



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

NOU MATERIAL AUDIOVISUAL PER L'APRENENTGE EN L'ÀMBIT DE LA QUÍMICA ANALÍTICA

- Tarancón Sanz, Alex¹
alex.tarancon@ub.edu
- Fuguet Jordà, Elisabet¹
elifuguetj@ub.edu
- Giménez López, Estela¹
estelagimenez@ub.edu
- Jaumot Soler, Joaquim²
joaquim.jaumot@idaea.csic.es
- Núñez Burcio, Oscar¹
oscar.nunez@ub.edu
- Serrano Plana, Núria¹
nuria.serrano@ub.edu

(1) Universitat de Barcelona
Facultat de Química
c. Martí i Franquès, 1-11. 08028 Barcelona, Espanya

(2) Consell Superior d'Investigacions Científiques
Institut de Diagnosi Ambientals i Estudis de l'Aigua
c. Jordi Girona 18-26. 08034 Barcelona, Espanya

1. **RESUM:** S'ha desenvolupat una metodologia d'aprenentatge basada en l'ús d'unitats didàctiques digitalitzades per l'assignatura Química Analítica. Les unitats mostren la resolució d'un determinat desenvolupament matemàtic de forma manuscrita i amb veu, de manera anàloga a com ho fa el professor a la pissarra. Les unitats s'han aplicat emprant diferents metodologies obtenint-se resultats satisfactoris tant pel que fa al nombre de visualitzacions com al grau de satisfacció per part d'estudiants i professorat.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

2. **ABSTRACT:** A new teaching methodology based on the use of digitalized didactic units has been developed for the subject “Analytical Chemistry”. The units show the resolution of a mathematical development written by hand and with voice in a similar way to which is done on the blackboard by the teacher. The units have been applied by using different methodologies with satisfactory results with regard the number of visualizations and satisfaction expressed by students and teachers.
3. **PARAULES CLAU:** Química Analítica, desenvolupaments matemàtics, problemes numèrics, unitats didàctiques digitalitzades, metodologia docent. / **KEYWORDS:** Analytical Chemistry, mathematical developments, numerical problems, digitalized didactic units, teaching methodology.

4. DESENVOLUPAMENT:

a) Introducció i Objectius

La Química Analítica dels Graus de Química (obligatòria de primer semestre del segon curs) i de Farmàcia (bàsica de segon semestre del primer curs) és una assignatura en la que es tracten els conceptes teòrics relacionats amb l'anàlisi química i el procés analític a un nivell bàsic. En aquesta assignatura es realitzen desenvolupaments matemàtics pel càlcul de les propietats de les solucions i de la concentració de les diverses espècies presents, així com la resolució numèrica de problemes d'anàlisi químic emprant mètodes clàssics d'anàlisi.

Per tant, es tracta d'una assignatura que presenta una càrrega important de resolució numèrica de problemes i de càlcul simbòlic i/o numèric. Els desenvolupaments matemàtics simbòlics són necessaris per definir les expressions generals que ens permeten calcular certes propietats químiques de les solucions, així com les concentracions de les diferents espècies que es troben en equilibri. Des del punt de vista docent, la realització de desenvolupaments matemàtics presenta una doble finalitat:



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

- Que l'alumne es familiaritzi amb el desenvolupament estructurat d'equacions i la relació entre les diferents variables i/o constants implicades.
- Trobar expressions generals que permetin calcular de forma directa les propietats esmentades.

Aquest últim fet pot induir l'alumne a simplificar en excés tot el desenvolupament matemàtic i reduir-lo a una simple expressió amb diferents variables que aplica de forma sistemàtica a qualsevol escenari. El problema resideix en que l'ús de les expressions generals requereix d'una anàlisi global del sistema i, molt sovint, això no s'assoleix sense la pròpia comprensió del desenvolupament que origina l'expressió.

Pel que fa als problemes numèrics, la seva resolució no implica una elevada dificultat matemàtica (equacions de segon grau, logaritmes,...) però, en canvi, el plantejament sí que presenta una dificultat significativa donada l'elevada quantitat d'informació (quantitativa i qualitativa) que conté la descripció d'una anàlisi química. És per aquest motiu que en les classes de problemes o seminaris bona part del temps s'emptra en la discussió qualitativa i el plantejament conceptual dels problemes per identificar la informació rellevant de les diferents operacions analítiques executades. Finalment, i després de fer l'esquema del procediment analític, es procedeix a la resolució numèrica de l'exercici. És, per tant, un tipus d'activitat en la que la lectura, la interpretació i la discussió prèvia del problema suposa una tasca complexa per l'alumne en la que molts conceptes teòrics i pràctics es posen en relació. En canvi, l'alumne sovint dedica més esforç durant la classe a la resolució numèrica del problema (més simple i senzilla) i prioritza la còpia d'allò que el professor explica o escriu a la pissarra sobre la comprensió del problema.

En els darrers anys s'ha constatat la dificultat creixent per part de l'alumnat per comprendre els desenvolupaments matemàtics que es realitzen durant el curs i s'ha detectat que, en molts casos, els problemes provenen de les dificultats per seguir els desenvolupaments que es fan a classe i/o per ser incapaços de resoldre un problema fet a classe prèviament quan l'intenten reproduir posteriorment. Un fet derivat d'aquesta situació és que l'estudiant



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

percep de forma errònia que la complexitat del problema o desenvolupament es troba en la resolució numèrica i no pas en el seu plantejament.

És per aquest motiu que s'ha plantejat la definició de noves estratègies docents basades en l'ús d'unitats didàctiques digitalitzades per millorar l'aprenentatge dels estudiants amb l'objectiu que puguin assolir les competències que es requereixen. Amb la inclusió d'aquestes unitats didàctiques com a recurs en xarxa mitjançant el Campus Virtual de la UB, l'alumne podrà reforçar de forma reiterada les demostracions teòriques i exercicis pràctics realitzats prèviament a classe.

En aquestes unitats didàctiques digitalitzades s'explicarien, de forma seqüencial i amb la veu del professor incorporada, determinats elements didàctics (desenvolupaments matemàtics, problemes, activitats d'avaluació continuada,...). El fet que el text aparegui en pantalla com si s'escrigués a mà, i no sobtadament tal com succeeix en les presentacions amb projector, facilita el seguiment de l'explicació per part de l'alumne que sap en tot moment on ha de centrar la seva atenció. Addicionalment, l'ús de la "veu en off" permet reforçar la seva atenció en allò que es considera més rellevant.

Una vegada creades les diverses unitats didàctiques digitalitzades és necessari disposar d'una metodologia docent que permeti a l'alumne tenir experiències d'aprenentatge (autònom, de suport,...) que millorin el seu nivell d'aprenentatge.

b) Descripció del treball

En una primera aproximació a la nova metodologia, s'ha portat a terme la creació d'un nombre limitat d'unitats didàctiques per tal d'avaluar el seu ús i l'acceptació per part dels alumnes i els professors de l'assignatura. Les parts del temari que han estat objecte de digitalització presenten les següents característiques:

- Són elements importants des del punt de vista de l'aprenentatge.
- Presenten dificultats per l'alumnat.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

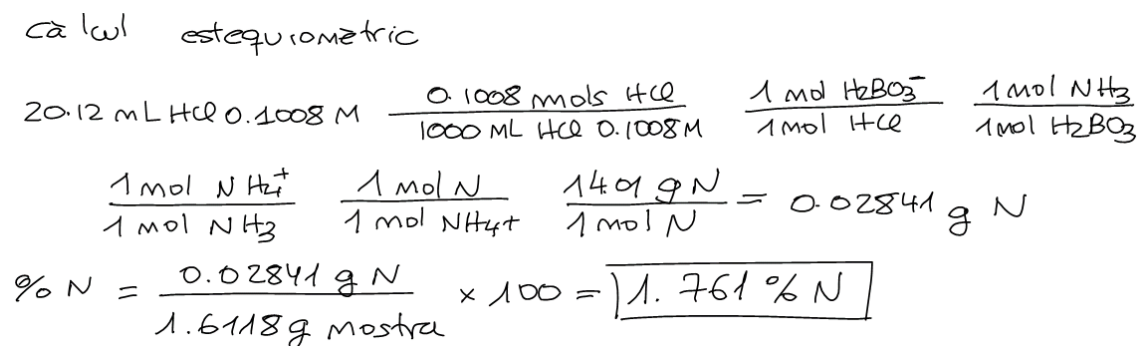
- Es basen en el càlcul numèric o en el desenvolupament matemàtic.
- Són complementaris a altres parts del temari.

Els punts del temari seleccionats van ser:

- A. Identificació del tipus de volumetria que es porta a terme en un procés analític
- B. Càlcul del pH d'una solució d'una base feble

Per tal de crear les unitats didàctiques es van avaluar les prestacions d'un bolígraf digitalitzador l'IRISnotes Executive 2. Es tracta d'un bolígraf que té com a complement un detector que és el que interpreta el moviment del bolígraf sobre el paper i envia la senyal a l'ordinador a través d'una connexió USB. El bolígraf té funció de ratolí o, si s'activen els complements per determinats programes (paint, powerpoint,), funciona com un bolígraf que permet escriure sobre els documents que es mostren en pantalla (que pot ser un document escrit o un full en blanc). La qualitat del traç és acceptable si bé quan es connecta a l'ordinador l'àrea activa del paper que coincideix amb la pantalla és aproximadament una tercera part de l'àrea total del paper.

En la següent imatge es mostra un exemple d'escriptura enregistrada a l'ordinador fent servir el bolígraf digitalitzador IRISnotes Executive 2:



Com es pot observar, amb l'ús del bolígraf digitalitzador és possible enregistrar lletra manuscrita amb una qualitat acceptable i, per tant, va ser l'eina utilitzada per crear les unitats didàctiques digitalitzades fent servir l'estratègia de fer captures de vídeo del que



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

s'està escrivint sobre un full en blanc a la pantalla. De forma independent es porta a terme l'enregistrament de la veu del professor que acompanya a l'explicació manuscrita. Finalment es produeix l'edició d'ambdós elements (imatge i so) per tal d'obtenir la versió final de la unitat didàctica.

Cada unitat didàctica té una durada d'entre 5 i 10 minuts, i presenta similitud amb el mode d'explicació del professor a classe. Mostra la resolució d'un determinat problema numèric o desenvolupament matemàtic de forma manuscrita en temps real i s'acompanya de la veu del professor que complementa l'explicació.

Identificació del tipus de volumetria

Com a material docent s'ha plantejat l'elaboració de tres unitats didàctiques on es mostren tres exemples reals d'anàlisi volumètrica basats en els tres tipus de volumetries:

- Directa (on l'anàlit reacciona directament amb el patró): Determinació de l'acidesa d'una llet en pols.
- Indirecta (on l'anàlit reacciona amb altres reactius i el producte generat reacciona amb el patró): Determinació del nitrogen en una mostra de pasta.
- Retrocés (on l'anàlit reacciona amb un patró i la quantitat de patró que ha quedat en excés es determina amb un segon patró): Determinació d'Almagat en un preparat farmacèutic.

De forma complementària a les unitats didàctiques digitalitzades s'ha desenvolupat material didàctic relacionat amb aquestes, amb la finalitat que s'utilitzi en la realització d'activitats relacionades amb les unitats. El material creat ha consistit en un llistat de 24 exemples d'anàlisi mitjançant mètodes volumètrics, en els que els alumnes han d'identificar quin tipus de volumetria té lloc a partir de la lectura de l'enunciat. A continuació se'n mostren dos exemples:



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

Exemple 1: Determinació d'àcid ascòrbic en preparats farmacèutics

Per determinar el contingut d'àcid ascòrbic en un preparat farmacèutic, la mostra es fa reaccionar amb brom, obtingut per reacció d'una quantitat coneguda de bromat de potassi (patró primari) amb bromur. Seguidament, el brom que no ha reaccionat amb l'àcid ascòrbic es fa reaccionar completament amb iodur de potassi, i el iode resultant es valora amb una solució patró de tiosulfat de sodi.

Exemple 2: Determinació de zinc en una mostra de mineral

El contingut de zinc en una mostra es determina mitjançant un procediment basat en una volumetria de complexació. Es pesa una quantitat de mostra en una balança analítica i es dissol en aigua. A continuació s'afegeix tampó de pH 10 i una punta d'espàtula d'indicador, i la solució es valora amb una solució patró de EDTA.

L'aplicació d'aquestes unitats es va dur a terme de dues formes diferents:

- L'alumne visualitza les unitats de manera autònoma i sense explicació prèvia per part del professor sobre els conceptes continguts en la corresponents unitats.
- Els conceptes s'expliquen a classe i es penjen les unitats didàctiques al campus virtual per tal que l'alumne les pugui visualitzar posteriorment.

En ambdós casos amb posterioritat a la visualització de la unitat es realitza una activitat presencial en la que els alumnes han d'identificar el tipus de volumetria emprat en els diferents exemples d'anàlisi.

Càlcul del pH d'una solució d'una base feble monopròtica

En general el càlcul de pH de solucions de bases és força similar al càlcul de pH de solucions d'àcids (ja sigui forta o feble, monopròtica o polipròtica). És per aquest motiu que la unitat digitalitzada s'ha centrat en el càlcul de pH d'una solució d'una base feble



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

monopròtica de forma que l'experiència d'aprenentatge associada a la seva visualització per part dels alumnes els permeti:

- Conèixer com es calcula el pH d'una solució d'una base feble monopròtica.
- Consolidar l'aprenentatge del càlcul de pH d'una solució d'un àcid feble monopròtic.

D'aquesta forma, s'han generat dues unitats didàctiques en les que s'explica de dues formes similars (fent ús del valor de pK_a o pK_b) com realitzar el càlcul de pH d'una solució d'una base feble monopròtica (acetat de sodi 0,1 M). El motiu pel qual s'han creat dues unitat, és que existeixen diverses formes de realitzar la resolució, i per tant s'ha optat per que cada professor fes servir la que utilitza habitualment a classe.

Com a material docent complementari s'ha fet un llistat d'altres solucions de bases febles monopròtiques que presenten una sistemàtica de resolució del càlcul de pH similar a la mostrada en les unitats.

En aquest cas el mode d'aplicació de la unitat digitalitzada va ser comú per tots els professors de l'assignatura. El professor explica a classe la sistemàtica pel càlcul del pH seguint el següent ordre: àcid fort, base forta i àcid feble monopròtic. A continuació es penja la unitat digitalitzada al campus virtual de l'assignatura per a què els alumnes la visualitzin. Posteriorment es proposa als alumnes que facin una activitat no presencial en la que han de resoldre un problema similar al descrit a la unitat didàctica.

c) Resultats

L'aplicació de les unitats digitalitzades s'ha avaluat de diferents formes:

- Enquestes anònimes als alumnes.
- Resultats de les activitats d'avaluació.
- Opinió personal dels alumnes.
- Opinió del professorat que ha implantat les unitats.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

Enquestes anònimes als alumnes

L'enquesta als alumnes es va dur a terme després de la realització de l'activitat presencial relacionada amb les unitats didàctiques associades a la determinació del tipus de volumetria.

En la següent taula es mostra el nombre d'alumnes que van participar en les enquestes respecte el total d'alumnes matriculats en cada grup i l'estratègia docent que cada grup va emprar:

Farmàcia	T2	81.3%	Els conceptes s'expliquen breument a classe i posteriorment l'alumne els pot visualitzar com a treball autònom.
Farmàcia	M1	51.5%	No hi ha una explicació prèvia per part del professor i l'alumne visualitza de forma autònoma els vídeos.
Farmàcia	T1	90.8%	Els conceptes s'expliquen breument a classe i posteriorment l'alumne els pot visualitzar com a treball autònom.
Farmàcia	T3	67.1%	Els conceptes s'expliquen breument a classe i posteriorment l'alumne els pot visualitzar com a treball autònom.
Química	T1	64.3%	No hi ha una explicació prèvia per part del professor i l'alumne visualitza de forma autònoma els vídeos.

La taxa (en %) de visualització de cada unitat es mostra a la següent taula.

Ensenyament	Farmàcia	Farmàcia	Farmàcia	Farmàcia	Química
Grup	T2	M1	T1	T3	T1
Volumetria directa	89.7	51.5	100.0	83.7	85.2
Volumetria indirecta	87.2	48.5	100.0	81.6	81.5
Volumetria per retrocés	87.2	50.0	100.0	69.4	81.5



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

Es pot veure com la taxa de visualització és força alta i en general similar per les tres unitats.

Pel que fa a la valoració per part dels alumnes del grau sobre si les unitats han estat útils per entendre els conceptes de volumetria (de 0, poc, a 5, molt) , en la majoria dels casos la valoració va ser entre positiva (3) a molt positiva (5), i només entre un 10% i un 20% les considera poc o gens útils o simplement no respon l'enquesta. Aquesta impressió es confirma amb la pregunta sobre si la visualització dels vídeos ha estat útil per l'aprenentatge a la qual el 90% considera que sí que ho ha estat.

Igualment quan se'ls demana la seva opinió de per què consideren que són útils o no per l'aprenentatge, d'un total de 222 respostes, el 92% presenta comentaris positius, el 6% negatius i el 2% restant contenen elements tant positius com negatius.

Entre les respostes positives (204 en total), les més habituals han estat les relacionades amb el fet que es poden consultar els desenvolupaments de forma detallada sempre que es necessiti (37%), que l'explicació dels continguts és clara i permet comprendre els conceptes (26%) i que està bé disposar de més recursos per l'alumne (25%).

Respecte a les respostes negatives (18 en total), un 50% considera que l'explicació és insuficient per entendre els conceptes teòrics i que és necessària l'explicació del professor, un 28% creu que no són d'utilitat i un 11% creu que són llargs i no s'entenen.

Resultat de les activitats d'avaluació

S'han portat a terme activitats d'avaluació relacionades amb les unitats didàctiques referides a la determinació del tipus de volumetria (2 grups) i càlcul de pH d'una solució d'una base feble (4 grups). Tant en el primer cas (92% i 71%, respectivament) com en el segon (92%, 92%, 98% i 73%, respectivament) el percentatge d'alumnes que superen l'activitat és elevat.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

En un dels grups els resultats de l'activitat es van poder comparar amb els de les dades obtingudes en la prova parcial d'avaluació on es va realitzar una activitat similar. Els resultats obtinguts van ser molt semblants.

Tot i així és difícil poder extreure conclusions que permetin relacionar directament els resultats obtinguts pels alumnes amb l'aplicació de les unitats didàctiques, ja que el nombre de factors que influeixen en el resultat és molt elevat.

Opinió dels alumnes

Els alumnes de forma lliure han mostrat la seva opinió sobre la iniciativa portada a terme en el marc del projecte d'innovació docent i, en general, els seus comentaris han estat molt positius.

S'ha valorat especialment la possibilitat que donen les unitats digitalitzades de repassar, amb posterioritat a l'explicació del professor, els continguts explicats a classe.

Opinió del professorat

L'opinió del professorat també ha estat positiva ja que amb la creació de les unitats didàctiques es disposa de material addicional al ja existent i obre noves possibilitats metodològiques.

A més s'ha detectat que l'alumnat se sent atret per aquest tipus d'iniciatives el que pot servir com estímul pel seu aprenentatge.

Finalment s'ha constatat que la quantitat i qualitat tècnica de les unitats es podria millorar si es disposessin d'un major nombre de recursos audiovisuals.

d) Conclusions

L'aplicació de les unitats didàctiques digitalitzades (i del material complementari) en l'assignatura "Química Analítica" dels ensenyaments de Química i Farmàcia es considera



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

que ha estat positiva i que incideix en la millora de l'aprenentatge del alumnes pel que fa a la realització correcta de desenvolupaments matemàtics i a la resolució de problemes.

Les metodologies docents aplicades han tingut una bona acceptació entre alumnes. La taxa de visualització ha estat elevada i la seva opinió ha estat positiva en la majoria del casos. En opinió dels alumnes les explicacions contingudes en les unitats són clares, permeten comprendre els conceptes explicats i presenten l'avantatge de que es poden consultar sempre que es necessiti.

Des del punt de vista del professorat les unitats didàctiques obren la possibilitat d'emprar noves metodologies docents. A més, representen un estímul pels estudiants ja que suposen la introducció de noves eines i estratègies. Cal dir també que per reforçar el seu impacte caldria disposar d'un major nombre d'unitats.

5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

<http://hdl.handle.net/2445/35809>, Exemple de volumetria directa.

<http://hdl.handle.net/2445/35894>, Exemple de volumetria indirecta.

<http://hdl.handle.net/2445/35963>, Exemple de volumetria per retrocés.

<http://hdl.handle.net/2445/48266>, Exemple del càlcul de pH d'una solució d'una base feble monopròtica (cas 1: a partir del pK_a).

<http://hdl.handle.net/2445/48267>, Exemple del càlcul de pH d'una solució d'una base feble monopròtica (cas 2: a partir del pK_b).

<http://www.irislink.com>

<http://www.epson.es>

<http://www.wacom.eu>



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

<http://www.ub.edu/grad/plae/AccesInformePD?curs=2011&codiGiga=360767&idioma=CAT&recurs=publicacio>

<http://www.ub.edu/grad/plae/AccesInformePD?curs=2011&codiGiga=362273&idioma=CAT&recurs=publicacio>

<http://www.slideshare.net/fvillasis/tesina-presentacin-1751325>

<http://es.calameo.com/read/000031777b6a804646f17>

<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/2302/1/c236.pdf>

<http://www.dmae.upct.es/~juan/matematicas.htm>