

APLICACIÓ D'UN TREBALL COOPERATIU EN UNA EXPERIÈNCIA DE LABORATORI DEL GRAU DE QUÍMICA

Josep Duran i Carpintero
Universitat de Girona
josep.duran@udg.edu

Maria Isabel Romero
Garcia
Universitat de Girona
marisa.romero@udg.edu

Xavier Ribas Salamaña
Universitat de Girona
xavi.ribas@udg.edu

Alfons Polo Ortiz
Universitat de Girona
alfons.polo@udg.edu

Josep Anton Vieta Corcoy
Universitat de Girona
pepquimic@gmail.com

Resum

El projecte que es presenta consisteix en la modificació d'una assignatura pràctica de laboratori de cares a ser implementada en el grau en química. S'ha incidit en els continguts de l'assignatura, per adaptar-los a la nova estructura de l'EEES i també en els mètodes d'avaluació. El nostre equip ha treballat en activitats que faciliten l'aprenentatge individual per part de l'alumne. Especialment, s'ha dissenyat i s'ha realitzat una experiència que combina el treball cooperatiu i l'aprenentatge basat en problemes.

Abstract

The presented project has involved the modification of a lab course in the degree in chemistry. It has affected the contents of the course, to adapt them to the new structure of European Higher Education Area, and also assessment methods. Our team has worked in activities that facilitate individual learning by students. Specifically, it has been designed and carried out an experience that combines cooperative work and problem-based learning.

Text de la comunicació

1.- INTRODUCCIÓ

El projecte que es presenta ha modificat els continguts, procediments, competències i avaluació de l'assignatura Experimentació Química II. Es tracta d'una assignatura de tipus sintètic que es cursa l'últim any de la llicenciatura de química i és, per tant, una de les darreres assignatures pràctiques que els alumnes realitzen abans d'incorporar-se al món professional. En aquest nivell els alumnes han de ser capaços d'aplicar els coneixements teòrics que han anat adquirint al llarg de la llicenciatura, així com els coneixements i habilitats pràctiques que demostren el grau de maduresa assolit.

L'any 2005, un projecte va permetre introduir canvis a una assignatura sintètica de segon curs de la llicenciatura en química Introducció a l'Experimentació en Síntesi Química (IESQ). L'experiència en aquest treball previ ha permès assolir els objectius de forma ràpida. Els resultats del projecte esmentat han estat altament satisfactoris. L'adaptació de l'assignatura a l'EEES no ha estat gens traumàtica, i el treball dut a

terme va ser reconegut per la comunitat docent amb la seva publicació en el llibre Aproximació a l'Espai Europeu d'Educació Superior des de les aules [1]. A més, el treball d'adaptació de l'assignatura d'Introducció a l'Experimentació en Síntesi Química ha donat lloc a diferents publicacions i ha estat presentat en diferents congressos de docència universitària, tant nacionals com internacionals [2].

2.- OBJECTIUS

L'assignatura estava constituïda per un conjunt de pràctiques experimentals que l'alumne havia de desenvolupar amb el seguiment del professor. D'acord amb la concepció formativa de l'EEES basada en el desenvolupament curricular a partir de competències, varem creure convenient introduir noves activitats d'aprenentatge i d'avaluació, amb la finalitat de contribuir a millorar la formació de l'estudiant. Per primer cop en aquesta assignatura es proposa un exercici de treball cooperatiu per motivar un aprenentatge gestionat pel propi alumne.

3.- DESENVOLUPAMENT

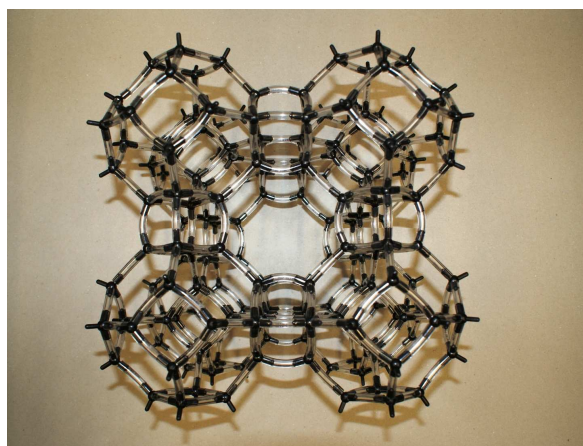
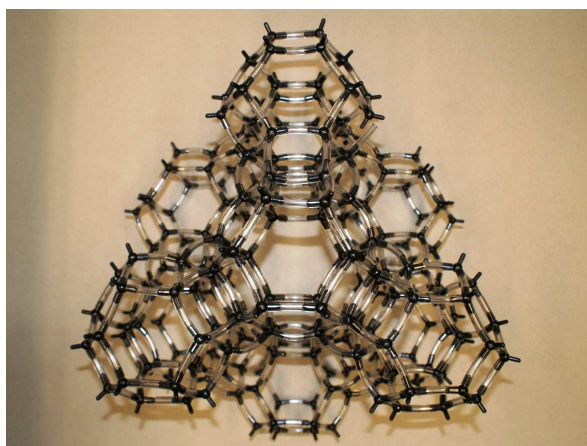
L'assignatura s'ha vist modificada per l'adaptació d'experiències existents i per la incorporació de noves síntesis, que són:

a.- preparació del bromur de fenilmagnesi i posterior utilització d'aquest per a la síntesi de trifenilfosfina. Interessant experiència de síntesi d'un magnesià (reactiu de Grignard) Atesa la seva reactivitat, la seva síntesi correcta és una prova de destresa.

b.- síntesi, estudi i caracterització de sòlids inorgànics. tècnica dels raigs x, que conté:

- preparació d'una zeolita sintètica i estudi de les seves propietats.
- estudi de les propietats d'una *zeolita a* obtinguda a partir d'un detergent comercial.
- tècnica de la difracció de raigs x i les zeolites.
- síntesi de la magnetita i d'un ferrofluid.

Aquesta síntesi és la primera relacionada amb ciència dels materials que es realitza a la nostra facultat. Els continguts i les competències adquirides amb aquesta síntesi la fa molt interessant i atractiva per als alumnes.



Models de la zeolita x sintetitzada al laboratori (esquerra), i de la zeolita a obtinguda a partir d'un detergent comercial (dreta).

3.1.- El nou sistema d'avaluació

Des del curs passat l'assignatura s'imparteix des del Pla Pilot que correspon al nou Sistema d'Ensenyament Superior dins del programa de Convergència Europea. Aquest fet comportà els canvis més significatius en aquesta assignatura en què s'incorporen nous mètodes per avaluar els aprenentatges. En l'actualitat s'utilitzen quatre instruments d'avaluació, cadascun amb tècniques diferents:

- Treball previ que realitza l'alumne: preparació de l'experiència sintètica
- Qualitat en el treball desenvolupat al laboratori
- Prova de coneixements teòrics
- Capacitació per organitzar i realitzar una síntesi

Per avaluar el treball previ que ha efectuat l'alumne, es realitza una prova escrita en iniciar la sessió de laboratori. Aquestes proves, anomenades *pre-lab*, són de curta durada (uns quinze minuts) i tenen un doble objectiu. Principalment, exigeixen que l'alumne s'hagi de preparar l'experiència abans de realitzar-la. Amb aquest treball previ, desenvolupen la síntesi de forma més ordenada i pautaada, reflexionant i raonant cada etapa sintètica. Tanmateix, aquestes proves escrites, com la resta d'instruments d'avaluació, contribueixen en un 25 % a l'avaluació final.

La qualitat en el treball s'avalua segons els rendiments i propietats dels productes sintetitzats. Es valora la qualitat mitjançant mètodes físics i químics: valoració, caracterització per raig x, infraroig, ultraviolat,...

En acabar el curs els alumnes realitzen una darrera prova de coneixements teòrics. Abans, però, han dissenyat i realitzat una síntesi. Aquest exercici és el més rellevant de la present comunicació.

Dels nous mètodes exposats per avaluar els aprenentatges, estem especialment satisfets d'una activitat que combina l'aprenentatge basat en projectes (PBL) [3] amb un treball d'aprenentatge cooperatiu [4]. Consisteix en què es proposa als alumnes la formació de grups de quatre persones, i cada grup ha de preparar la síntesi d'un producte químic que ells escullin. Aquest exercici inclou el disseny de la síntesi del producte, portar-la a terme i fer l'informe de l'experiment. La primera part de l'exercici consisteix en fer una recerca bibliogràfica, consultant les fonts habituals, com ara revistes especialitzades, llibres o internet. Aquesta part es realitza en grup i els alumnes han de desenvolupar la interacció positiva cara a cara, les habilitats personals i de grup i el *group processing*. De forma individual o en grup han de descobrir l'entorn del laboratori, han de prendre consciència dels perills que suposa l'activitat en un laboratori químic i han de preparar l'experiment de síntesi química, el que inclou proposar els reactius i material necessaris, fer càlculs matemàtics i elaborar l'esquema sintètic. La interdependència positiva es desenvolupa al llarg de tot aquest procés: la tasca es pot fer de manera individual, però resulta més complicada. Es pot donar el cas que cada alumne proposi una experiència al grup, però la proposta final la fa el grup. El procés de recerca i proposta de l'experiència conclou amb la interacció amb el professor, qui valora l'interès i la dificultat de la síntesi i n'informa als alumnes. Aquesta trobada és molt enriquidora per a ambdues parts. Els alumnes normalment estan molt motivats i alhora expectants de les valoracions del professor. Tots els comentaris,

suggeriments i consells són acceptats per ambdues parts i s'estableix una relació docent-discent molt propera i col·laborativa.

La segona part de l'exercici consisteix en dur a la pràctica l'experiment que han preparat. En aquesta part es desenvolupa l'exigibilitat personal, ja que tots els membres del grup han de realitzar, de forma individual, la síntesi del producte i l'informe corresponent. Els alumnes comparen el que havien previst que passaria i el que passa en realitat, apliquen el mètode científic per treure conclusions respecte l'experiment que han preparat i proposen solucions als possibles problemes o dificultats (si s'escau). Finalment, i de forma individual, els alumnes redacten i presenten l'informe de l'experiència seguint el model de la seva llibreta de laboratori. L'exercici conclou amb un seminari en què es comenta l'exercici.

3.2.- Disseny de l'experiència sintètica

Tema: Disseny d'un experiment de síntesi química

Objectius formatius: Dissenyar la síntesi d'un producte químic, realitzar-la i fer l'informe de l'experiment.

Mida dels grups: 4 alumnes

Materials: Es facilita bibliografia.

Tasca del grup: El grup disposa de 10 dies per presentar una proposta de síntesi d'un producte químic. El grup també ha de preparar la síntesi que es durà a terme de forma individual. També de forma individual, han de presentar un informe de l'experiència.

La proposta s'ha d'adaptar al nivell i ha de contenir alguna de les tècniques utilitzades habitualment al laboratori sintètic.

Objectius que es pretenen assolir a través de l'experiència

- Fer una recerca bibliogràfica, consultant les fonts habituals, com ara revistes especialitzades, llibres o internet.
- Preparar un experiment de síntesi química: proposar els reactius i material necessaris.
- Dur a la pràctica l'experiment que han preparat.
- Objectius generals de l'assignatura (pràctica i de laboratori).
- Comparació entre el que havien previst que passaria i el que passa en realitat.
- Aplicació del mètode científic per treure conclusions respecte l'experiment que han preparat.
- Proposta de solucions als possibles problemes o dificultats (si s'escau).
- Objectius propis de l'aprenentatge cooperatiu.

Temes o continguts que s'ensenyen

Recerca bibliogràfica. Algunes referències poden estar en altres idiomes, majoritàriament en anglès.

Els continguts no divergeixen dels generals de l'assignatura. Segons la proposta, pot ser que treballin sobre algun element de la taula periòdica que no s'hagi utilitzat en els experiments anteriors. Tanmateix, existeix la possibilitat que utilitzin tècniques, materials, reactius o equipaments que siguin nous per a l'alumne.

Metodologia emprada i activitats desenvolupades

El primer dia de classe de laboratori es proposa als alumnes que al final del període realitzin la síntesi d'un producte químic que ells han d'escollir.

Aquest és un cas que es trobaran a la vida real, amb la diferència que són ells qui proposen el producte a sintetitzar.

La preparació forma part de les activitats no presencials, amb l'excepció de la presentació de propostes al professor, que es realitza en horari lectiu.

Es deixa un marge de temps, perquè cada grup presenti un mínim de dues propostes de síntesi. Havent consensuat cada grup dues propostes, aquestes es discuteixen amb el professor. Aquesta sessió té diverses funcions.

Per al professor:

- Fer el seguiment de la feina.
- Comprovar que el nivell és adequat.
- Decidir si la síntesi és o no factible segons l'equipament i el temps

Per als alumnes:

- comprovar si desenvolupen correctament la seva tasca.
- veure quines són les dificultats que determinades síntesis poden comportar.

Si d'aquesta primera sessió en surten propostes possibles i interessants, els alumnes poden començar a treballar en la preparació de la síntesi pròpiament dita. Si no és així, els alumnes tenen encara temps de fer una segona proposta, probablement correcta ja que de la primera sessió es desprèn un intercanvi d'informació molt valuós, sobretot pel que fa referència al nivell i al material disponible.

La preparació de les síntesis inclou el material de vidre (normalment és el que ja disposen i no els en cal de nou) i els reactius. En aquest cas, és possible que hagin de preparar alguna dissolució, assecat reactius...

La preparació culmina amb la síntesi que tindrà lloc el darrer dia. Com que les experiències són individuals, cada alumne ha de demostrar que coneix el procediment sintètic, així com les tècniques que se'n deriven.

El professor avalua, com en la resta de les experiències, la qualitat en el treball de l'alumne. També es demana que al final lliurin un informe de la síntesi.

Finalment, quan la síntesi ha acabat, es proposa un reflexió en grup sobre el treball realitzat.

criteris d'avaluació

Respecte la proposta en primera opció

S'adequa al nivell del curs	No s'adequa al nivell	
Tots els reactius estan disponibles	No es disposa d'algun reactiu	
Tots el material està disponible	No es disposa d'algun material	
Tots els equips estan disponibles	No es disposa d'algun equip	

Qualsevol resposta a la columna de la dreta invalida la proposta per la seva inviabilitat. Superada aquesta primera fase, es pondera la proposta segons el varem següent:

Bibliografia: Llibret d'una altra universitat (1) Adaptació d'un article (3)	
Originalitat o interès del producte sintetitzat (de 0 a 2)	
Interès de les tècniques (de 0 a 3)	
Interès de les experiències complementàries (de 0 a 2)	
TOTAL	

El resultat d'aquesta taula és important per la nota final de l'experiència. El valor del total representa el nivell de dificultat i d'adaptació a l'assignatura. Aquest valor és el màxim sobre el que es puntuarà l'experiència.

Respecte el desenvolupament de l'experiència (75% del valor global)

Es valorarà que l'alumne:

- Dugui l'experiència preparada: esquema, reaccions, reactiu limitant...
- Desenvolupi la reacció de forma ordenada i seguint les normes de seguretat.
- Manipuli correctament els reactius.
- Apliqui correctament les tècniques.
- Assoleixi l'objectiu final que és la síntesi del producte, amb rendiment i puresa correctes.

Respecte l'informe (25 % del valor global)

Es valorarà que:

Estigui correctament presentat

Contingui:

- la reacció igualada, amb els càlculs corresponents,
- l' esquema de la síntesi
- comentaris.
- experiències complementàries: reaccions i comentaris.

Rols: No s'estableixen rols en aquest exercici

Interdependència positiva: La tasca es pot fer de manera individual, però resulta més complicada. Es pot donar el cas que cada alumne proposi una experiència al grup, però la proposta final la fa el grup.

Exigibilitat individual: Tots els membres del grup han de realitzar, de forma individual, la síntesi del producte i l'informe corresponent.

Reflexió sobre el treball en grup: Quan els alumnes presenten les propostes, es parla del funcionament del grup i dels avantatges o inconvenients del treball en grup.

3.3.- Valoració de l'experiència

Els canvis proposats en el guió de l'assignatura són valorats positivament, malgrat que després de les primeres sessions s'han hagut d'aplicar alguns canvis. Aquests canvis han afectat el temps d'execució d'algunes síntesis. Per exemple, els primers grups necessitaven més temps del disponible per a la síntesi del magnesià. Als altres grups, més experimentats, ja no els calia. El fet d'introduir una síntesi que es combina amb la realització de raigs-X ha engrescat els alumnes, que només veien aquesta tècnica espectroscòpica a les assignatures teòriques. També els ha agradat el fet d'utilitzar una tècnica de purificació desconeguda per a ells com és la sublimació

Respecte l'exercici de treball cooperatiu, la percepció dels professors que impartim aquesta assignatura és que aquest exercici motiva els alumnes. Han proposat la síntesi de més d'un producte, malgrat que això els ha generat més feina. Les descripcions han estat ben fetes i s'han rebutjat poques propostes fetes pels alumnes. Durant la realització de l'exercici estan molt pendents i concentrats i han obtingut bons resultats sintètics. Els informes són impecables i tot això es reflecteix en les qualificacions.

Entre les valoracions positives podem esmentar:

- Sensació d'experiment real
- Incertesa del resultat final
- Proximitat del professor
- El treball en grup els permet interactuar amb els companys
- Satisfacció dels resultats obtinguts
- S'adonen que adquireixen nous coneixements i noves habilitats
- Se senten motivats

Aspectes a millorar:

- Poc marge de maniobra (en temps) per adquirir nou material o reactius per a les síntesis proposades
- Casos puntuals de manca d'interdependència positiva

Conclusions

Es presenten els resultats d'un projecte que ha incidit en la millora d'una assignatura pràctica de laboratori de darrer curs del grau de química. S'han modificat les experiències pràctiques existents i se n'han afegit de noves, amb la intenció de potenciar nous conceptes i noves competències. S'han incorporat més criteris d'avaluació i una nova activitat d'aprenentatge basat en problemes i de treball cooperatiu. L'experiència ha estat valorada com a positiva tant per alumnes com professors, ja que entenen que és un exercici molt semblant a la realitat. Molt probablement en el món laboral hauran de resoldre situacions similars. La incertesa de no saber amb què es trobaran durant l'experiència al laboratori es veu normalment compensada pels bons resultats que obtenen, ja que veuen que són capaços de resoldre de forma satisfactòria l'exercici, des de la idea fins al producte final. Els bons resultats es tradueixen en bones qualificacions a les avaluacions.

El curs passat va ser el primer cop que es van posar en funcionament la nova assignatura. En aquest curs s'h dut a terme la segona prova pilot, i val a dir que professors i alumnes es mostren satisfets amb l'evolució de l'assignatura.

Bibliografia

- [1] Duran, J. (2007). Noves metodologies per a l'avaluació dels aprenentatges en l'assignatura d'Introducció a l'Experimentació en Síntesi Química. Aproximació a l'Espai Europeu d'Educació Superior des de les aules. Universitat de Girona,. ISBN 978-84-8458-295-5
- [2] Dalmau, J. Serra, J., Miró, J., Duran, J. (2003). Recuperació per mètodes electroquímics del plom utilitzat en experiències sintètiques. Scientia Gerundensis, 26, 103-107
Dalmau, J., Miró, J., Duran, J. (2005). Recuperació per mètodes electroquímics del plom utilitzat en experiències d'introducció a l'esperimentació en síntesi química. Segona jornada sobre didàctica i organització d'assignatures basades en l'experimentació. Barcelona.
Duran, J., Ribera, J., Dalmau, J. (2006). Noves eines d'aprenentatge en l'assignatura d'IESQ. 4t congrés Internacional Docència Universitària i Innovació. Barcelona.
- [3] Woods, D.R. (1994). *Problem-based Learning: How to Gain the Most from PBL*. Ontario, USA. Donald R. Woods, Mc. Master University.

- [4] Johnson, D.W., Johnson, R.T., Smith, K.A. (1991). *Cooperative learning: Increasing College Faculty Instructional Productivity*. Washington D.C., USA. ASHE-ERIC Higher Education Report No. 4 George Washington University.

Qüestions i/o consideracions per al debat

Hem descartat la llibreta de laboratori com un element a avaluar. Fa uns anys era una de les eines bàsiques per qualificar el treball de l'alumne, però hi havíem trobat certes limitacions, com ara que es copiaven les de cursos passats, que escrivien en papers i després les passaven a net, etc. Tot i que segueixen fent la llibreta perquè és molt important que la sàpiguen fer, no s'avalua.

Hem mantingut, en canvi, una prova final de coneixements teòrics. Alguns professors pensem que aquesta prova és innecessària tenint en compte que les preguntes *pre-lab* ja avaluen aquests coneixements. Segueix essent necessari un examen *final* de síntesi dels coneixements?

Amb el grau, hi ha menys temps presencial al laboratori. La química és una ciència experimental, i cal que els alumnes surtin ben preparats en coneixements però també en destreses. Es notarà aquest canvi en la formació dels nostres alumnes?

L'assignatura s'imparteix en el darrer curs de la llicenciatura (properament el grau) i els grups els fan els alumnes. Amb tot, els grups-classe no són escollits pels alumnes, sinó que són triats pels coordinadors. No considerem necessari que els grups els esculli el professor.