

L'aprenentatge de la química amb sensors: casos pràctics, utilitat i valoració

Learning chemistry with sensors: practical examples, usefulness and evaluation

Montserrat Tortosa Moreno / IES Ferran Casablanca (Sabadell) / CRECIM (Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica) Universitat Autònoma de Barcelona



resum

Una de les noves tecnologies de la informació i la comunicació a les aules de ciències és la constituïda pels equips de captació automàtica de dades, que permeten visualitzar en temps real els gràfics del fenomen que s'està experimentant.

Els avantatges que pot suposar l'ús d'aquests equips van molt més enllà de la motivació dels estudiants: un ús adient millora la capacitat d'interpretació de gràfics, una presa de dades curta deixa temps lliure per realitzar unes altres activitats, com ara la discussió i la interpretació dels resultats o el treball del control de variables, i aquesta tecnologia permet també mesurar fàcilment algunes magnituds difícils d'obtenir amb els equips clàssics.

paraules clau

EXAO, captació automàtica de dades, experiments en temps real, MBL, sensor.

abstract

Dataloggers are one of the new ICT devices in the Science classroom. This equipment allows visualization in real time of the variables of an experiment.

The advantages for using this material go further than simply motivating students: correctly used it can improve the ability to interpret graphics. Further the time of data-capture is very short in comparison with traditional equipment. This fact can leave time for other activities such as discussion and interpretation of the results or working with variables. Another advantage of this technology is the increased possibility of measuring magnitudes which were difficult to measure with traditional equipment.

key words

automatic data-capture, real time lab experiments, MBL, sensor.

Introducció

Durant els últims anys, hem assistit a una evolució accelerada de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC) en àmbits diversos de les nostres vides i també del món educatiu. Tot i la varietat de tecnologies i usos que existeixen, hi ha consens a considerar que el fet d'utilitzar-les motiva l'alumnat, i la motivació és un pilar essencial per voler aprendre més.

Una d'aquestes tecnologies comporta l'ús de sensors per prendre dades experimentals, i rep noms diversos, com ara *experiments en temps real*, *MBL (micro-computer based laboratoris)*, *EXAO (experiències assistides per ordinador)*, *probeware* o *datalogger*.

La utilització dels sensors en l'aprenentatge de les ciències, en general, i de la química, en particular, pot ser un element que vagi més enllà de la motivació. És cert que emprar-los constitueix un incentiu per a un nombre significatiu d'alumnes, però seria pobre fer-ne un ús que tan sols pretengués augmentar l'interès dels aprenents. Per treure profit de les potencialitats que tenen, convé utilitzar els sensors als laboratoris docents de química fent servir el bagatge que ens dona la recerca en didàctica. I, fins ara, la major part de recerques dutes a terme sobre els processos d'ensenyament-aprenentatge amb sensors, s'han realitzat en el cas de la física, però són encara escasses en unes altres disciplines, com ara la química o la biologia (Hogarth i altres, 2006). Per això, tot i que els resultats que es tenen (Nakhleh i altres, 2002) revaliden el potencial d'aquesta eina, l'ensenyament de la química amb sensors proposa el repte de fer camí nou.

La tecnologia de treball amb sensors al laboratori

Els equips consten de sensors connectats a una interfície que, a la vegada, està connectada a l'ordinador, de manera que el conjunt permet veure el gràfic de l'experiment en temps real.

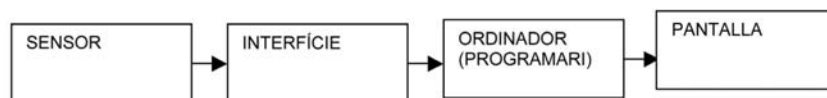


Figura 1. Esquema d'un equip EXAO (experiència assistida per ordinador)

Els sensors transformen una mesura física en una tensió elèctrica; la interfície actua de transformador analògicodigital (A/D) i els programes informàtics de l'ordinador permeten realitzar dues funcions bàsiques: configurar la presa de mostres (com ara la freqüència de presa de dades i el temps total) i ensenyar en pantalla taules de dades i gràfics que es van generant en temps real. Si es vol, també se'n pot mostrar la gravació en vídeo, i no es pot oblidar el tractament del gràfic posterior a la presa de dades.

Poden utilitzar-se sensors de la majoria de magnituds d'ús habitual a les aules de ciències, com ara de pressió, de pH, de temperatura, de concentració d'oxigen, de ritme cardíac, de força, de posició, etc.

Materials disponibles per a l'ús de sensors a les classes de química

En el moment d'escriure aquest treball, Catalunya és l'única comunitat autònoma que disposa, de manera general, d'equips de captació automàtica de dades a les aules de secundària. El Departament d'Educació ha dotat tots els instituts d'ensenyament secundari amb una aula de noves tecnologies per a les ciències, que inclou sensors, ordinadors, inter-

l'ensenyament de la química amb sensors proposa el repte de fer camí nou

fícies i un microscopi que permet visualitzar en pantalla les preparacions en temps real. Poden trobar-se materials per ser utilitzats a l'aula, elaborats seguint els criteris didàctics esmentats, al buscador de llicències del Departament d'Educació (<http://phobos.xtec.es/sqfprp/entrada.php>), on hi ha les memòries dels treballs elaborats durant el període de llicència d'estudis. Concretament, els treballs d'Aparicio (1999), Lalana (2002) i Tortosa (2005) contenen explicacions per treballar pràctiques de química amb sensors. També es poden trobar materials elaborats per diversos autors a la pàgina web del CDECT (Centre per a la Documentació i Experimentació en Ciències <http://www.xtec.es/cdec/index.htm>),. Les webs de les cases comercials són una bona font per conèixer les característiques dels sensors disponibles i poder-ne fer l'adaptació a l'ús didàctic.

Exemples concrets d'aplicació a l'aula

Els sensors no han de substituir uns altres instruments de mesura més senzills, tret que el fet d'utilitzar-los comporti avantatges respecte als equips tradicionals.

Per aquest motiu, tot seguit es proposen algunes experiències

per practicar-les al laboratori utilitzant sensors que presenten avantatges respecte als equips clàssics. Els exemples que es presenten en aquest treball estan elaborats amb l'equip Multilog, que utilitza el programari Multilab, amb el qual han estat proveïdes les aules de noves tecnologies per a les ciències.

Experiència amb el sensor de temperatura

Aquesta activitat és molt senzilla. El disseny experimental permet escalfar líquids inflamables i pot ajudar a entendre que no tots els líquids bullen a la mateixa temperatura, ni tots són «calents» en bullir. Està destinada a alumnat dels primers cursos d'ESO, però l'experiència personal m'ha demostrat que si es fa fer la predicció dels gràfics a estudiants de primer de batxillerat, les respostes que s'obtenen són, com a mínim, mereixedores d'una reflexió.

En el cas que es presenta aquí, s'hi estudia la variació de temperatures durant l'escalfament simultani d'acetona i alcohol etílic comercial (96°), mitjançant un bany de sorra casolà construït amb una safata metàl·lica que conté sorra. El conjunt s'escalfa amb un fogó elèctric. Sobre el bany de sorra, s'hi col·loquen dos vasos amb el mateix volum d'acetona i alcohol, i es posen a escalfar. Aquest muntatge té avantatges respecte als banys d'aigua clàssics: sobre la sorra, els vasos són estables i l'absència d'humitat fa que no es deteriori l'equip.

Mentre es va realitzant l'experiència, es veu que l'acetona arriba a bullir amb bombolles visibles, i la seva temperatura es manté constant i inferior a la de l'alcohol etílic, que segueix escalfant-se abans de bullir.

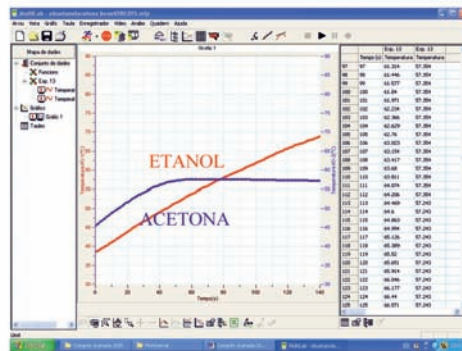


Figura 2. Vasos amb acetona i etanol escalfant-se en un bany de sorra construït amb materials casolans, amb els sensors de temperatura a l'interior. A la dreta, s'hi poden veure els resultats obtinguts de l'experiència

Experiències amb el sensor de pressió

Les variacions de pressió en un experiment són laborioses de determinar amb els equips clàssics dels laboratoris que hi ha als centres docents, en canvi, fer-ho amb un sensor de pressió és simple en força casos. Això obre un gran ventall de possibilitats.

Per seguir quantitativament l'evolució de la pressió en un experiment, pot utilitzar-se un muntatge experimental senzill, consistent en un matràs d'Erlenmeyer tancat amb un tap de goma travessat per una agulla hipodèrmica connectada al sensor de pressió. Si és necessari, d'acord amb el procés que es vulgui estudiar, pot incorporar-se al conjunt una segona agulla que

travessi el tap de goma. Aquesta agulla estarà connectada a una xeringa que permeti afegir líquids al procés. Cal vigilar que la mida de la boca del matràs d'Erlenmeyer i la del tap siguin adients, a fi que tot quedi ben tancat i es puguin evitar pèrdues de gas.

Amb aquest muntatge, es poden treballar conceptes com ara la pressió de vapor dels líquids i la variació provocada per la temperatura (submergint el conjunt en un bany d'aigua), la velocitat de reacció en cas de variació de gas, o bé determinar la massa molar de líquids volàtils i estudiar uns altres processos que comportin variacions de pressió (protocols detallats a Tortosa, 2005).

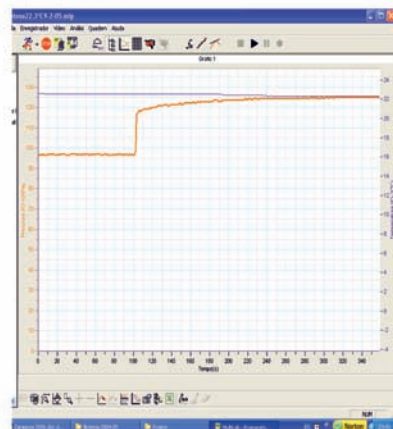


Figura 3. Muntatge per mesurar la pressió de vapor. A la dreta, el gràfic obtingut en una determinació de la pressió de vapor de l'acetona.

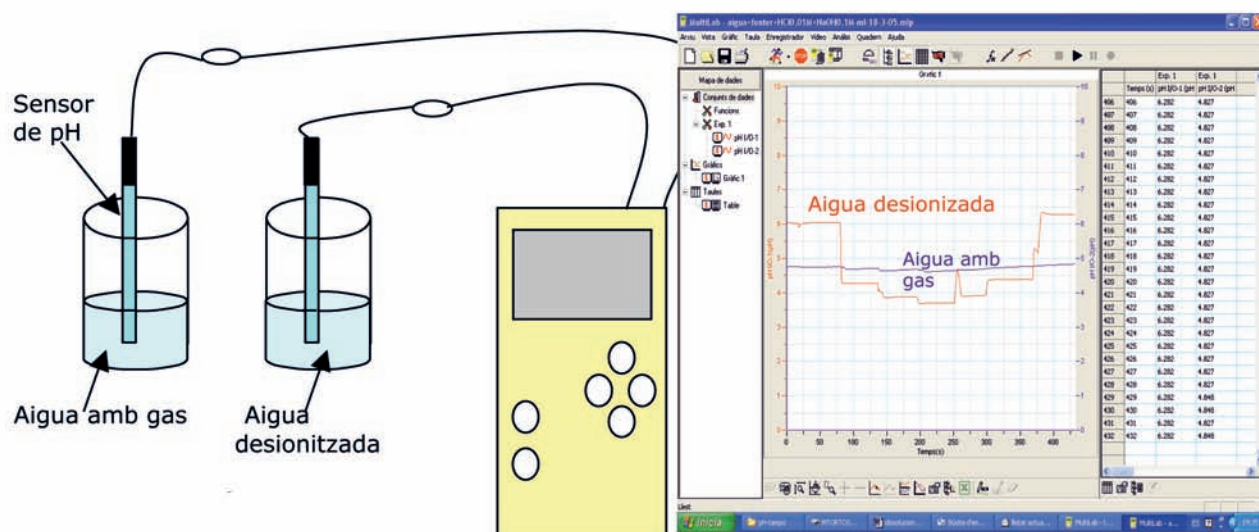


Figura 4. Muntatge per comparar les variacions de pH en afegir àcid o base a aigua amb gas i a aigua desionitzada. Resultats obtinguts.

Experiències amb el sensor de pH

Una de les aplicacions que pot fer-se a l'aula utilitzant sensors de pH, és l'estudi del comportament de les dissolucions reguladores. L'experiència consisteix a mesurar simultàniament les variacions de pH d'una solució reguladora i d'aigua desionitzada, en afegir quantitats iguals d'àcid i de base a cadascuna. Aquest senzill experiment permet il·lustrar el comportament de les dissolucions tampó, i és útil per ajudar els estudiants a justificar si alguns líquids d'ús comú tenen comportament regulador del pH.

Recerques sobre l'ús de sensors en processos d'ensenyament-aprenentatge de la química

La idea que l'aprenentatge significatiu és possible en el laboratori, si als estudiants se'ls donen oportunitats de manipular equipament i materials per tal de poder construir coneixement sobre els fenòmens i els conceptes científics que hi estan relacionats, està força acceptada. Malgrat tot, no s'hauria d'obviar Hofstein (2007), coautor de dues de les revisions més exhaustives

sobre el treball al laboratori de química i l'aprenentatge dels alumnes (Hofstein i Lunetta, 1982, 2004), quan afirma que la recerca en didàctica no ha trobat relacions simples entre les experiències de laboratori i l'aprenentatge dels estudiants.

Si ens centrem en el treball amb sensors, diversos estudis assenyalen que la utilització d'aquest instrumental per si sol no és suficient per assegurar la millora en l'aprenentatge de conceptes científics, sinó que cal plantejar-lo amb enfocaments didàctics adients (Pintó i Aliberas, 1996) i un bon disseny de l'activitat experimental, ja que constitu-

eix una bona eina per estudiar temes interdisciplinaris i proposar continguts nous. S'han d'evitar les pràctiques tipus recepta de cuina, en les quals els alumnes actuen sense cap iniciativa personal. En aquest sentit, es proposa crear una estructura dels guions de pràctiques seguint un cicle d'aprenentatge (Pintó i altres, 1999) i fer-ne una aplicació a l'aula en què la predicció de la forma del gràfic i de l'evolució del fenomen per part dels alumnes, com també la comparació posterior dels resultats obtinguts amb les prediccions i amb el model teòric, siguin rellevants.

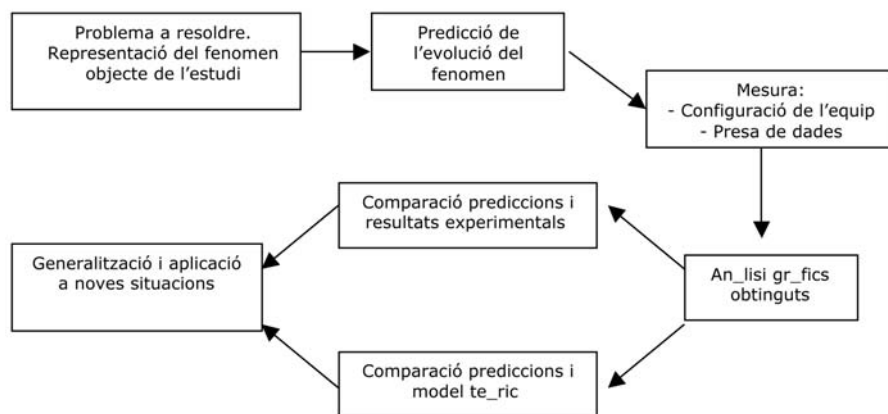


Figura 5. Cicle d'aprenentatge en un experiment (Pintó i altres, 1999).

En l'ús dels sensors per aprendre química, hi destaca el treball pioner de Nakhleh i Krajcik (1994), que conclou que treballar amb aquesta tecnologia pot contribuir a fer conèixer de manera més profunda els àcids, les bases i el pH. En treballs posteriors, s'hi assenyalava l'interès de tenir el punt de vista dels estudiants sobre la seva tasca quan utilitzen sensors (Nakhleh i altres, 2002), com també en indagacions científiques guiades (*science-guided inquiries*) (Minster i Krauss, 2005). Quan es demana l'opinió als estudiants que treballen amb indagacions científiques guiades i MBL, s'ha comprovat que l'alumnat integra aquest utilitatge com una manera més d'obtenir dades experimentals i se centra en els conceptes de química que el professorat vol que treballi (Tortosa i altres, 2007b). Pel que fa a les possibles dificultats tècniques amb l'equipament, s'ha vist que només un nombre reduït d'alumnes (5 de 79) no aconsegueixen configurar correctament la presa de mostres la primera vegada que l'utilitzen (Tortosa, 2007).

Què ens pot aportar de nou el treball amb sensors?

De tots els avantatges que ens pot aportar el treball amb sensors respecte als equips clàssics, cal remarcar-ne els tres següents: 1) presa de dades ràpida amb un disseny adequat; 2) obtenció del gràfic del fenomen que s'està produint en temps real, i 3) obtenció de mesures dificultoses d'aconseguir amb els equips clàssics.

Presa de dades ràpida

Amb un disseny adient, la presa de dades experimentals pot durar segons o pocs minuts; això porta principalment a disposar d'un bé escàs, el temps, que el podem aprofitar de diverses maneres d'acord amb els objecti-

us plantejats. Un ús clàssic és fer més mesures, per poder realitzar més càlculs estadístics i obtenir uns resultats més fiables. Però amb les poques hores de què disposem a les classes de ciències, podem plantejar-nos uns altres usos del temps. Hauríem de considerar el fet d'utilitzar-lo per dur a terme tasques que comportessin activitats més creatives per als estudiants, com ara la discussió dels resultats obtinguts; fer-los participar en el disseny d'experiments nous relacionats amb l'estudi o el control de variables, i l'execució i discussió d'aquests experiments nous. Activitats que els duran a utilitzar les seves habilitats cognitives d'alt nivell (Zoller i Tsaparlis, 1997) i que poden conduir-los a un aprenentatge més significatiu.

Obtenció del gràfic en temps real

Hi ha moltes recerques sobre els beneficis d'aquest fenomen que fa que es puguin interpretar els resultats a mesura que es van produint. S'ha demostrat que afavoreix la comprensió i la interpretació de la gràfica (Beichner, 1990) i que pot afavorir les capacitats de raonar (Friedler i altres, 1990), com també la comprensió conceptual (McRobbie i altres, 2002; Sáez i altres, 2005).

D'altra banda, veure i acostumar-se al fet que els gràfics obtinguts no són com els teòrics, permet treballar i millorar les habilitats per interpretar-los (Sassi i altres, 2005). D'una manera més general, comparar els resultats obtinguts amb les prediccions pròpies i amb els valors teòrics, com també interpretar les diferències obtingudes, permet, per exemple, treballar les competències d'extreure conclusions basades en proves i entendre la investigació científica, qüestions avaluades internacionalment (PISA, 2006).

Obtenció de mesures dificultoses d'aconseguir amb els equips clàssics

En molts casos, aquesta tecnologia té clars avantatges respecte als equips clàssics (Tortosa i altres, 2007a). Un exemple el constitueix l'esmentada obtenció de dades de variació de pressió, procés que resulta difícil de realitzar amb els equips que hi ha als laboratoris dels centres docents. Un altre cas el trobem en la recollida de dades automàtiques durant períodes llargs de temps, cosa difícil de portar a terme als instituts; sense oblidar el programari que permet operar amb els gràfics experimentals per obtenir-ne dades d'interès.

Quins problemes pot presentar l'ús d'aquesta tecnologia a les aules?

Quan es pregunta al professorat sobre les dificultats d'organitzar el treball experimental amb MBL (Sáez, 2006), les respostes apunten cap a diverses direccions: per una banda, esmenten el nombre d'alumnes que ha d'anar al laboratori i la infraestructura material dels equips, que pot fer que la quantitat d'estudiants per equip sigui massa elevada per poder assolir un bon nivell d'aprenentatge o que no es disposi de recanvis en cas de mal funcionament. Un altre factor que consideren limitador és el temps necessari per preparar l'equipament i també les poques hores lectives dedicades al treball de laboratori.

També hi ha estudis (Sassi i altres, 2005) que afirmen que una bona part de les dificultats que es troben a l'hora d'utilitzar aquesta tècnica, provenen de la falta de formació del professorat per captar els fonaments sobre els quals se sustenta una proposta concreta d'utilització.

Consideracions finals

Les activitats amb sensors amplien el rang de fenòmens que es poden treballar als laboratoris de secundària i permet establir una connexió més evident entre el fet que s'està estudiant i les dades recollides en forma de taules o gràfics. Hi ha nombrosos estudis, sobretot en el cas de la física, que mostren que un enfocament pot ajudar significativament a construir coneixement, però falten encara estudis sobre efectes concrets de la utilització d'aquests equips en el cas de la química. Aquest pot ser un camí ben interessant de recórrer.

Referències bibliogràfiques

- APARICIO A. (1999) L'organització de l'aula en la realització de Treballs pràctics de ciències. (<http://www.xtec.es/sgfp/licencias/199899/memories/aaparicio.pdf>)
- BEICHER, R.J. (1990). The effect of simultaneous motion presentation An. meeting Natl Ass. Res. Sci. Teach.,
- FRIEDLER, Y., NACHMIAS, R., LINN, M.C (1990). Learning scientific reasoning skills MBL. J. Res. Sci. Teach., 27 (2), 173-191.
- HOFSTEIN, A. I MAMLOK-NAAMAN R. (2007)The laboratory in science education. The state of the art. Chem. Ed. Res. Pract., 8 (2), 105-107
- HOFSTEIN A. AND LUNETTA V.N., (1982), The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research, Rev. Educ. Res. 52, 201-217.
- HOFSTEIN A. AND LUNETTA V.N., (2004), The laboratory in science education: foundation for the 21st century, Sci. Ed. 88, 28-54.
- HOGARTH S, BENNETT J, LUBBEN F, CAMPBELL B, ROBINSON A (2006) The effect of ICT teaching activities in science lessons on students' understanding of science ideas. In *Research Evidence in Education Library*. London : EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education. London.
- LALANA, E. (2002). Adquisició automàtica de dades al laboratori de química... (<http://www.xtec.es/sgfp/licencias/200102/resums/elalana.html>)
- MINSTER J. & KRAUSS P. (2005) Guided inquiry in the science classroom. in Donovan & Bransford eds. How Students Learn. Science in the classroom. <http://www.nap.edu/catalog/11102.html>
- NAKHLEH, M. B. & KRAJCIK, J. S. (1994). The influence of level of information as presented by different technologies on students' understanding of acid, base, and pH concepts. Journal of Research in Science Teaching, 31, 1077-1096.
- NAKHLEH, M. B., POLLES, J. & MALINA, E. (2002). Learning chemistry in a laboratory environment. In J. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. Treagust, J. H. van Driel (Eds.), Chemical education: Towards research-based practice (pp. 69-94). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- PINTÓ, R., ALIBERAS, J. (1996) "Approaches for the use of MBL in the secondary School" in Proceedings of GIREP_ICPE
- PINTÓ, R., PÉREZ, O & GUTIÉRREZ, R. (1999). Implementing MBL (Microcomputer Based Laboratory) technology for the laboratory work in compulsory secondary school science classes. STTIS Spanish National report on WP1.
- PISA 2006 Informe, competencias científicas para el mundo de mañana OECD (<http://www.oecd.org>)
- SAEZ, M, PINTÓ, R., GARCIA, P. (2005). Interconnecting concepts and dealing with graphs to study motion. In: R. Pintó et D. Couso, (Eds), Proceedings of the Fifth International ESERA . Barcelona
- SAEZ, M (2006). Estat de la implantació de l'aula de noves tecnologies per al treball experimental a Catalunya en el curs 2004-05. (Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals, UAB.
- SASSI, E., MONROY, G., TESTA, I (2005). Teacher training about real-time approaches: Research-base guidelines and training materials. Science education, 89 (1), 28-37
- TORTOSA, M. (2005). Elaboració de guies didàctiques per a treballar a les aules de noves tecnologies per a les ciències. (<http://www.xtec.es/sgfp/licencias/200405/memories/893m.pf>)
- TORTOSA M.; SAEZ M. PINTÓ R. (2007a). Experimentos en tiempo real para los cursos de ciencias en secundaria. In Membiela (coord.) Experiencias innovadoras de utilización de las NTIC Educación Editora. http://webs.uvigo.es/educacion.editora/volumenes/Libro%203/C7_Tortosa.pdf
- TORTOSA M. PINTÓ R., SÁEZ M. (2007b) Inquiry-oriented chemistry with MBL. What do students think they have been doing? Oral communication ESERA Conference 2007. Malmö (Suecia)
- ZOLLER, U. & TSAPARLIS, G. (1997). Higher and lower-order cognitive skills: The case of chemistry. Res. Sci. Ed., 27(1), 117-130



Montserrat Tortosa Moreno és professora de Física i Química de l'IES Ferran Casablanques de Sabadell. Llicenciada en Ciències Químiques (1982) i Biològiques (1988) per la UAB, i Doctora en Química (2001) per la UPC. Professora associada de química a la UPC (1990-2005). Des del 2005 és investigadora del Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica (UAB). mtortosa@xtec.cat