

Una proposta de resolució de problemes de Química de Batxillerat mitjançant treballs pràctics

Climent Frigola Darder

Universitat de Girona

Introducció

Els treballs pràctics són una part fonamental de l'ensenyament de les Ciències Experimentals, en general, i de la Química, en particular. Per una ordre ministerial de 9 de juny de 1989 es van introduir les hores b o desdoblaments, amb l'objectiu principal que els alumnes puguin anar al laboratori en grups reduïts i fer viables aquests treballs. Malgrat això, la realització de pràctiques continua essent, vint anys després, una assignatura pendent, especialment al Batxillerat. Els arguments que donen els professors per explicar aquest fet són diversos, però els principals són la gran extensió dels programes i el fet de treballar amb grups massa nombrosos (Garcia Barrios, et al, 1995; Caballer, M.J. et al. 1995).

En aquests moments, però, s'està desenvolupant el currículum del nou Batxillerat, en el que s'incrementen les hores de les assignatures de modalitat, passant de tres a quatre hores setmanals, fet que ofereix la possibilitat d'augmentar la presència i qualitat dels treballs pràctics.

Hi ha múltiples estudis que proposen transformar els treballs pràctics en investigacions a les classes de Ciències, (Watson, 1994; Carrascosa, 1995, Gil i Valdés, 1996; Martins, 2002; Caamaño, 2002, 2003 i 2005). En aquesta línia, el que planteja aquesta experiència és transformar alguns problemes de llibre i paper, generalment numèrics, com els que es troben en tots els llibres de text, en enunciats de treballs pràctics i, després, realitzar-los en el laboratori. L'objectiu d'aquesta proposta és que els alumnes facin un aprenentatge significatiu dels conceptes i procediments contemplats en el currículum del Batxillerat, que els consolidin i els puguin aplicar a situacions problema. No es pretén que descobreixin els conceptes, (Driver, 1975) ni que aprenguin tècniques de laboratori, (Hodson, D. 1994) sinó que els treballs pràctics els ajudin a entendre i millorar la capacitat de resoldre els problemes de Química, tant en el Batxillerat com de cara a les PAU. Cal pensar que els alumnes estan pendents, moltes vegades obsessionats, amb aquestes proves, per tant, és bo que percebin que els treballs pràctics els són útils pels seus objectius i que no són un més a més.

Amb aquesta metodologia es pretén que no hi hagi una separació tant marcada com la que és habitual entre teoria i pràctica, separació que cada vegada es veu més privada de sentit (Gil, D. et al. 1999). Així, els alumnes parteixen d'un problema com el que es trobaran en un examen típic, contextualitzat a dins de la unitat didàctica. Per tant, es plantegen treballs pràctics per a realitzar en el moment en que es resolen problemes de la unitat didàctica en qüestió, no com a exercicis il·lustratius per a fer al final del tema o en hores de pràctiques descontextualitzades.

Bàsicament es busca que els estudiants puguin imaginar de què els parlen els problemes, ja que és molt habitual que els resolguin mecànicament, com si fos un trencaclosques, sense tenir idea de la situació que descriu l'enunciat, ni a quin procés químic es refereix. Per això pretenem que visualitzin com és en la pràctica allò que descriu l'enunciat del problema. Enunciats que en els llibres de text moltes vegades són críptics o tant mal explicats que es fan difícilment imaginables. Així, volem canviar aquest enunciat per un problema pràctic que tingui sentit per a ells.

Cal pensar que quan els alumnes poden dibuixar el procés químic que està exposat en un problema clàssic de llapis i paper, generalment hi troben solució.

Treballs pràctics com investigacions

Un altre objectiu de la proposta és introduir en el currículum els treballs pràctics del tipus *investigacions*, tal com està contemplat en la normativa actual del Batxillerat.

Els treballs pràctics com investigacions (A. Caamaño, 2004) són activitats enfocades a resoldre un problema pràctic o teòric, mitjançant el disseny i la realització d'un treball experimental i la posterior avaluació dels resultats.

Poden existir investigacions per a resoldre problemes teòrics o per a resoldre problemes pràctics. En el nostre cas, els estudiants han de buscar resposta al problema seguint tots els passos d'una investigació excepte la formulació de la pregunta o problema, és a dir, formular hipòtesis, fer el disseny experimental, realitzar l'experiència al laboratori, recollir les dades i extreure conclusions o deduir-ne el resultat del problema

Altres idees eix

A més de les idees exposades fins aquí, hi ha altres idees marc del projecte:

- Es busca una manera atractiva pels estudiants d'afrontar els problemes, que els permeti de posar en pràctica mètodes més actius i d'interactuar més lliurement amb el professor i amb els companys. (Albadalejo, C. 1992).
- Els treballs pràctics estan pensats per tal que els alumnes no puguin realitzar-los sense saber perquè fan cada operació o sense entendre el que estan fent. Per tant fugen dels protocols tipus "recepta de cuina". (Tamir, P. 1992;...)
- Els treballs pràctics que proposem estan pensats des d'una concepció holística, més que no pas atomística. (Albadalejo i Caamaño, 1992)
- Pretenen posar en evidència les idees prèvies dels alumnes. Tant per fer que ells mateixos en siguin conscients i puguin fer el canvi conceptual, si s'escau; com perquè el professor sàpiga què saben els estudiants i pugui actuar en conseqüència.
- Es fomenta el treball en equip, ja que els treballs pràctics es realitzaran en petit grup, incloent la anàlisi crítica dels resultats. Després es posaran en comú en el gran grup i, a partir d'aquí, es pot reorientar la recerca, reformular els objectius o iniciar un treball nou.
- En aquest projecte es pretén graduar la dificultat de les investigacions, (Grau, R. 1994, Caamaño, A. 2004) especialment jugant amb:
 - La càrrega conceptual.
 - El grau d'obertura de la investigació, (Watson, 1994; Grau, R. 1991; Caamaño, A. 1992).
 - El control de variables

Desenvolupament de l'experiència

Durant el curs 2007-08, es va realitzar una prova pilot amb un grup-classe d'alumnes de Química de 2n de Batxillerat de l'IES de Cassà de la Selva. També van col·laborar en la prova un grup d'alumnes d'una optativa de primer.

Aquesta proposta metodològica es va desenvolupar en una sèrie de fases:

- a. Buscar problemes de llapis i paper que siguin susceptibles de transformar en treballs pràctics.

Primer cal considerar aquelles unitats que estudien conceptes que es poden explorar en el laboratori d'un institut.

Aquesta experiència es va realitzar amb problemes de: estequiometria, gasos, termodinàmica, cinètica, àcids i bases, redox i solubilitat

Els problemes que adaptarem han de reunir una sèrie de requisits:

- Han de fer referència a situacions visualitzables per part dels alumnes.
- Han de descriure reaccions o processos químics realitzables al laboratori de l'IES. (Cal tenir en compte, però, que hi ha la possibilitat alternativa de que els alumnes dissenyin un treball experimental i que el professor els doni uns resultats, en forma de dades numèriques o de gràfiques, amb els quals puguin treballar i extreure conclusions, sense haver realitzat la pràctica)
- La variable o variables a mesurar han de poder ser mesurades satisfactòriament amb els aparells o instruments dels que disposem.
- No han de requerir tècniques molt específiques. És a dir, habilitats que els estudiants no tornessin a utilitzar-les mai més. A ser possible les tècniques haurien de ser conegudes, (hem de pensar que també s'han realitzat altres treballs pràctics del tipus exercicis pràctics) encara que les pot explicar el professor quan els alumnes en vegin la necessitat.

Exemple:

Extret de: Masjuan, M.D. i Dou, J.M. Química 1r Batxillerat. Ed. Casals.


En tirar unes gotes d'àcid clorhídric sobre roca calcària, es desprenen unes bombolles gasoses que són diòxid de carboni. Té lloc la reacció: $\text{CaCO}_3 (s) + 2\text{HCl} (aq) \rightarrow \text{CaCl}_2 (aq) + \text{CO}_2 (g) + \text{H}_2\text{O} (l)$

Quants grams de calcària del 97 % de riquesa en carbonat de calci fan falta per a obtenir 200 cm³ de diòxid de carboni mesurats a 22 °C i 10⁵ Pa?

- b. Transformar l'enunciat en un problema que es pugui resoldre mitjançant un treball pràctic. Per fer aquesta transformació hem de valorar molt bé quina informació hem de donar als estudiants, quins coneixements tenen ells i quines dades o informació podem anar-los donant a mesura que en surti la necessitat.

Un aspecte important a tenir en compte és el grau d'obertura que li volem donar. En l'exemple anterior podríem tenir diferents graus:

Problema transformat:

Menys grau d'obertura  Més grau d'obertura	<p>1.- El carbonat de calci reacciona amb l'àcid clorhídric de la següent manera: $\text{CaCO}_3 (s) + 2\text{HCl} (aq) \rightarrow \text{CaCl}_2 (aq) + \text{CO}_2 (g) + \text{H}_2\text{O} (l)$ Tenim una mostra de carbonat de calci que no té una puresa del 100%. Esbrineu experimentalment el grau de puresa.</p> <p>2.- El carbonat de calci reacciona amb els àcids desprenent diòxid de carboni. Tenim una mostra de carbonat de calci que no té una puresa del 100%. Esbrineu experimentalment el grau de puresa.</p> <p>3.- Tenim una mostra de carbonat de calci que no té una puresa del 100%. Esbrineu experimentalment el grau de puresa.</p>
---	---

Les advertències i informacions sobre seguretat al laboratori es poden donar en aquest punt del treball pràctic o durant el procés en el qual els alumnes fan el disseny experimental. També s'han de donar les normes sobre l'eliminació de residus, si en l'experiència se n'han de produir de nocius o perillosos.

Els estudiants, en rebre l'enunciat del problema a investigar, han de copsar clarament quin és l'objectiu i han de conceptualitzar-lo a partir dels coneixements teòrics previs i de les experiències anteriors; si no és així no podran passar al següent pas del treball pràctic.

c. Disseny experimental

Aquesta és la fase fonamental per tal que els alumnes entenguin realment el que després faran a nivell pràctic i sàpiguen en tot moment quin és l'objectiu del treball.

Creiem que el millor sistema és que els estudiants treballin en grups de 2 o 3 persones. Aquests grups faran el disseny de forma independent, essent molt important que cada un arribi a alguna proposta sense saber el que estan dissenyant els altres. La posada en comú i la discussió es farà més tard. Cal que decideixin una sèrie de qüestions:

- Les variables que han d'investigar.
- Com es poden mesurar les variables, tant en el que respecte als aparells o utensilis de laboratori com en quant al nombre de mesures a prendre.
- Quines variables s'han de fixar.
- Mètode experimental.
- Reactius i utilitatge de laboratori.
- Concentració, quantitat,... de les substàncies.
- Mesures de seguretat.
- Temporització.

Si es vol disminuir el grau de dificultat, es pot donar als alumnes una llista de material o indicar algun utensili, muntatge o aparell que els pot ser útil per al treball pràctic, fins i tot es pot donar el protocol d'alguna tècnica de laboratori, si els alumnes no la coneixen. Alguns dels errors més freqüents dels estudiants són derivats de voler fer la planificació massa ràpid, per això és fonamental demanar-los que escriguin el procediment de forma detallada.

Error d'aquest tipus són: Es salten passos (els estudiants solen dir que ja es sobreentenen), no diuen el material que utilitzen (per exemple per a mesurar un volum), no indiquen la concentració de les dissolucions, no especifiquen el volum de reactiu que cal afegir,...

Un aspecte important a destacar és la necessitat que visualitzin el punt de partida del treball pràctic.

En el cas de l'exemple anterior seria la mostra de carbonat de calci. Així, en aquest cas concret, si prenem com a mostra roca calcària, podem tenir problemes amb els resultats ja que la puresa és bastant elevada. Això pot comportar que surti més del 100%, creant confusió en els estudiants i allargant innecessàriament la pràctica. Una alternativa millor és una mescla de carbonat de calci anhidre i sorra rentada.

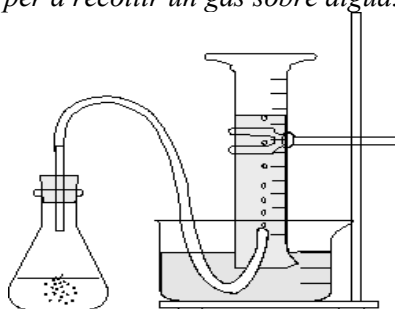
De forma general és millor treballar amb problemes en els que la precisió dels resultats numèrics no sigui l'objectiu fonamental. Per exemple, si volem determinar la massa atòmica del zinc, és fonamental la precisió del resultat, en canvi si volem determinar el % de zinc que hi ha en una mescla, no té importància que el resultat difereixi del valor real.

d. Discussió del disseny

Una vegada els alumnes han escrit els esborrany del disseny, cal exposar-los i discutir-los en gran grup.

El professor ha d'anar conduint la discussió, aclarint els dubtes que es presentin i vigilat els conceptes erronis que puguin posar-se de manifest. A vegades caldrà donar informació addicional. Per exemple, en el cas que hem usat com a il·lustració, podríem haver de donar dades com ara:

- L'HCl és un gas a temperatura ambient, per tant, les dissolucions aquoses d'aquest s'evaporen sense deixar residu.
- El CaCl_2 és una substància higroscòpica.
- Explicar el procediment per a recollir un gas sobre aigua.



En aquest exemple concret, els estudiants podrien proposar diferents dissenys experimentals. En recollim tres, (de manera molt abreujada) plantejats pels alumnes de Batxillerat de l'IES de Cassà:

- 1.- Es pesa certa quantitat de la mostra a analitzar i s'hi va tirant $\text{HCl}_{(aq)}$ fins que ja no hi ha efervescència. Es filtra la dissolució obtinguda, s'evapora i es pesa el residu. A partir de la massa de CaCl_2 podrem saber la puresa del CaCO_3 .
- 2.- Es fa reaccionar la mostra del carbonat amb la dissolució d'àcid i es recull el CO_2 format sobre aigua. A partir del volum de gas recollit, es pot calcular la massa de CaCO_3 en la mostra inicial.
- 3.- Es pesen conjuntament la mostra de carbonat i la dissolució d'HCl, es fan reaccionar i es torna a pesar. La diferència és la massa de CO_2 format. Amb aquesta dada es calcula la puresa del carbonat.

Com es dedueix l'exemple anterior, en dissenyar el procediment experimental cal moltes vegades determinar les quantitats amb les que s'ha de treballar, les concentracions, la temperatura, el nombre de mostres, etc. Depenent del grau de dificultat que es vol donar a la investigació i del temps que s'hi pot dedicar, aquests aspectes els poden determinar els alumnes, fent uns càlculs hipotètics, o bé el professor.

Una vegada discutit en gran grup, acordat el procediment a seguir i clarificat el disseny experimental, cal que els estudiants ho escriguin en l'informe "en net".

e. Realització de l'experiència.

En aquesta fase, pot ser que no tots els grups d'estudiants segueixin el mateix procediment experimental.

El professor ha de supervisar el treball dels alumnes i ajudar-los si apareixen complicacions. Algunes tasques que cal realitzar són: facilitar el material o l'accés al tractament informàtic de la experiència, donar el vist i plau als muntatges més complexos, estar atent a aspectes de seguretat, assegurar-se que es prenen les dades que calen, etc. En principi no és probable que hagi de posar ordre ni estar pendent del comportament dels alumnes, però aquesta tasca no es pot descartar.

f. Anàlisi dels resultats

Entren en aquesta fase diferents aspectes o tasques. Cal tenir present que no sempre s'han de realitzar totes.

- Posada en comú dels resultats i comparació entre els diferents grups.
- Valoració de la validesa dels resultats, tant des del punt de vista lògic i d'acord amb els nostres coneixements químics del fenomen a estudiar; com comparant-los, si escau, amb la bibliografia.
- Veure la necessitat o possibilitat de millorar el disseny experimental.
- Anàlisi de les fonts d'error o d'imprecisió. Poden ser degudes al mètode o a la precisió dels aparells.

En el cas de l'exemple anterior podríem esmentar, a tall d'exemple:

Mètode 1)

- *En filtrar la dissolució de clorur de calci queda el paper de filtre empapat i reté una part del clorur.*

Mètode 2)

- *Es tarda un temps en tirar l'àcid clorhídric i tapar l'erenmeyer, amb la qual cosa es perd una part del diòxid de carboni que es forma en la reacció.*

Mètode 3)

- *En el procés s'evapora o s'arrossega aigua en efectuar-se l'efervescència.*

g. Presentació dels resultats

Com a punt final cal fer un informe del treball pràctic. No demanarem sempre un informe exhaustiu, ja que volem intercalar la pràctica dins de la unitat didàctica i en el punt en que plantegem aquests problemes. Per tant, no demanarem que l'alumnat incloguin sempre en l'informe tots els apartats que hem vist abans. En canvi donarem molta importància a que els alumnes tinguin sempre els apunts al dia i disponibles per a preparar els exàmens.

Conclusions

La prova pilot es va avaluar en base a:

- Qualificacions dels estudiants a Batxillerat i les PAU. Comparativa amb anys anteriors.
- Enquesta oberta a l'alumnat.
- Observació del professor durant el desenvolupament de les classes.

D'aquesta avaluació es dedueix que l'experiència ha estat molt motivadora per a l'alumnat i que els treballs pràctics han ajudat a fer un aprenentatge significatiu dels conceptes de Química. Al mateix temps, els resultats acadèmics han estat satisfactoris.

També cal valorar que aquesta proposta apropa els treballs pràctics a allò que contempla el nou currículum del Batxillerat. A més, els treballs pràctics plantejats coma investigacions tenen moltes característiques coincidents amb les d'un currículum ambientatitzat. Un altre objectiu que és desitjable assolir.

Entre els punts febles cal destacar que és poc operatiu en grups molt nombrosos i que requereix més hores que altres metodologies més tradicionals.

Finalment, s'ha considerat que la manera com ensenyen els professors en el Batxillerat està fortament condicionada pel fet que la majoria d'estudiants es presenten a les PAU i, en conseqüència, pel tipus de qüestions d'aquests exàmens. Actualment en aquestes proves es dona una importància mínima als treballs pràctics. Havent, fins i tot, disminuït en els darrers anys. Ara bé, hem de suposar que les PAU s'adaptaran al currículum del nou Batxillerat i es donarà més importància a l'experimentació. En tot cas, el tipus de treballs pràctics que es proposen té com objectiu principal ajudar a l'alumnat a consolidar els conceptes de Química i a millorar la seva

competència en la resolució de problemes d'aquesta matèria en general, tant si responen a un treball experimental, com si són problemes típics de llapis i paper.

Bibliografia

ALBADALEJO, C. CAAMAÑO, A. i GIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza. Ministerio de Educación y Ciencia. 1992.

CAAMAÑO, A. Los trabajos prácticos en Ciencias Experimentales. Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación. Aula. 1992. 9, 61-68.

CAAMAÑO, A. ¿Como transformar los trabajos prácticos tradicionales en trabajos prácticos investigativos? Aula de innovación educativa. 2002. 113, 21-26.

CAAMAÑO, A. Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos? Alambique. 2004, 39, 8 -19.

CAAMAÑO, A. Trabajos prácticos investigativos en Química en relación con el modelo atómico molecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre profesor y estudiantes. Educación química. 2005.16 (1) , 10-19.

CABALLER, M.J. i GIMÉNEZ GARRIDO, I. Cambiando de método. Alambique. 1995. 3, 102-107.

CARRASCOSA, J. Trabajos prácticos de Física y Química como problemas. Alambique. 1995. 5, 67-77.

GARCIA BARRIOS, S. et al. El trabajo práctico. Una intervención para la formación de profesores. Enseñanza de las Ciencias. 1995, 13 (2), 203-209.

GIL, D. et al. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? Enseñanza de las Ciencias, 1999, 17 (2) 311-320.

GRAU, R. ¿Qué es lo que hace difícil una investigación?. Alambique. 1994. 2, 27-35

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. Enseñanza de las Ciencias. 1994. 12 (3), 299-313.

PARAIRA, M. Guia general de prácticas de Química. Hora S.A. Barcelona. 1981.

SERRAT, J. Tècniques de laboratori de Química. Dossier de la 15a Escola d'Estiu. Girona. 1987.

TAMIR, P i GARCIA ROVIRA, M.P. Características de los ejercicios prácticos de laboratorio incluidos en los libros de texto de Ciencias utilizados en Catalunya. Enseñanza de las Ciencias. 1992. 10 (1), 3-12.

<http://www.xtec.cat/cedect/recursos/practcq.htm>