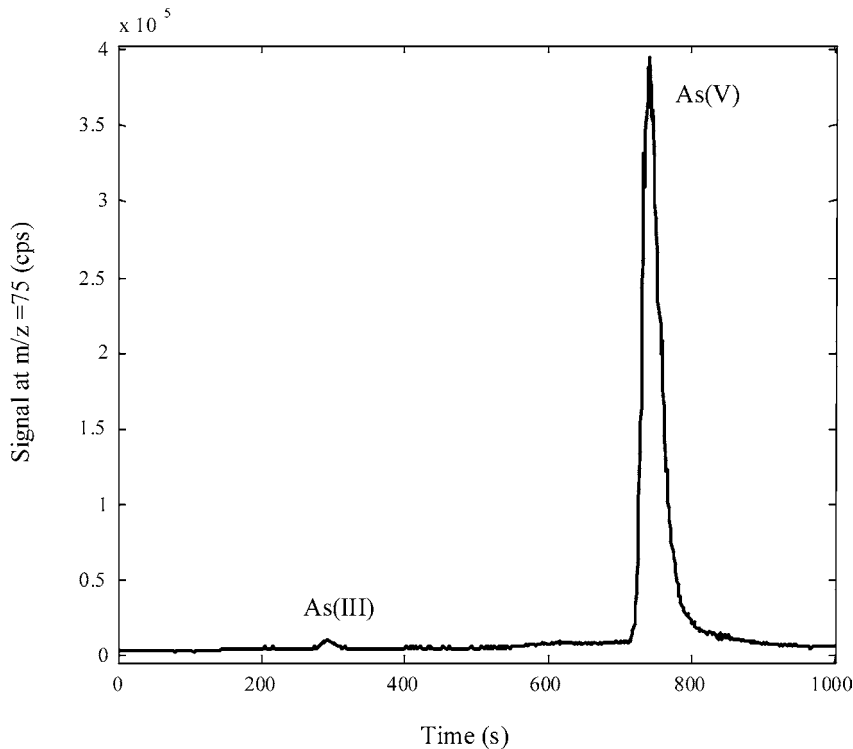


Fig. 4. Chromatogram corresponding to the 3QUE soil (measured by LC–UV–HG–ICP/MS).

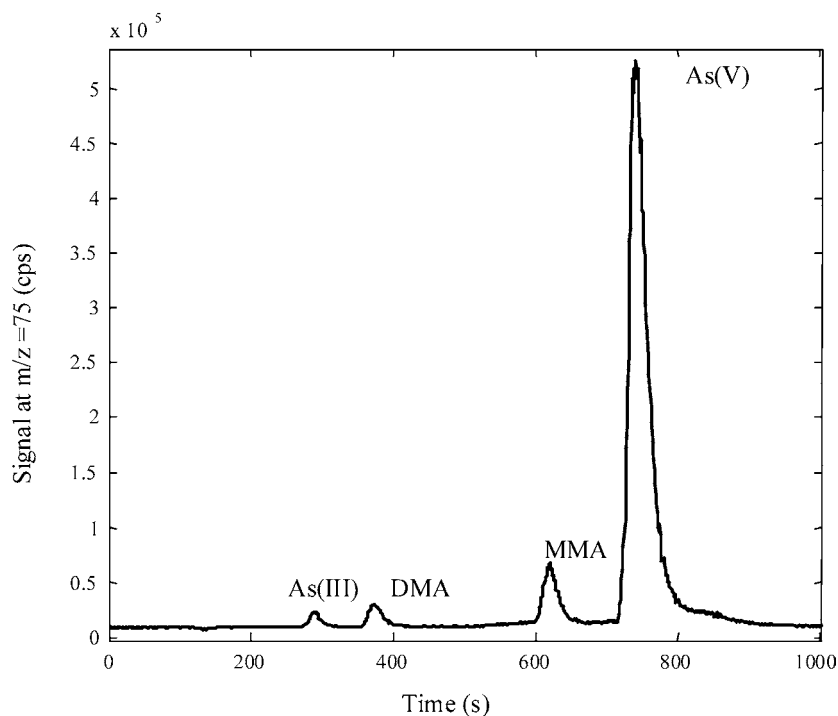


Fig. 5. Chromatogram corresponding to the 3QUE org soil (measured by LC–UV–HG–ICP/MS).

the sum of the species does not match exactly with the total arsenic measured in the extract. This behaviour is also described in the literature for CRM320 as well as for other CRMs [26]. This could be attributable to the fact that we are comparing the sum of results coming from individual measurements with the a unique measurement of the total arsenic in the extract, and the individual standard deviation of speciation measurements should be taken into account. Moreover MMA could be measured in GBW07405. From the chromatograms it was also observed that very small peaks, which could be attributable to arsenic compounds, eluted after As(V). Those unidentified peaks in these CRMs, all of them in a very low concentration, could correspond to compounds with high affinity for the stationary phase used for separation. A few experiments were carried out by analysing some organoarsenic compounds such as 2-nitrophenylarsonic acid, used as feed additive [36], *p*-arsanilic acid, *o*-arsanilic acid and phenylarsonic acid, used in veterinary [1], under the chromatographic system used in the present study,

but none of the retention times corresponded to those of the unidentified compounds. An estimation of their concentration was made by assuming that their behaviour under photooxidation conditions was similar to the rest of the species. Fig. 1 shows an example of the chromatogram corresponding to the extract from BCR320.

The speciation procedure was applied to the contaminated soils, and both couplings LC–UV–HG–ICP/MS and LC–UV–HG–AFS were applied. Table 3 reports the results obtained. Regarding extraction recoveries, expressed as the ratio of total As extracted to *pseudototal* As, it can be observed that the values lie between a wide range, indicating that the extraction yields depends on a great extent on the soil composition. It has been reported that arsenic adsorption is highly dependent mainly on Fe, Al and Mn contents present in the soil, as well as the pH [37–39]. In this work, the studied soils show a wide range of concentration of the three elements, which could account for significant differences in arsenic extractability. In all the chromatograms As(V)

appeared as the main species, and small concentrations of As(III) were observed. The soils from the second sampling 3DEP, 3RIB, 3QUE and 3QUEorg were mainly used for assessing the extraction recoveries, for establishing the quality parameters with the coupling LC–UV–HG–AFS and for studying the stability with time of the species in the extracts. In these soils As(V) was also the main species, small amounts of As(III) were observed in all the samples and in some soils methylated species were also present. At this point it should be borne in mind that organoarsenic species are hardly ever reported in bibliography to have been detected in contaminated soils. This gives on the one hand an idea of the contamina-

tion level, and, on the other hand, on the feasibility of our two couplings to detect both inorganic and organic species in the soils without any kind of chemical or biological pretreatment. Fig. 2 shows as an example the chromatogram corresponding to a spiked soil extract used for establishing the quality parameters described below with the coupling LC–UV–HG–AFS, and Fig. 3 shows the chromatogram corresponding to the soil 3RIB obtained by using the coupling LC–UV–HG–AFS.

From the obtained information it is worth pointing out the relationship between the organic matter content in the soil and the presence of methylated species. Thus, Figs. 4 and 5 show the

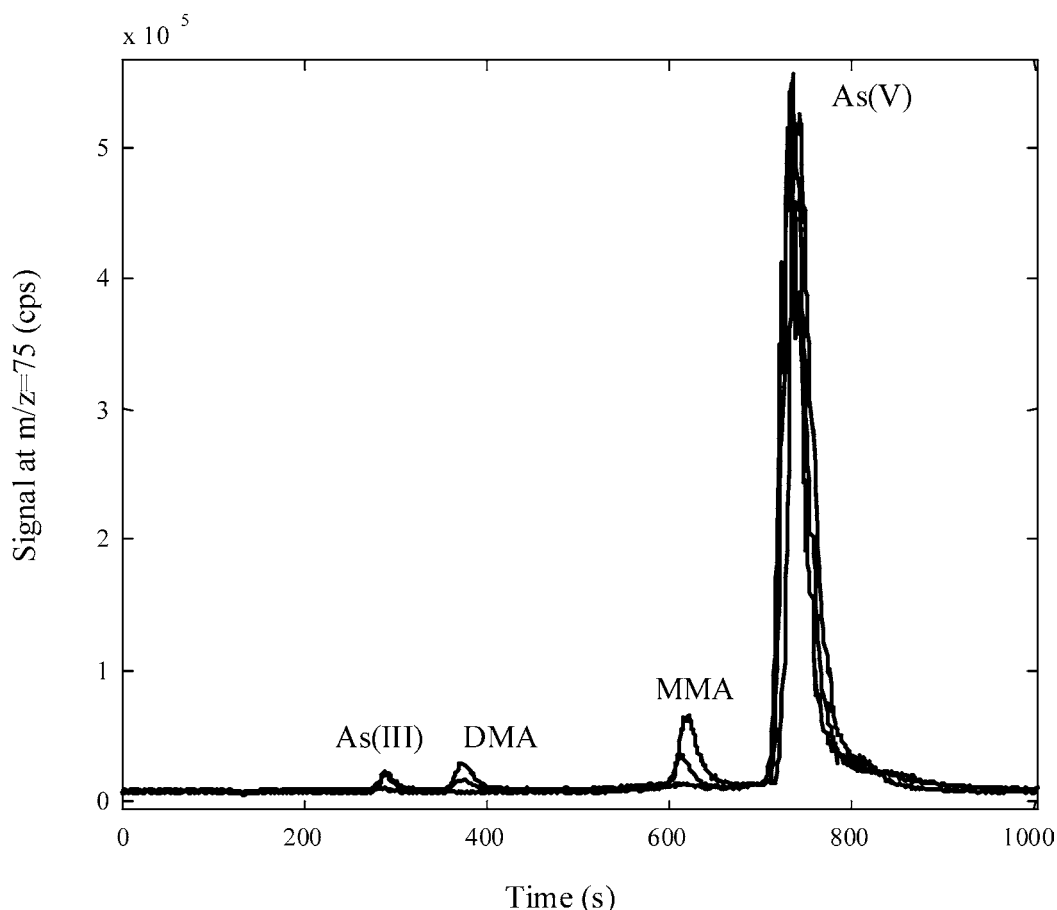


Fig. 6. Sequence of chromatograms corresponding to the soil 3QUEorg, obtained from the measurement of the extract by LC–UV–HG–ICP/MS along the period described in the text. The instability of As(III), DMA and MMA, and their final transformation into As(V) can be observed.

chromatograms obtained from the extracts of the soils 3QUE and 3QUEorg, respectively. Fig. 4 reveals that no peaks of methylated species appeared in the first, whereas Fig. 5 shows two peaks corresponding to MMA and DMA. In these two soils the organic matter content (expressed as loss at 550 °C) is 5.74% for 3QUE soil and 8.11% for 3QUEorg soil. As it has been mentioned before, both the soils belong to the same contaminated area, but the 3QUEorg soil was collected in a zone that was amended with significant amounts of organic matter. The higher amount of organic matter in the soil 3QUEorg with respect to 3QUE may explain the presence of the methylated species in the former, probably attributed to a higher biological activity.

3.7. Stability of the arsenic species in the extracts

A study on the stability of the soil extracts was carried out with the aim to guarantee the reliability of the final measurements of the arsenic species. For this purpose 3QUEorg soil was studied, due to its higher content of MMA and DMA with respect to the rest of the soils. The contents of As(III), DMA, MMA and As(V) are reported in Table 3. For the study of stability the extract from this soil was obtained according to the procedure and the extract kept at 4 °C under darkness. Under these conditions several aliquots were taken at different periods of time. The first measurement of the As species was carried out 3 days after the extraction. Another aliquot of the original extract kept at 4 °C was also measured after 6 days, and it was observed that the peak corresponding to As(III) remained practically the same as the original, whereas both DMA and MMA peaks had diminished more than 50% with respect to the former measurement. 7 days later another aliquot of the extract was analysed, and at that moment no evidence of As(III), DMA and MMA had been found. Fig. 6 shows the superposition of the corresponding chromatograms obtained along time for the soil 3QUEorg. Probably the original species As(III), DMA and MMA have been transformed into As(V), but it was actually

very difficult to quantify these possible changes due to the low concentrations of the three compounds when compared with the higher concentration of As(V).

4. Conclusions and recommendations

From the results it is concluded that the extraction yields are dependent on the soil compositions, may be due to the fact that Fe, Mn and Al play an important role on arsenic adsorption in the soils.

This study outlines the difficulty in the soil speciation, which mainly lies in the instability of the extract of the soil. Care must be taken so as to ensure the stability of the arsenic species in the soil extracts, and a short period of time between the extraction and the final measurement is highly recommended.

The work on arsenic speciation in the soils should be carefully planned and carried out within a short period of time between sampling and measurements, in order to preserve as much as possible the integrity of the species.

The quality parameters obtained by using the coupling LC–UV–HG–AFS reveal that it is extremely adequate for arsenic speciation in the soils to detect both inorganic and organic species. However, according to the quality parameters, it is obvious that the coupling using ICP/MS as detection system is much more sensitive, reaching the ng l^{-1} range in the measurement solution. In spite of this fact, the coupling with final AFS detection, with DLs in the order of the $\mu\text{g l}^{-1}$, is sensitive enough to carry out “routine” arsenic speciation experiments in the soils.

No suitable CRMs of the soils and sediments are nowadays available for validating As speciation in such materials. Materials with significant differences in their composition should be desirable.

The pseudototal As evaluated from the aqua regia leaching provides good recoveries for assessing the arsenic level in the soils and sediments within a wide range of concentrations.

Acknowledgements

The authors thank the DGICYT under project PB 98-1259 for financial support.

References

- [1] P.J. Craig, *Organometallic Compounds in the Environment. Principles and Reactions*, Longman Group, Harlow, UK, 1986.
- [2] H. Yan-Chu, Arsenic distribution in soils, in: J.O. Nriagu (Ed.), *Arsenic in the Environment. I: Cycling and Characterization*, Wiley & Sons, New York, 1994.
- [3] W.R. Cullen, K.J. Reimer, *Chem. Rev.* 89 (1989) 713.
- [4] D.N. Guha Mazumder, R. Haque, N. Gosh, B.K. De, A. Santra, D. Chakraborty, A.H. Smith, *Int. J. Epidemiol.* 27 (1998) 871.
- [5] D.N. Guha Mazumder, R. Haque, N. Gosh, B.K. De, A. Santra, D. Chakraborty, A.H. Smith, *Int. J. Epidemiol.* 29 (2000) 1047.
- [6] C. Ferreccio, C. González, V. Milosavijevic, G. Marshall, A.M. Sancha, A.H. Smith, *Epidemiology* 11 (2000) 673.
- [7] K. Tanabe, H. Yokota, H. Hironaka, S. Tsushima, Y. Kubota, *Appl. Organomet. Chem.* 15 (2001) 245.
- [8] Ch. Choprapawon, S. Ajjimangkul, in: W.R. Chappell, Ch. O. Abernathy, R.L. Calderon (Eds.), *Proceedings of the 3rd International Conference on Arsenic Exposure Health Effects*, 1998, Elsevier, Oxford, 1999, p. 355.
- [9] B. Pohl, K. Bächmann, *Fresenius' Z. Anal. Chem.* 323 (1986) 859.
- [10] T. Takamatsu, *Soil Sci.* 133 (1982) 239.
- [11] C.J. Soderquist, D.G. Crosby, J.B. Bowers, *Anal. Chem.* 46 (1974) 155.
- [12] W. Salomons, W.M. Stigliani (Eds.), *Biogeochemistry of Pollutants in Soils and Sediments*, Springer, Berlin, 1995.
- [13] P.M. Huang, D.W. Oscarson, W.K. Liaw, U.T. Hammer, *Hydrobiologia* 91 (1982) 315.
- [14] T.R. Irvin, K.J. Irgolic, *Appl. Organomet. Chem.* 9 (1995) 315.
- [15] A. Léonard, in: E. Merian (Ed.), *Metals and Their Compounds in the Environment*, VCH Publishers, Weinheim, 1991.
- [16] M. Vahter, G. Concha, *Pharmacol. Toxicol.* 89 (2001) 1.
- [17] D.J. Thomas, M. Styblo, S. Lin, *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 176 (2001) 127.
- [18] T.W. Gebel, *Int. J. Hyg. Environ. Health.* 203 (2001) 249.
- [19] A. Baser, J. Mahata, S. Gupta, A.K. Giri, *Mutat. Res.* 488 (2001) 171.
- [20] P.L. Goering, H.V. Aposhian, M.J. Mass, M. Cebrian, B.D. Beck, M.P. Waalkes, *Toxicol. Sci.* 49 (1999) 5.
- [21] Y. Tsunetoshi, *Biomed. Res. Trace Elem.* 11 (2000) 54.
- [22] M.J. Kosnett, in: W.R. Chappell, Ch. O. Abernathy, R.L. Calderon (Eds.), *Proceedings of the 3rd International Conference on Arsenic Exposure Health Effects*, 1998, Elsevier, Oxford, 1999, p. 349.
- [23] Ch.O. Abernathy, Y.P. Liu, D. Longfellow, H.V. Aposhian, B. Beck, B. Fowler, R. Goyer, R. Menzer, T. Rossman, C. Thompson, M. Waalkes, *Environ. Health Perspect.* 107 (1999) 593.
- [24] C. Demesmay, M. Ollé, *Fresenius' J. Anal. Chem.* 357 (1997) 1116.
- [25] M. Bissen, F.H. Frimmel, *Fresenius' J. Anal. Chem.* 367 (1999) 51.
- [26] P. Thomas, J.K. Finnie, J.G. Williams, *J. Anal. At. Spectrom.* 12 (1997) 1367.
- [27] J.L. Gómez-Ariza, D. Sánchez-Rodas, I. Giraldez, *J. Anal. At. Spectrom.* 13 (1998) 1375.
- [28] P.M. Yehl, J.F. Tyson, *Anal. Commun.* 34 (1997) 49.
- [29] Q. Jin, F. Liang, H. Zhang, L. Zhao, Y. Huan, D. Song, *Trends Anal. Chem.* 18 (1991) 479.
- [30] T. Dagnac, A. Padró, R. Rubio, G. Rauret, *Talanta* 48 (1999) 763.
- [31] T. Dagnac, A. Padró, R. Rubio, G. Rauret, *Anal. Chim. Acta* 364 (1998) 19.
- [32] M. Vilanó, R. Rubio, *Appl. Organomet. Chem.* 15 (2000) 658.
- [33] Y. Xu, X. Chen, Z. Hu, *Anal. Chim. Acta* 292 (1994) 191.
- [34] M. Vidal, J.F. López-Sánchez, J. Sastre, G. Jiménez, T. Dagnac, R. Rubio, G. Rauret, *Sci. Total Environ.* 242 (1999) 131.
- [35] M. Vilanó, A. Padró, R. Rubio, *Anal. Chim. Acta* 411 (2000) 71.
- [36] O. Hutzinger (Ed.), *The Handbook of Environmental Chemistry. In: Anthropogenic Compounds*, vol. 3, Springer-Verlag, Berlin, 1982 (part B).
- [37] M. Sadiq, *Arsenic Chemistry in Soils: An Overview of Thermodynamic Predictions and Field Observations. In: Water, Air and Soils Pollution*, vol. 93, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 1997, pp. 117–136.
- [38] B. Manning, S. Goldberg, *Soil Sci.* (1997) 886.
- [39] P.H. Masscheleyn, R.D. Delaune, W.H. Patrick, *Environ. Sci. Technol.* 25 (1991) 1414.

Anexo 2. Consejos asesores y comités editoriales/científicos de las revistas y congresos

Eureka

Consejo asesor:

José Antonio Acevedo, Inspector de Educación, Delegación Provincial de Huelva

M^a del Mar Aragón, Profesora de Física y Química, IES Drago, Cádiz

Pilar Azcárate, Profesora de Didáctica de las Matemáticas, Universidad de Cádiz

Enrique Banet, Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia

Ángel Blanco, Profesor de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga

Aldo Borsese, Departamento de Química y Química Industrial, Universidad de Génova, Italia

Julián M^a Cano, Profesor de Biología y Geología, IES Poeta García Gutiérrez, Chiclana, Cádiz

Pedro Cañal, Dpto. de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Sevilla

Jaime Carrascosa, Profesor de Física y Química, IES Cid Campeador, Valencia

Ana Criado, Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Sevilla

Cristina Díez, Profesora de Física y Química, IES Pablo Ruiz Picasso, Chiclana, Cádiz

Soledad Esteban, Departamento de Química Orgánica y Bio-Orgánica, UNED, Madrid

Manuel Fernández, Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada

Carles Furió, Profesor de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Valencia

Rafael García-Molina, Profesor de Física Aplicada, Universidad de Murcia

J. Eduardo García, Dpto. de Didáctica de las Ciencias Universidad de Sevilla

Andoni Garritz, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

Daniel Gil-Pérez, Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Valencia

Miguel A. Gómez-Crespo, Profesor de Física y Química, IES Victoria Kent, Madrid

Jenaro Guisasaola, Departamento de Física Aplicada I, Universidad del País Vasco

Vicente López-García, Parque de las Ciencias, Granada

Francisco Antonio Macías, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz

M^a Jesús Martín-Díaz, Profesora de Física y Química, IES Jorge Manrique, Tres Cantos, Madrid

Mariano Martín-Gordillo, Grupo Argo, IES "Nº 5" Avilés

Mercedes Martínez-Aznar, Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad Complutense de Madrid

Isabel P. Martins, Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro, Portugal

Vicente Mellado, Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas, Universidad de Extremadura

Antonio Navarrete, Dpto. de Didáctica. Área de Ciencias Experimentales, Universidad de Cádiz

José Osuna, Profesor de Biología y Geología, IES Manuel de Falla, Puerto Real, Cádiz

Fátima Paixao, Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal

Ernesto Páramo, Parque de las Ciencias, Granada

Fco. Javier Perales, Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada

Alfonso Pontes, Profesor de Física Aplicada, Universidad de Córdoba

Rafael Porlán, Dpto. de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Sevilla

Antonio de Pro, Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia

José M^a Rodríguez-Izquierdo, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz

Diego Sales, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz

Julia Salinas, Dep. de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

Rosario Sánchez-López, Profesora de Física y Química, IES Drago, Cádiz

Neus Sanmartí, Profesora de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universitat Autònoma de Barcelona

Josip Slisko, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

Jordi Solbes, IES J. Rodrigo Botet, Manises, Valencia

Ricardo Trumper, Faculty of Science and Science Education, Haifa University at Oranim, Israel

Paloma Varela, Profesora de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad Complutense de Madrid

Ángel Vázquez, Instituto de Evaluación y Calidad Educativa, Conselleria d'Educació del Govern Balear

Jesús Vázquez-Abad, Département de didactique Université de Montréal Canadá

Amparo Vilches, Profesora de Física y Química, IES Sorolla, Valencia

Christian Wagner, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz

REEC

Comité Editorial:

Jose Antonio Acevedo Díaz, Servicio de Inspección de Huelva. Consejería de Educación de la Junta de Andalucía.

Tusta Aguilar, Departamento de Didáctica de las Ciencias. IEPS

Enrique Banet Hernández, Universidad de Murcia

Oscar Barberá Marco, Universitat de València

Alicia Benarroch, Universidad de Granada

David Brusi, Universitat de Girona

Aureli Caamaño Ros, IES Barcelona-Congrés

Pedro Cañal de León, Universidad de Sevilla

José Carpena Guaita, Consejería de Educación y Universidad. Murcia

Carles Furió, Universitat de València

Viviane Souza Galvão, Universidad Estadual Paulista

Susana García Barros, Universidad A Coruña

Daniel Gil Pérez, Universitat de València

María José Gil Quilez, Universidad de Zaragoza

Miguel Ángel Gómez Crespo, IES Victoria Kent, Torrejón de Ardoz

Mercè Izquierdo Aymerich, Universitat Autònoma de Barcelona

Marilar Jiménez Aleixandre, Universidad de Santiago de Compostela

Roque Jiménez Pérez, Universidad de Huelva

Laurinda Leite, Universidade do Minho

José Lillo Beviá, Universidad de Vigo

Berta Marco Stiefel, Instituto de Estudios Pedagógicos Somosaguas (IEPS), Fundación Castroverde. Madrid

Nicolás Marín Martínez, Universidad de Almería

María Jesús Martín-Díaz, IES Antonio Machado, Madrid

Mercedes Martínez Aznar, Universidad Complutense de Madrid

Cristina Martínez Losada, Universidad A Coruña

Joaquín Martínez Torregrosa, Universidad de Alicante

Isabel P. Martins, Universidad de Aveiro

Vicente Mellado Jiménez, Universidad de Extremadura

José Otero, Universidad de Alcalá de Henares

Arminda Pedrosa, Universidad de Coimbra

F. Javier Perales Palacios, Universidad de Granada

Roser Pintó, Universitat Autònoma de Barcelona

José María Posada, Consejería de Educación y Ciencia. Embajada de España en Brasil

Joao Praia, Universidad de Oporto

Teresa Prieto Ruz, Universidad de Málaga

Antonio de Pro, Universidad de Murcia

María José Sáez Bremes, Universidad de Valladolid

María Eduardo Santos, Instituto Universitário Dom Afonso III, Loulé

Jordi Solbes Matarredona, IES José Rodrigo Botet, Manises

Mercedes Suárez Pazos, Universidade de Vigo

Ángel Vázquez Alonso, Conselleria d'Educació. Govern de les Illes Balears

Amparo Vilches Peña, IES Sorolla, Valencia

RIE

Comité editorial:

Miriam Abramovay, Universidade Católica de Brasília, Observatório Ibero-Americano de Violências nas Escolas, Brasil

José Manuel Esteve, Universidad de Málaga

Daniel Filmus, FLACSO, Argentina

José Luis García Garrido, UNED

Andoni Garritz, Universidad Nacional Autónoma de México, México

Daniel Gil, Universidad de Valencia

Carlos Luiz Gil Estevez, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro -Universidade Estácio de Sá, Brasil

Eduardo González, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

Begoña Gros, Universidad de Barcelona

Márcia Lopes Reis, Universidad de Sao Paulo - Universidade Paulista, Brasil

José Antonio López Cerezo, Universidad de Oviedo

Elena Martín, Universidad Autónoma de Madrid

Miquel Martínez y Martín, Universidad de Barcelona

William Moreno, Universidad de Antioquia, Colombia

Mercedes Oraisón, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina

Manuel Joaquim Pinho Moreira de Azevedo, Universidade Católica Portuguesa, Portugal

Francisco Ramos, Loyola Marymount University, USA

Eliane Ribeiro, Universidad Federal do Estado de Rio de Janeiro, Brasil

Eugenio Rodríguez Fuenzalida, Pontificia Universidad Católica de Chile

Ángel San Martín Alonso, Universidad de Valencia

Sylvia Schmelkes, Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados, México

Liliana Soares Ferreira, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Flavia Terigi, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Alejandro Tiana, UNED

Pablo Valdés, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Cuba

Amparo Vilches, Universidad de Valencia

Comunicar

Consejo Científico Asesor:

Asesoría Internacional: Europa y América

Evelyne Bévort, CLEMI, París, Francia
Mar Fontcuberta, Pontificia Universidad Católica, Chile
Guillermo Orozco, Universidad de Guadalajara, México
Ismar de Oliveira, Universidade de São Paulo, Brasil
Gustavo Hernández, ININCO, Universidad Central, Venezuela
Manuel Pinto, Universidade do Minho, Braga, Portugal
Pier Cesare Rivoltella, Università Cattolica de Milán, Italia
Jacques Piette, Université de Sherbrooke, Québec, Canadá
Vítor Reia, Universidade do Algarve, Faro, Portugal
Tatiana Merlo, Universidad Cat. Buenos Aires, Argentina
Tania Esperon, Universidade Federal de Pelotas, Brasil
Armanda Pinto, Universidade de Coimbra, Portugal
José Martínez de Toda, Caracas, Venezuela
Vania Quintão, Universidade de Brasilia, Brasil
Teresa Quiroz, Universidad de Lima, Perú
Silvia Contín, Instituto Sup. Formación de Chubut, Argentina
Maria Bergman, Dalarna University, Falun, Suecia
José Martínez de Toda, Caracas, Venezuela
Héctor Bernal, Instituto Latinoamericano (ILCE), México
Javier Arévalo, director de MAVs del Gobierno de México
Ciro Novelli, Universidad del Cuyo, Mendoza, Argentina
Michel Clarembeaux, Centre Audiovisuel de Liège (Bélgica)
Claudio Avendaño, Universidad Diego Portales, Chile
Eduardo Jorge Madureira, Público na Escola, Oporto, Portugal
Marta Orsini, Proyecto Educación y Comunicación, Bolivia
Alejandro Jaramillo, Universidad Nacional de Bogotá, Colombia
Pablo Ramos, Red UNIAL, Festival Latinoamericano Cine, Cuba
Virginia Funes, Universidad Nacional de Lanús, Argentina
Katia Muñoz, Universidad Viña del Mar, Chile

Universidades Españolas:

Victoria Camps, Universitat Autònoma de Barcelona
J. Manuel Pérez Tornero, Universitat Autònoma de Barcelona
Julio Cabero Almenara, Universidad de Sevilla
Agustín García Mantilla, Universidad Complutense
Joan Ferrés i Prats, Universitat Pompeu i Fabra
Javier Tejedor Tejedor, Universidad de Salamanca
M. Ángel Vázquez Medel, Consejo Audiovisual Andaluz
Daniel E. Jones, Universitat Ramon Llull
Javier Marzal, Universitat Jaume I
M. Luisa Sevillano, UNED
Ramón Pérez Pérez, Universidad de Oviedo
Manuel Cebrián de la Serna, Universidad de Málaga
Armando Vega, Universidad del País Vasco
Gloria de la Cruz Guerra, Universidad de La Laguna
Donaciano Bartolomé, Universidad Complutense de Madrid
Juan Antonio García Galindo, Universidad de Málaga
Medios de comunicación:
Ramón Reig, "Ámbitos", Sevilla
José Domingo Aliaga, "Primeras Noticias", Barcelona
Vicent Campos, "Quaderns Digitals", Valencia
Rafael Miralles, "Alioli", Valencia
J. Antonio Gabelas, "El Periódico del Estudiante", Zaragoza
Manuel Fandos, "Master D", Zaragoza.

Alambique

Consejo Asesor:

Rafael María Álvarez Suárez, Instituto Provincial de Formación de Personas Adultas, Córdoba.
Jean-Pierre Astolfi, UFR-Universidad de Rouen, Francia
Enrique Banet, Universidad de Murcia
Alicia Benarroch, Universidad de Granada
David Brusi, Universidad de Girona
Adela Castillejos, UNAM, México
Albert Catalán, IES Guillem Sagrera, Palma de Mallorca
Mauricio Compiani, Instituto de Geociencias UNICAMP, Brasil
Joaquín Díaz de Bustamante, Universidad de Santiago de Compostela
Nicolás Elórtegui, IES César Manrique, Santa Cruz de Tenerife

Rosario Fernández Manzanal, Universidad de Zaragoza

Andoni Garritz, UNAM, México

Daniel Gil, Universidad de Valencia

Jenaro Guisasola, Universidad del País Vasco

Rufina Gutiérrez, Instituto de Estudios Pedagógicos Somosaguas, Madrid

Rafael Hoces, CEP de Granada

M^a Pilar Jiménez Aleixandre, Universidad de Santiago de Compostela

Claudine Larcher, Institut National de la Recherche Pédagogique, Francia

Rafael López-Gay, IES Nicolás Salmerón y Alonso, Almería

María Jesús Martín-Díaz, IES Jorge Manrique, Tres Cantos, Madrid

Isabel P. Martins, Universidad de Aveiro, Portugal

Vicente Mellado, Universidad de Extremadura

Eduardo Mórtimer, Universidad de Belo Horizonte, Brasil

Juana Nieda, Inspección de Educación, Madrid

Francisco Javier Perales, Universidad de Granada

Juan Ignacio Pozo, Universidad Autónoma de Madrid

João Praia, Universidad de Porto, Portugal

Mario Quintanilla, Universidad Católica de Chile

José María Rabadán, CEP de Santander

Neus Sanmartí, Universitat Autònoma de Barcelona

Jordi Solbes, Universidad de Valencia

Núria Solsona, IES Josep Plà, Barcelona

M^a Victoria Valcárcel, Universidad de Murcia

Nora Valeira, Universidad de Córdoba, Argentina

Agustí Vergés, IES Berenguer d'Anoia, Inca, Mallorca

Ana M^a Wamba, Universidad de Huelva

Jaime Carrascosa, IES El Cid, València

Fernando Cerdán, Dep. de Didáctica de la Matemática, Universitat de València

Leonor Colombo, Instituto de Física, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

Moisés Coriat, Dep. de Didáctica de la Matemáticas, Universidad de Granada

Eugenio Filloy, Departamento de Matemática Educativa, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional de México

Daniel Gil, Dep. de Didáctica de les Ciències Experimentals, Universitat de València

André Giordan, Laboratoire de Didactique et Epistémologie des Sciences, Ginebra, Suiza

Ricard Guerrero, Dep. de Microbiologia, Universitat de Barcelona

Jenaro Guisasola, Dep. de Física Aplicada I, Euskal Herriko Unibertsitatea-Universidad del País Vasco

M^a Pilar Jiménez, Dep. de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Santiago de Compostela

José Lillo, Dep. de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Vigo

Salvador Llinares, Dep. de Innovación y Formación Didáctica, Universitat d'Alacant

Joan Antoni Llorens, Dep. de Química, Universitat Politècnica de València

Jean Louis Martinand, Laboratoire de Recherche en Education Scientifi que et Technologique (LIRES), Ecole Normale Supérieure de Cachan, Francia

Mercedes Martínez, Dep. de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad Complutense de Madrid

Joaquín Martínez Torregrosa, Universitat d'Alacant

Isabel Martins, Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Vicente Mellado, Dep. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas, Universidad de Extremadura

Marco A. Moreira, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sud, Brasil

Emilio Pedrinaci, IES de Gines, Sevilla

Francisco J. Perales, Dep. de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada

Rafael Porlán, Dep. de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Sevilla

Antonio de Pro, Dep. de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Murcia

Luis Rico, Dep. de Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada

Julia Salinas, Dep. de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

Enseñanza de las Ciencias

Consejo Asesor:

Jean Pierre Astolfi, Institut National de Recherche Pédagogique, París

Joan Bach, Dep. de Geologia, Universitat Autònoma de Barcelona

Enrique BANET, Dep. de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Murcia

Guy Brousseau, Profesor Emérito. Didactique et Anthropologie des Enseignements Scientifi ques et Techniques (DAEST), Université Victor Segalen

António Cachapuz, Dep. de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro, Portugal

Juan Manuel Campanario, Dep. de Física, Universidad de Alcalá de Henares

Pedro Cañal, Dep. de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Sevilla

Alan H. Schoenfeld, Graduate School of Education, University of California, Berkeley, California

José María Sebastià, Dep. de Física, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela

Jordi Solbes, IES José Rodrigo Botet, Manises, València

Francisco Tomás, Dep. de Química-Física, Universitat de València

Laurence Viennot, Laboratoire de Didactique de la Physique dans l'Enseignement Supérieur. Université Paris VII, Francia

Rod Watson, Department of Education, King's College University of London, Londres

Educación en Química

Consejo Editorial Mexicano:

Silvia Bello Garcés

Adela Castillejos Salazar

José Antonio Chamizo

Laura Gasque Silva

Carmen Giral

Enrique González Vergara

Hermilo Goñi

Gisela Hernández

Jorge G. Ibáñez Cornejo

Glinda Irazoque

Rafael Martínez Peniche

Ana Martínez Vázquez

María Teresa Merchant Hernández

Adolfo Obaya Valdivia

Laura Ortiz

Aarón Pérez Benítez

Clemente Reza

Pilar Rius de la Pola

Alberto Rojas

Yadira Rosas

Armando Sánchez Martínez

Plinio Sosa Fernández

Consejo Editorial Internacional:

Patricia Acuña Johnson, Chile

José Miguel Abraham, Argentina

Marcela Arellano, Chile

Marta Bulwik, Argentina

Luís Cortés, Venezuela

Cecilia I. Díaz V, Panamá

Manuel Fernández Núñez, España

Gabriel A. Infante, Puerto Rico

Gabriela Lorenzo, Argentina

Manuel Martínez Martínez, Chile

Lueny Morell de Ramírez, Puerto Rico

José Claudio del Pino, Brasil

Teresa Reguero, Colombia

Vicente Talanquer Artigas, EUA

Santiago de Vicente Pérez, España

Mónica Zolezzi, Canadá

Lourdes Zumalacárregui, Cuba

Química e Industria

Consejo de Redacción:

González García, Valentín

Baselga, Lorenzo

González, Valentín

Galán, Luciano

García Monar, Juan Manuel

García Ochoa, Félix

Labat, Juan Antonio

Martín, Nazario

Pons, José

Anales RSEQ

Comité Editorial:

Pascual Román Polo, Universidad del País Vasco

Manuela Martín Sánchez, Universidad Complutense

Enrique Orti Guillen, Universidad de Valencia

Luis Echegoyen, Universidad de Clemson, USA

Julio Casado Linarejos, Universidad de Salamanca

Francisco Javier Arnáiz, Universidad de Burgos

Javier Garín Tercero, Universidad de Zaragoza

Miguel A. Sierra, Universidad Complutense

Funció Publicació

Consejo de Redacción:

Marta Carrera

Anna Castro

Jaume Clotet

Jaume Colomer

Jordi Graells

Santi Rifà

Enric Travesset

Andreu Vidal

Ciències

Consejo de Redacción:

Joan Aliberas

Roser Pintó

Núria Serra

Montserrat Tortosa

V Taller química (Cuba)

Comité Organizador:

Leslie Yáñez

Esther Alonso
Migdalia Romero
Inés Casal
Rebeca Vega Miche
Marianela González
Lourdes Alicia Díaz
Dolores Torres
Gonzalo Vidal

XXI Encuentros (Donostia)

Comité Científico:

Isabel Echevarría Ugarte, Universidad del País Vasco
Enrique Banet López, Universidad de Murcia
Alicia Benarroch Benarroch, Universidad de Granada
Pedro Cañal de León, Universidad de Sevilla
Antonio De Pro Bueno, Universidad de Murcia
Nicolás Elórtégui Escarpín, Universidad de La Laguna
Vicente Mellado Jiménez, Universidad de Extremadura
Manuel Fernández González, Universidad de Granada
Carles Furió Mas, Universitat de València
Susana Garcia Barros, Universidade da Coruña
M. Rut Jimenez Liso, Universidad de Almería
Roque Jiménez Pérez, Universidad de Huelva
Carmen Mato Carrodegua, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Rosa Martín del Pozo, Universidad Complutense de Madrid
Francisco Martínez Navarro, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Pedro Membiela Iglesia, Universidade de Vigo
Jesús Pérez Ceballos, Universidad de La Laguna
Lourdes Pérez de Eulate, Universidad del País Vasco
Emigdia Repetto Jiménez, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Neus Sanmarti Puig, Universitat Autònoma de Barcelona

VII Congreso Internacional (Granada)

Comité Científico:

Agustín Adúriz-Bravo, Universidad de Buenos Aires, Argentina
Enrique Banet, Universidad de Murcia
Óscar Barberá, Universitat de València
Alicia Benarroch, Universidad de Granada (Melilla)
Aureli Caamaño, Universitat de Barcelona
Antonio Cachapuz, Universidad de Aveiro, Portugal

José Antonio Chamizo, Universidad Nacional Autónoma de México
Manuel Fernández, Universidad de Granada
Pilar García, Universitat Autònoma de Barcelona
Susana García, Universidad de A Coruña
Anna M. Geli, Universitat de Girona
Daniel Gil, Universitat de València
Francisco González, Universidad de Granada
Rufina Gutiérrez, Instituto de Estudios Pedagógicos Somosaguas, Madrid
M. Pilar Jiménez, Universidad de Santiago de Compostela
Rut Jiménez, Universidad de Almería
María Inés Copello, Universidad de Río Grande do Sul, Brasil
Rosa Martín, Universidad Complutense de Madrid
Emilio Pedrinaci, Universidad de Sevilla
Roser Pintó, Universitat Autònoma de Barcelona
Teresa Prieto, Universidad de Málaga
Rosa M. Pujol, Universitat Autònoma de Barcelona
Mario Quintanilla, Pontificia Universidad Católica de Chile
Rod Watson, King's College. Universidad de Londres, Reino Unido

XXII Encuentros (Zaragoza)

Comité Científico:

Enrique Banet
Óscar Barberá
Pedro Cañal
Antonio de Pro
Isabel Echevarría
Susana García
Enrique García
María José Gil
Mercé Izquierdo
María Pilar Jiménez
Rut Jiménez
Rosa Martín
Begoña Martínez
Mercedes Martínez
Vicente Mellado
Pedro Membiela
Teresa Nuño
José Otero
Francisco Javier Perales
Rafael Porlán
Manuel Puigcerver
Rosa María Pujol
Emigdia Repetto
Vicente Sanjosé.

A quién corresponda:

Carmen Azcárate Giménez, directora de la revista Enseñanza de las Ciencias (de Investigación y Experiencias Didácticas) hago constar que Gregorio Jiménez Valverde es autor del artículo “Optimización metodológica de entornos telemáticos cooperativos (BSCW y Synergiea) como recursos didácticos de la química en la producción de hipermedia”, aceptado para ser publicado en nuestra revista Enseñanza de las Ciencias, (ISSN: 0212-4521) en el año 2007.

Firmado en Bellaterra,




Carmen Azcárate Giménez,
Enseñanza de las Ciencias,
Directora.







Cuestionario sobre el uso de Synergieia en el trabajo cooperativo.

Querido/a alumno/a,

El objetivo de este cuestionario es la obtención de información sobre lo que piensas y las concepciones relacionadas con el sistema Synergieia y con el proyecto de aprendizaje cooperativo en el que has participado. Deberías responder las preguntas evaluando hasta qué punto describen tus propias concepciones. Recuerda, no hay respuestas correctas o incorrectas en este cuestionario.

Nombre _____ Edad: _____

En el cuadro siguiente hay una lista con diferentes funcionalidades del sistema Synergieia. Especifica cuáles de ellas son útiles para la cooperación entre estudiantes (marca una única respuesta por funcionalidad):

Funcionalidad	Mucho	Bastante	Poco	Nunca la he usado
Subir (<i>upload</i>) documentos, páginas web 				
Utilizar la Pizarra Cooperativa (<i>Map Tool</i>) 				
Utilizar el servicio de mensajería instantánea de Synergieia				X
Utilizar los foros / espacios de construcción del conocimiento 				
Utilizar los tipos de pensamiento (<i>problema, mi explicación, explicación científica, evaluación, resumen</i>)				
Utilizar la libreta de direcciones 				
Utilizar el calendario  				

En el cuadro siguiente hay una lista de funcionalidades del sistema Synergieia. Especifica la facilidad de uso de las siguientes utilidades.

Funcionalidad	Mucha	Bastante	Poca	Nunca la he usado
Subar (<i>upload</i>) un documento 				
Añadir notas (<i>post-it</i>) 				
Utilizar la Pizarra Cooperativa (<i>Map Tool</i>) 				
Utilizar el servicio de mensajería instantánea de Synergieia				X
Utilizar los tipos de pensamiento (<i>problema, mi explicación, explicación científica, evaluación, resumen</i>)				
Utilizar la libreta de direcciones 				
Utilizar el calendario  				

Para cada una de las 17 afirmaciones siguientes, especifica tu grado de acuerdo según esta escala:

- 1-Totalmente en desacuerdo
- 2-Ligeramente en desacuerdo
- 3-Neutral
- 4-Ligeramente de acuerdo
- 5-Totalmente de acuerdo

1. Hubiera preferido utilizar más tiempo para trabajar con Synergeia

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

2. Deberíamos haber tenido más ordenadores para trabajar con Synergeia

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

3. Era fácil saber lo que los otros estaban haciendo en Synergeia

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

4. Era fácil utilizar el sistema Synergeia

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

5. Estaba casi perdido en entre el conocimiento en el sistema Synergeia

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

6. He explicado mis ideas a otros estudiantes utilizando Synergeia

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

7. Me vino bien, para un mejor entendimiento, ver las ideas o notas que yo había creado en Synergeia

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

8. Fue útil para mí poder leer las notas e ideas de otros compañeros en Synergeia

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

9. Fue fácil encontrar nuevas conexiones entre ideas mientras utilizaba Synergeia

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

10. Mientras utilizaba Synergeia, entendí cómo funciona el proceso de investigación

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

11. Fue fácil estructurar el proceso de investigación en Synergeia

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

12. Recibí una orientación suficiente por parte del profesor durante el proyecto

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

13. No supe qué hacer en el sistema Synergeia

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

14. Recibimos suficientes indicaciones sobre cómo estudiar y trabajar en el sistema Synergeia.

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

15. Fue fácil cooperar con otros estudiantes a través de Synergeia

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

16. El profesor nos animaba a cooperar

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

17. Me hubiera gustado cooperar más con otros estudiantes durante el proyecto

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo



Nombre _____ Módulo: _____ Edad: _____

¿Cómo te guió el profesor durante el proceso de investigación? (realización del trabajo en el entorno Synergieia)

Si este proyecto de aprendizaje cooperativo se llevara a cabo de nuevo, ¿qué cambiarías en el Synergieia? Por ejemplo, qué funcionalidad añadirías o suprimirías en Synergieia.

Si tuvieras que explicar a alguien sobre esta experiencia, ¿cómo la describirías?

Ahora, tienes que valorar del 1 al 7 los aspectos siguientes (1: Muy negativo – 7: Muy positivo)

1. Utilidad del espacio cooperativo Synergeia para la docencia

Muy negativo 1 2 3 4 5 6 7 Muy positivo

2. Utilidad del espacio Synergeia para el desarrollo de esta asignatura

Muy negativo 1 2 3 4 5 6 7 Muy positivo

3. Grado de aplicación docente al espacio cooperativo Synergeia

Muy negativo 1 2 3 4 5 6 7 Muy positivo

4. Contribución del Synergeia a la preparación de recursos didácticos *on-line*

Muy negativo 1 2 3 4 5 6 7 Muy positivo

5. Grado de aprovechamiento del espacio de trabajo

Muy negativo 1 2 3 4 5 6 7 Muy positivo

6. Contribución del Synergeia a la adquisición de una actitud crítica sobre el aprovechamiento de recursos *on-line*

Muy negativo 1 2 3 4 5 6 7 Muy positivo

7. Utilización del editor HTML Netscape Composer 4.78 que, aunque es limitado en sus opciones, es gratuito y de fácil uso

Muy negativo 1 2 3 4 5 6 7 Muy positivo

8. Realización de trabajos en grupos (cooperativos) con estudiantes de otros grupos-clase

Muy negativo 1 2 3 4 5 6 7 Muy positivo

9. Posibilidad de "negociar" carpetas y páginas web

Muy negativo 1 2 3 4 5 6 7 Muy positivo

10. Valoración global de la experiencia de producción de material hipermedia en espacios compartidos de trabajo

Muy negativo 1 2 3 4 5 6 7 Muy positivo

Señala los tres aspectos más positivos que destacarías de todo el proyecto cooperativo que has realizado con Synergeia y Netscape Composer para realizar el proyecto sobre los iones en aguas:

Señala los tres aspectos más negativos que destacarías de todo el proyecto cooperativo que has realizado con Synergeia y Netscape Composer para realizar el proyecto sobre los iones en aguas:

¡MUCHAS GRACIAS POR RELLENAR ESTE CUESTIONARIO!

Contenido del anexo en CD-ROM



Tutoriales Synergeia

Versiones finales de los tutoriales para el profesorado y guías para el alumnado del entorno Synergeia. Se ofrecen las versiones en catalán y castellano. También puede accederse a estos tutoriales a través de www.synergeia.info y corresponde al tutorial 5 del trabajo 22.

Proyectos web

Proyectos web realizados por los estudiantes durante los tres cursos escolares en los que tuvo lugar la fase de campo de esta investigación. Además de todos los proyectos sobre iones en aguas (accesibles igualmente a través de www.ionesenagua.com), también se incluyen los proyectos correspondientes a las técnicas de análisis, realizados durante el curso 2002-03.

Tutorial BSCW

Guía rápida de uso del entorno BSCW. Corresponde al tutorial 2 del trabajo 22.

Nescape Composer – BSCW

Tutorial del editor Netscape Composer 4.78, adaptado al trabajo en el entorno BSCW. Corresponde al tutorial 3 del trabajo 22.

Netscape Composer – Synergeia

Tutorial del editor Netscape Composer 4.78, adaptado al trabajo en el entorno Synergeia. Corresponde al tutorial 4 del trabajo 22.

Bibliografía global

Recopilación de todas las referencias bibliográficas de la tesis doctoral, así como las de todos los trabajos que forman parte de este compendio (excepto los del anexo 1). En cuanto a los trabajos realizados en coautoría y de los que el doctorando ha sido responsable sólo de una parte de ese trabajo, sólo se incluyen las referencias bibliográficas de dicha parte.

Tesis doctoral en pdf

La presente memoria, en formato electrónico (pdf).



Esta tesis describe el estudio de optimización metodológica de dos entornos telemáticos cooperativos, BSCW y Synergeia, como soportes informáticos en clases presenciales de Química. Estas herramientas, gratuitas para usos educativos, facilitan la cooperación entre personas que no coinciden en el espacio y/o tiempo y se basan en espacios compartidos de trabajo, es decir, áreas virtuales en donde los miembros de un grupo cooperativo pueden compartir información y documentos, gestionar datos y estar informados de las acciones de los otros miembros del grupo en el entorno, lo que permite el acceso e intercambio de documentos y/o información en cualquier momento y lugar.

El estudio comprende dos fases. En la primera, estudiantes del CFGS de Química Ambiental han producido, en grupos cooperativos, proyectos hipermedia sobre iones en agua (www.ionesenagua.com). Los estudiantes y el profesor han evaluado conjuntamente los proyectos y, para la obtención de calificaciones individuales, el alumnado ha realizado una evaluación entre iguales con autoevaluación. En la segunda fase, se han analizado las respuestas obtenidas a una serie de cuestionarios sobre la experiencia, comparándolas también con las de estudiantes extranjeros participantes en el proyecto ITCOLE, y de acuerdo con los resultados, se han creado unos tutoriales de los entornos (www.synergeia.info).

Además, la memoria recoge otras dos investigaciones educativas relacionadas: el estudio de los niveles de apertura como medida de atención a la diversidad en las prácticas cooperativas de Química y un estudio histórico de los primeros usos documentados en la enseñanza de la Química de los recursos audiovisuales y los informáticos.

