

Els treballs pràctics en química

Aureli Caamaño, Josep Corominas

Els treballs pràctics constitueixen una de les activitats més importants de l'ensenyament de les ciències en permetre una multiplicitat d'objectius: la familiarització, observació i interpretació dels fenòmens que són objecte d'estudi a les classes de ciències, el contrast d'hipòtesis en els processos de modelització de la ciència escolar, l'aprenentatge del maneig d'instruments i tècniques de laboratori, l'aplicació d'estratègies d'investigació per a la resolució de problemes teòrics i pràctics i, en definitiva, la comprensió procedimental de la ciència.

Per què realitzar treballs pràctics?

Hi ha múltiples raons per justificar la realització de treballs pràctics:

- Motiven l'alumnat.
- Permeten un coneixement vivencial dels fenòmens.
- Il·lustren la relació entre variables significatives en la interpretació dels fenòmens.
- Ajuden a la comprensió dels conceptes i dels models.
- Proporcionen experiència en el maneig d'instruments de mesura i en l'ús de tècniques de laboratori i de camp.
- Permeten apropar-se a la metodologia i als procediments propis de la investigació científica.
- Constitueixen una oportunitat per al treball en equip i el desenvolupament d'actituds i l'aplicació de normes pròpies del treball experimental: planificació, ordre, neteja, seguretat, etc.

Tipus de treballs pràctics

No tots els treballs pràctics cobreixen els mateixos objectius. En funció de l'objectiu principal que es pretén aconseguir amb la seva realització els treballs pràctics es poden classificar en els següents tipus:

- **Experiències.** Són treballs pràctics destinats a obtenir una familiarització perceptiva amb els fenòmens. Per exemple, observar el canvi de color en una reacció química, olorar un gas que es desprèn, observar les imatges que formen diferents tipus de lents, etc.
- **Experiments il·lustratius.** Són treballs pràctics destinats a il·lustrar un principi o una relació entre variables. Impliquen normalment una aproximació qualitativa o semiquantitativa al fenomen. Per exemple, observar la relació entre l'augment de la pressió i la disminució del volum d'un gas o la relació de proporcionalitat directa entre el voltatge i la intensitat de corrent elèctric en els metalls, etc. Les **demostracions** són experiments que fa el professor amb la mateixa finalitat, però han de ser reservades per a experiments que comportin un cert perill o que requereixin un muntatge molt complex, si no és millor que siguin fetes pels estudiants.
- **Exercicis pràctics.** Són treballs pràctics dissenyats per aprendre determinats procediments i destreses, determinar una propietat física o química d'una substància, il·lustrar una llei o corroborar una hipòtesi. Tenen un caràcter especialment orientat, d'aquí el nom d'exercicis. Per exemple, determinar la temperatura de fusió d'una substància, separar una mescla de substàncies, fer una

valoració, determinar la relació volum-temperatura d'un gas. Molts d'ells tenen molts punts de contacte amb els experiments il·lustratius.

- **Investigacions.** Són treballs pràctics dissenyats per donar als estudiants l'oportunitat de treballar com fan els científics en la resolució de problemes, familiaritzar-se amb el treball científic i aprendre, en el curs d'aquestes investigacions, les destreses i procediments propis de la indagació científica. Segons els tipus de problemes que es volen resoldre, les investigacions poden ser:
 - **Investigacions per resoldre problemes teòrics.** Per exemple, quina relació hi ha entre la pressió i el volum d'un gas?, com podem determinar la càrrega elèctrica d'un ió?
 - **Investigacions per resoldre problemes pràctics,** generalment en el context de la vida quotidiana. Per exemple, quina quantitat de sulfat de ferro contenen les pastilles contra l'anèmia?, quina proporció d'àcid acètic conté un vinagre?, quin és el rendiment d'una màquina?

Cal notar que una activitat centrada en un mateix fenomen o procés pot constituir una experiència, un experiment il·lustratiu, un exercici pràctic dirigit o una investigació, segons quin sigui l'objectiu principal que es pretengui i el mètode seguit. Per exemple, la separació de la sal d'una dissolució de sal en aigua pot constituir un exemple d'una experiència, si el que interessa és percebre que els sistemes homogenis poden contenir més d'un component; d'un exercici pràctic, si el que més interessa és aprendre la tècnica de separació en si, i d'una investigació, si la separació constitueix el mètode per resoldre el problema: és pura l'aigua de l'aixeta?, i no es dona cap pauta procedimental per esbrinar-ho.

Experiències i experiments il·lustratius

Les experiències són activitats pràctiques destinades a obtenir una familiarització perceptiva amb els fenòmens. La descripció dels fenòmens observats implica sempre una interpretació. En la visió actual de la naturalesa de la ciència es considera que l'observació depèn de la teoria, i que aquesta guia l'observació i l'experimentació. En aquest manual proposem les següents experiències o experiments il·lustratius:

- Variació de la temperatura d'ebullició amb la pressió
- Variació de la solubilitat d'una sal amb la temperatura
- Assaig a la flama
- Difusió dels gasos
- Forces intermoleculares en els líquids: polaritat i viscositat
- Ions en dissolució: color i migració
- Efecte del canvi de concentració en l'equilibri químic
- Efecte ió comú
- Formació de precipitats
- Pila electroquímica que encén una bombeta.

Tot i que n'hi ha moltes altres, que encara que es presentin en format d'exercici pràctic o d'investigació també podrien presentar-se com una experiència o experiment il·lustratiu.

Exercicis pràctics: aprenentatge de mètodes i tècniques i il·lustració de la teoria

Els exercicis pràctics són activitats per desenvolupar destreses pràctiques, intel·lectuals i de comunicació, aprendre tècniques de laboratori: determinacions de

propietats, mètodes de separació, mètodes d'anàlisi, mètodes de síntesi, etc. Alguns dels exercicis pràctics que es proposen en aquest manual, tot i que molts d'ells s'han redactat o presentat en forma d'investigacions, són els següents:

- Determinació de la temperatura de fusió
- Determinació de la temperatura d'ebullició
- Destil·lació fraccionada
- Determinació de la solubilitat d'una sal
- Determinació de la massa atòmica relativa del magnesi
- Determinació de la massa molar d'una substància volàtil
- Obtenció i propietats de l'amoniac
- Valoració àcid-base del vinagre
- Valoració redox de pastilles de sulfat de ferro(II)
- Determinació del calor de combustió d'un alcohol
- Mesura de la velocitat de reacció
- Determinació de la fem de piles electroquímiques
- Reacció d'esterificació
- Fabricació d'un gel

Les investigacions: construir coneixement, comprendre els processos de la ciència i aprendre a investigar

Una investigació és una activitat encaminada a contestar una pregunta teòrica o a resoldre un problema pràctic mitjançant el disseny i la realització d'un experiment i l'avaluació dels resultats. En aquest manual la majoria d'investigacions que es proposen són de tipus teòric, és a dir, força lligades als continguts teòrics del curs de química o al disseny del procediment necessari per aconseguir separar substàncies, determinar una propietat, investigar l'efecte de certes variables en determinades magnituds, etc. Tanmateix també s'ha intentat formular algunes investigacions en un context pràctic o de la vida quotidiana. Heus aquí alguns exemples:

- Com saber si una substància és pura?
- Com es pot determinar la solubilitat d'una sal?
- Com varia la solubilitat d'una sal amb la temperatura?
- Com es pot determinar la massa atòmica relativa del magnesi?
- Com es pot estimar la constant d'Avogadro?
- Quins metalls són més reactius?
- Quin és el percentatge d'àcid acètic en el vinagre?
- Quina quantitat de ferro(II) hi ha en una pastilla de sulfat de ferro?
- Com determinar l'entalpia d'una reacció?
- Com afecten els canvis de concentració a l'equilibri químic?
- Com es pot mesurar la velocitat de reacció?
- Quin és l'efecte de la concentració dels reactius en la velocitat d'una reacció?
- Com es pot determinar la càrrega d'un ió?

La implementació dels treballs pràctics investigatius a l'aula

Es proposa organitzar els treballs pràctics de tipus investigatiu al voltant de les següents *fases* o *etapes*:

1. La *fase de percepció i d'identificació del problema*, en la qual els estudiants han de comprendre quin és el problema que cal resoldre, conceptualitzar-lo i reformular-lo de forma operativa, per tal de decidir quines variables han de ser investigades. Aquesta fase pot tenir més o menys importància segons s'hagi fet més o menys explícit en l'enunciat les variables que han de ser mesurades.

2. La *fase de planificació*, en què els estudiants han de decidir quin mètode experimental faran servir: quina és la variable dependent?, quina o quines són les variables independents?, com es pot mesurar la variable dependent?, com s'ha de variar i mesurar la variable independent?, quantes mesures convé realitzar? quines variables s'han de controlar?, amb quina precisió s'han de realitzar les mesures?, etc. En aquesta fase els estudiants han de redactar el seu pla de treball, i mostrar-lo i discutir-lo amb el docent abans de portar-lo a la pràctica.
3. La *fase de realització*, que implica el muntatge dels dispositius i instruments que calguin, la realització de l'experiència, la presa de dades i el tractament numèric, gràfic o informàtic d'aquestes.
4. La *fase d'avaluació*, que implica la valoració del resultat o resultats obtinguts, atenent la seva plausibilitat, comparant els resultats propis amb els obtinguts per altres grups i confrontant-los, també, amb la informació obtinguda a través d'altres fonts (llibres, internet, etc.).
5. La *fase de comunicació*, que implica la redacció d'un informe i, sempre que es pugui, la comunicació oral de la investigació realitzada.

Les fases descrites per a les investigacions comporten la programació d'un mínim de dues o tres *sessions de treball* per a la seva realització, segons la complexitat de la investigació proposada.

- Una *primera sessió*, o mitja sessió, segons la complexitat de la investigació, per presentar l'objectiu de la investigació i deixar que els estudiants, treballant en grup o individualment, decideixin quin és el procediment que seguiran i quin material els cal, escriguin el procediment que pensen seguir i el comentin amb el docent. És convenient realitzar una breu posada en comú amb tot el grup-classe abans d'iniciar la investigació. Per aquesta fase és molt recomanable disposar d'ajuts per guiar els estudiants que no són capaços d'arribar a un disseny factible.
- Una *segona sessió*, en el laboratori, per realitzar l'experiència, prendre les dades i iniciar-ne el tractament.
- Una *tercera sessió*, de nou a l'aula, per a la finalització del tractament de les dades, la comparació dels resultats entre els grups i l'avaluació dels resultats. També per a la redacció d'un informe escrit, amb l'ajuda del docent i per a la comunicació oral de la investigació, realitzada per part d'algun dels grups.

El grau d'obertura de les investigacions

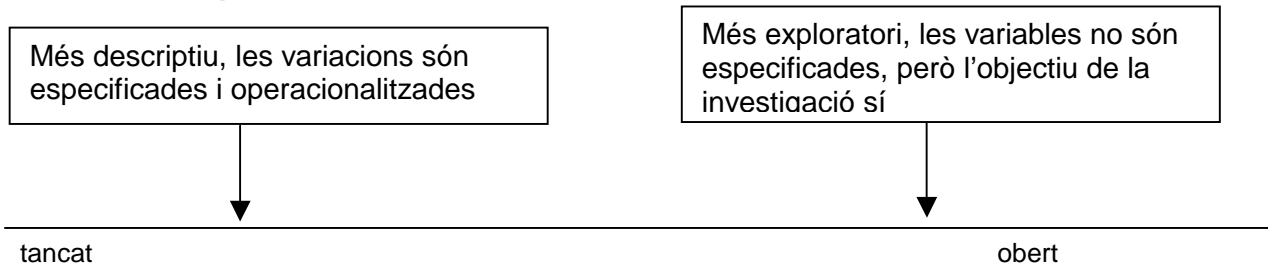
L'obertura de les investigacions pot definir-se en relació amb:

1. La forma en què es defineix el problema, és a dir, la forma en què es presenta l'enunciat de la investigació, segons es facin més o menys explícites les variables significatives que han de ser mesurades.
2. La diversitat de solucions (una única solució, diverses, desconeguda).
3. La diversitat d'estratègies possibles per a la seva solució.
4. El nivell de direcció del docent sobre la investigació i els aspectes que es deixen sota el control dels alumnes.

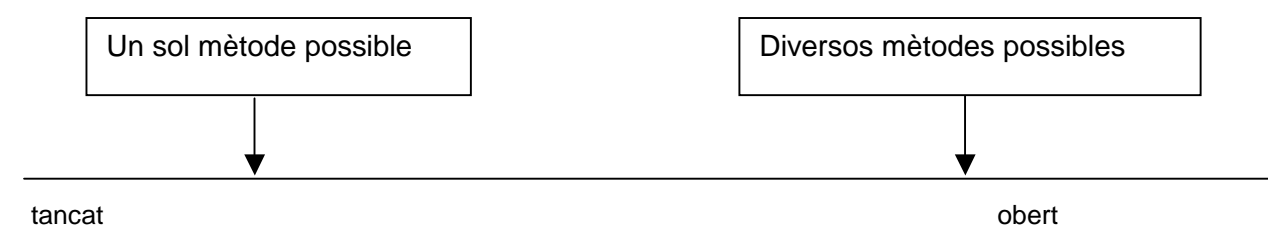
Aquests factors es representen en el quadre següent en forma de quatre *contínua* de obertura en el quadre 1.

Quadre 1. *Contínua* d'obertura de les investigacions

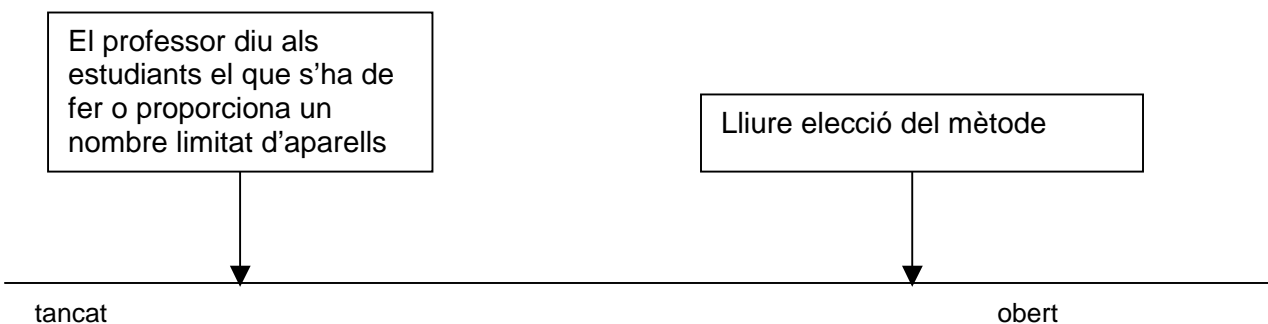
- **Definició del problema**



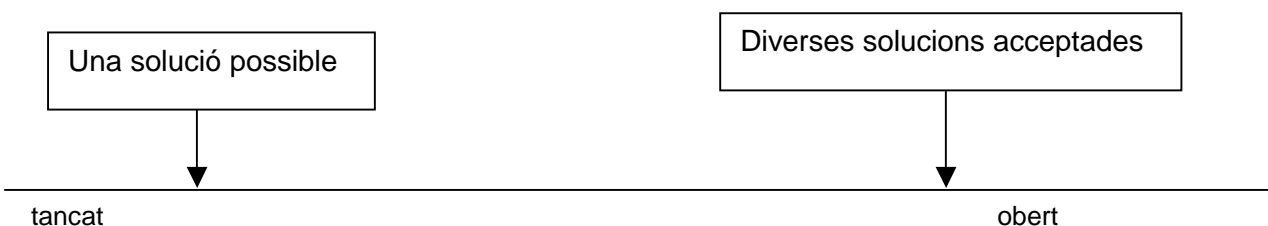
- **Diversitat d'estratègies de resolució**



- **Elecció del mètode**



- **Obtenció d'una solució**



Factors que incideixen en el grau de dificultat de les investigacions

El grau d'obertura d'una investigació incideix en la facilitat o dificultat per portar a terme una investigació. Saber quins són els factors que fan més difícil una investigació és una qüestió important, ja que tenir una resposta a aquesta qüestió significa poder graduar la dificultat de les investigacions que proposem a l'alumnat i, per tant, introduir

una progressió en aquestes activitats. També pot servir per orientar sobre el grau d'ajut que cal donar a l'alumnat.

La *dificultat d'una investigació* depèn de:

- La manera en què s'enuncia el problema que cal resoldre, el qual condiciona el grau d'obertura.
- La naturalesa de la variable dependent (contínua, categòrica).
- El nombre i el tipus de variables independents que hi intervenen, entenent que la dificultat és més gran en el cas de les variables contínues que en les variables categòriques.
- El nombre de variables que cal controlar.
- La complexitat de les mesures i dels instruments de mesura.
- La càrrega conceptual necessària per comprendre i resoldre el problema.
- El context en què es planteja la investigació.

El conjunt de tots aquests factors es recull en el quadre 2.

Quadre 2. Elements de progressió en el nivell de dificultat de les investigacions

Elements de progressió	Naturalesa de la progressió en el nivell de dificultat	
Obertura • definició del problema	més obert	—————▶ més tancat
càrrega conceptual	baixa	—————▶ alta
Variable independent • nombre • tipus	única categòrica	—————▶ diverses —————▶ contínua
Variable dependent • naturalesa	pot ser jutjada sense mesures	—————▶ mesura quantitativa
aparells	senzills	—————▶ complexos
context	context vida quotidiana	—————▶ context laboratori

Finalment, cal tenir en compte que la dificultat de qualsevol investigació pot ser graduada mitjançant l'ajuda prestada en cada moment pel professor o professora, bé sigui oralment o per mitjà de fulls d'ajuda, que donin pistes o suggeriments sobre el procediment que convé seguir.

Com han de ser els guions de les investigacions?

En els guions dels treballs pràctics de caràcter investigatiu cal presentar el problema que s'ha de resoldre i recordar les fases a través de les quals s'ha de procedir sense explicitar del tot el mètode a seguir. Per ajudar els estudiants a trobar un mètode de resolució es poden redactar qüestions que ajudin a establir cada una de les etapes procedimentals que cal dissenyar. Els següents apartats poden ser útils:

1. Objectiu de la investigació (enunciat del problema a resoldre)

2. Introducció (context de la investigació, fonamentació teòrica, hipòtesis que cal formular)
3. Planificació (sèrie de qüestions estructurades que ajudin els estudiants a elaborar el mètode de resolució del problema plantejat, possible suggeriment del material a utilitzar)
4. Realització de la part experimental (recordatori de les mesures a realitzar)
5. Tractament de les dades
6. Resultats
7. Avaluació dels resultats.

En els guions que es presenten en aquest manual hem adoptat graus d'obertura diferents, que es poden modificar mitjançant la informació addicional que s'aporta en la guia per al professorat que acompanya el guió de cada treball pràctic. En qualsevol cas el professorat pot variar aquest grau d'obertura i la dificultat de les investigacions en funció dels criteris establerts en els apartats anteriors.

La investigació didàctica sobre els treballs pràctics

Al llarg d'aquesta última dècada a Catalunya i a la resta d'Espanya, així com en altres països del nostre entorn, s'han realitzat esforços per innovar en l'orientació dels treballs pràctics. Diversos investigadors i professors han aportat noves perspectives, reflexions i propostes sobre el treball pràctic (Qualter et al 1990; Woolnough 1991; González 1992; Albaladejo i Caamaño 1992; Caamaño 1992; Hodson 1994; Perales 1994; Gott i Duggan 1995). El monogràfic sobre treballs pràctics de la revista *Alambique* de 1994 (Caamaño, Carrascosa i Oñorbe (coord.) 1994) va permetre oferir una àmplia panoràmica sobre les activitats experimentals en ciències (Corominas i Lozano 1994; Niedo 1994; Grau 1994; Watson 1994). Posteriorment altres autors han realitzat noves aportacions (Gil i Valdés 1996; Carrascosa 1995; Barberá i San José 1996; Calvet 1997; Pro 1998; Izquierdo, Sanmartí i Espinet 1999; García 2000). El 1999 un nou monogràfic d'*Alambique* va abordar els treballs pràctics investigatius des de la perspectiva del treball científic a l'aula (Jiménez (coord.) 1999). Finalment, el 2002 un monogràfic de la revista *Aula de Innovación educativa* ha permès aportar noves perspectives sobre el treball pràctic al nostre país (Caamaño 2002; Martins 2002; Sanmartí, Márquez i García 2002; Pintó 2002). Els llibres recents de didàctica de les ciències han dedicat capítols específics als treballs pràctics (Sanmartí 2002, Caamaño 2003). És important també ressaltar la recent creació de grups de treball finançats per la Comissió europea com el *Labwork in Science Education* (Seré i altres 2001). D'altra banda han estat moltes les comunicacions presentades sobre treballs pràctics en congressos i jornades sobre didàctica de les ciències que han tingut lloc en els darrers anys.

Referències bibliogràfiques

- ALBALADEJO, C., CAAMAÑO, A. "Los trabajos prácticos". A M.P. Jiménez, C. Albaladejo, A. Caamaño, *Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza. Curso de actualización científica y didáctica*. Madrid: MEC, 1992
- BARBERÁ, O., SANJOSÉ, V. "El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión". *Enseñanza de las Ciencias*. 14, 3, 1996, p. 365-379.
- CAAMAÑO, A., "Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación". *Aula de innovación educativa*, 9, 1992, p.61.
- CAAMAÑO, A., "¿Cómo transformar los trabajos prácticos tradicionales en trabajos prácticos investigativos?", *Aula de innovación educativa*, 113-114, 2002, p.21-26.

- CAAMAÑO, A. "Los trabajos prácticos"; A M.P. Jiménez (coord.), A. Caamaño, A. Oñorbe, E. Pedrinaci, A. Pro, *Enseñar Ciencias*, Barcelona: Graó, 2003.
- CAAMAÑO, A., CARRASCOSA, J., OÑORBE, A. (coord.) "Monografía: Los trabajos prácticos", *Alambique*, 2, 1994.
- CALVET, M. "La comunicación escrita en el trabajo experimental". *Alambique*, 12, 1997, p.63.
- CARRASCOSA, J. "Trabajos prácticos de física y química como problemas". *Alambique*, 5, 1995, p.67.
- COROMINAS, J., LOZANO, T. "Trabajos prácticos para la construcción de conceptos: experiencias y experimentos ilustrativos", *Alambique*, 2, 1994, p. 21.
- GARCÍA, S. "¿Qué hacemos habitualmente en las actividades prácticas? ¿Cómo podemos mejorarlas?"; A M. Sequeira et al (ed.) *Trabalho prático e experimental na educação em ciências*, p.43, Braga: Universidade do Minho, 2000
- GARCÍA-RODEJA, I., LUCAS, A. "Contra las interpretaciones simplistas de los resultados de los experimentos". *Enseñanza de las ciencias*, 8, 1, 1990 p.11.
- GONZÁLEZ, E. M. "¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos?". *Enseñanza de las ciencias*, 10, 2, 1992, p.206.
- GOTT, R., DUGGAN, S., *Investigative work in the science curriculum*. Open University, 1995.
- GIL, D., VALDÉS, P. "La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo". *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 2, 1996, pp.155-163.
- GRAU, R. "¿Qué es lo que hace difícil una investigación?" *Alambique*, 2, 1994, p.27.
- HODSON, D. "Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio". *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 3, 1994, p.299-313.
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N., ESPINET, M. "Fundamentación y diseño de prácticas escolares de Ciencias Experimentales". *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 1, 1999, pp.45-60.
- JIMÉNEZ, M.P. (coord.) "Monografía: El trabajo científico en el aula". *Alambique*, 20, 1999.
- MARTINS, I. "Aprender a llevar a cabo una investigación en los primeros años de escolaridad". *Aula de innovación educativa*, 113-114, 2002, p.14-17.
- NIEDA, J. "Algunas minucias sobre los trabajos prácticos en la enseñanza secundaria", *Alambique*, 2, 1994, p.15.
- PERALES, F. J. "Los trabajos prácticos y la didáctica de las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 1, 1994, p.122.
- PINTÓ, R. "El trabajo experimental con nuevas tecnologías". *Aula de innovación educativa*, 13-114, 2002, p. 33-38.
- QUALTER, A., STRANG, J., SWATTON, P., TAYLOR, R. *Exploration. A way of learning science*. Oxford: Blackwell Education, 1990.
- SANMARTÍ, N. *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria*, p.210. Madrid: Síntesis, 2002.
- SANMARTÍ, N., MÁRQUEZ, C., GARCÍA, P. "Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias". *Aula de innovación educativa*, 113-114, , 2002, p.8-14.
- SERÉ, M.G., WINTHER, J., LE MARÉCHAL, J.F., TIBERGHEN, A. "Le projet européen "Labwork in Science Education". Les travaux pratiques dans l'enseignement des sciences en Europe". *Bulletin de l'Union des Physiciens*. Regards européens, 839, 2001, p. 1727.
- WATSON, R. "Diseño y realización de investigaciones en las clases de ciencias". *Alambique*, 2, 1994, p.57.
- WOOLNOUGH, B.E. *Practical Science*. Buckingham, Open University Press. 1991.