

## APRENTATGE ACTIU DE QUÍMICA A DIFERENTS NIVELLS (Ensenyament secundari i 1r curs universitari)

R. Gorchs<sup>1</sup> i M. Tortosa<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Dept Enginyeria Minera i Recursos Naturals. Univ. Politècnica de Catalunya;

<sup>2</sup>Dept. Did. Matemàt. i Ciències. Univ. Autònoma de Barcelona,

<sup>3</sup>INS Ferran Casablanca

[roser@emrn.upc.edu](mailto:roser@emrn.upc.edu)

### RESUM

A diferents nivells d'estudis i en el context de l'assignatura de química, es pretén propiciar un aprenentatge més significatiu. En aquest sentit, proposem activitats que impliquen la participació molt activa de l'estudiant amb l'objectiu de que en un ambient favorable senti motivació per aprendre i desenvolupi la capacitat creativa, fonamental per qualsevol futur àmbit professional i alhora transcendental pels enginyers. Si bé els elements susceptibles de potenciar la creativitat són nombrosos, inicialment ens plantejarem aplicar i seguir-ne dos o tres com a màxim: motivació, iniciativa i innovació.

En l'actual curs (2011/2012) hem dissenyat i hem implementat a mode de "pla pilot" en assignatures de química de Batxillerat i de primer curs universitari, una activitat per potenciar la creativitat. En la mateixa es proposa als alumnes que a partir de consultes bibliogràfiques dissenyin un experiment per obtenir un producte (un indicador àcid-base) i que un cop obtingut en valorin la seva eficiència. Les activitats, de tipus experimental, es realitzen majoritàriament en el laboratori de química, i es modulen a diferents nivells de continguts específics de química i d'aprenentatge segons la taxonomia de Bloom.

El fet d'aplicar-ho a diferents edats de l'alumnat, i suposadament diferents graus de maduresa, ens ha de permetre potenciar i estudiar elements que contribueixin a generar la "Creativitat". Aquest aspecte és l'element que ens hem plantejat potenciar el professorat actiu del grup **GENCAD** (Grup d'ENginy i Creativitat a l'Aula Docent).

### PARAULES CLAU

Creativitat; Aprenentatge; disseny d'experiments; laboratori de química

## ABSTRACT

Title: **Active learning in Chemistry at different levels (High school and College)**

Our objective is to favor a significant learning at different levels in the subject of Chemistry. To achieve it, we propose learning activities in which students participate in a very active way. We pretend that a favorable atmosphere may lead students to feel motivated to learn and to develop their creativity, fundamental at all working environments, and transcendental for engineers.

We apply a similar teaching-learning activity with students of different ages, and supposedly with different degrees of personal maturity. We assume that doing this will allow to potentiate and to study the items that constitute the "creativity". This feature is the item that we, active members of the group GENCAD (group of wit and creativity in the classroom), want to potentiate.

The current year (2011/2012), we have designed and implemented in a pilot mode in Chemistry subjects, a teaching activity in which we propose students to design an experiment in order to obtain a product (an acid-base indicator) and to validate its efficiency once it is obtained. The experimental activities are performed in the Chemistry laboratory, and they are modulated in different levels of content and of learning taking into account the Bloom's taxonomy.

Assuming that there are many items that can potentiate creativity, in our initial approach we mainly focus in applying and monitoring two or three: motivation, initiative and innovation.

## KEYWORDS

Creativity; learning; design of experiments; chemistry laboratory

## INTRODUCCIÓ

Si el primer cognom que acompanyés a la ciència fos "divertida" en comptes de "difícil" i el segon "imprescindible", vinculant la ciència a la vida quotidiana, no només faria que les coses fossin més fàcils sinó més atractives segons Ramón Nuñez (Museu Nacional de Ciència i Tecnologia de la Corunya) [8]. Ningú és més creatiu que un nen [1], naixem amb curiositat, que és el primer ingredient que necessita la ciència, pel que cal garantir que l'escola i els pares no castrin la curiositat innata i contribueixin a que l'afany de preguntar del nen o nena el segueixi conservant tota la vida.

Les activitats formatives que es presenten en aquest treball estan pensades per promoure la creativitat de l'estudiantat a més de l'aprenentatge significatiu, pel que abans d'explicar-les introduïm aspectes relacionats amb la creativitat.

De les moltes definicions de creativitat, la següent ens porta a l'escenari en que ens movem: "facultat de trobar noves combinacions i respostes originals partint d'informacions ja conegudes" [10]. D'altra banda "**la solució creativa de problemes**" és una tècnica específica utilitzada per a l'educació i el desenvolupament de la creativitat.

Creativitat i aprenentatge no sempre van junts; si bé la creativitat requereix de "capacitat de fragmentar les experiències i permetre la formació de noves combinacions espontànies", l'aprenentatge requereix de "capacitat de combinar o connectar elements que han estat en contacte entre si en la nostra experiència". Les dues capacitats d'aprendre i fragmentar l'experiència són necessàries per a l'adequada solució de problemes però el nostre sistema d'educació ha posat l'èmfasi en l'aprenentatge i s'ha descuidat la segona. De manera que trobar un problema, és a dir, descobrir, formular, plantejar-ho "representa un acte creatiu perfectament distingible, i d'igual o major valor que el trobar una solució" [5].

En nombrosos estudis es considera que la motivació és clau perquè hi hagi aprenentatge, així com essencial per assolir la "competència creativa" [2], que junt a la imaginació, l'originalitat, la fluïdesa i la independència van ser les principals dificultats que van manifestar els estudiants [6] per adquirir-la.

Oposat a l'aprenentatge per repetició, en el que s'assimilen de memòria els coneixements sense comprendre'ls o relacionar-los amb altres coneixements previs, és l'aprenentatge significatiu (Ausubel, D-P; 1918-2008) en el que es considera que cada individu aprèn interioritzant els estímuls captats i els adapta al seus esquemes i estructures prèvies, les quals són flexibles i es van modificant per a adaptar-se a una realitat que també canvia. Els cognitivistes com Ausubel destaquen la flexibilitat i plasticitat de la ment. Actualment, també els neurofisiòlegs ja parlen obertament de la plasticitat del cervell pel que queda ben palès que cal incidir més en la utilització, o creació, del coneixement que en la simple memorització [12]. A més, cal sobreposar-se a la inèrcia i les limitacions que imposen les ideologies, usos i costums.

A la base de la teoria del desenvolupament piagetian trobem la idea que el coneixement és un procés de construcció i la construcció és contínua. Mai, però, podrà ser una còpia de la realitat ja que tota adquisició de coneixement exigeix un cert grau d'invenció ja que el subjecte ha d'actuar sobre allò que aprèn i ho ha de transformar. En aquest sentit, ensenyants i científics hauríem de cultivar la humilitat acceptant els nous enfocaments i solucions possibles per un problema.

Actualment sentim a dir els nostres representant polítics i autoritats educatives que el principal problema del nostre sistema educatiu és el fracàs escolar (una tercera part dels nostres estudiants no acaben els estudis obligatoris), però probablement tenim una distorsió en l'enfoc de les solucions, que sembla que vagin més encaminades a evitar el fracàs escolar que a tenir èxit [11]. Si potenciem la creativitat i l'aprenentatge significatiu en els nostres joves, els preparem per enfrontar-se a situacions noves, i a trobar solucions possibles, en plural, per a un mateix problema.

Actualment, amb el desenvolupament de la ciència i la tecnologia disposem d'una immensa quantitat de dades que no som capaços de processar sobretot per la dificultat de integrar-les de manera coherent per tal de utilitzar-les adequadament [11]. Moltes solucions a problemes que fins ara semblaven inaccessibles requereixen accions col·lectives però no hem estat educats per dur-les a terme pel que convé potenciar el **treball en equip**. En conseqüència, cal que tota la comunitat educativa espanyola reflexionem sobre la deficient formació científica que es denota en l'alumnat de batxillerat, segons indiquen els resultats de diferents proves internacionals, en els que s'obtenen resultats molt pobres en comparació amb els nostres veïns.

Segons un informe de l'AQU (2011) [2] les cinc competències més necessàries per desenvolupar la feina actual són: la solució de problemes, la presa de decisions, el treball en equip, la informàtica i la capacitat de gestió; d'altra banda les persones graduades presenten dèficits en la competència "solucionar problemes" a més de la "presa de decisions" i el "lideratge" com a més importants.

Molts són els factors que porten als nostres estudiants a aquests resultats. Estem d'acord en que el model d'ensenyament-aprenentatge prevalent és un d'ells. Aquest model, encara més centrat en el professorat que en l'alumnat, configurat pels objectius educatius, les experiències educatives i la seva organització i avaluació, i basat en bona part en la realització repetitiva d'exercicis sense tenir en compte cap procés mental.

Basant-nos en els resultats dels nostres estudiants i d'altra banda en les diferents teories que ens expliquen com aconseguir un aprenentatge significatiu, ens preguntem com potenciar els elements que l'afavoreixin; la iniciativa, la innovació o bé la curiositat entre altres, són alguns dels elements que es proposen per millorar l'educació i el desenvolupament de la creativitat.

En aquest mateix sentit, el grup GENCAD té com objectiu la "RECERCA EDUCATIVA A LES ÀREES CIENTÍFICA I TECNOLÒGICA", tant en els estudis universitaris com en els de l'ensenyament de secundària. Ser

enginyer porta implícit “ser creatiu” pel que cal fomentar la creativitat dels nostres estudiants preparant-los pel seu futur professional i personal.

Basant-nos en que “per ser significatiu l'aprenentatge, cal crear situacions que el promoguin” [7], plantegem activitats a diferents nivells d'estudis (secundària i primer d'universitat) per tal de potenciar la implicació de l'alumnat, la presa de decisions, la indagació, etc. Les activitats s'han contextualitzat en els conceptes d'acidesa-basicitat.

Amb l'objectiu de poder respondre de quina manera l'activitat ha fomentat la creativitat, en edicions properes s'escolliran 3 indicadors: motivació, iniciativa i innovació, sobre els que es treballarà per poder tal de donar respostes.

## DESENVOLUPAMENT

Si volem potenciar una metodologia centrada en l'alumne, el docent ha d'assegurar, o si més no, potenciar unes condicions d'aprenentatge que permetin desenvolupar l'experimentació, la creativitat, el repte i, consegüentment, el desenvolupament de l'individu. Treballs clàssics [9]: proposen que l'ajut pedagògic "ha de conjugar dos grans característiques (i) prendre com a punt de partida els significats i els sentits dels que en relació aquests continguts disposin els alumnes, i (ii) ha de provocar desafiaments i reptes que facin qüestionar aquests significats i sentits que forcin la seva modificació per part de l'alumne, i assegurin que aquesta modificació es produeix en la direcció desitjada, és a dir, que acostia la comprensió i l'actuació de l'alumne a les intencions educatives".

Ens proposem que a partir d'algunes activitats es creïn situacions que posin en joc la creativitat de l'estudiant amb els objectius de crear un producte (indicador universal d'origen natural) i un coneixement (reaccions àcid-base; indicadors de pH) restant com a pòsit la curiositat o desig d'aprendre.

Al dissenyar l'activitat, ens fem les següents preguntes:

### ▪ Què perseguim amb l'activitat que es proposa ?

1. Conèixer el punt de partida: quins coneixements en té l'estudiant a priori ?
2. Fer-Experimentar: aplicar coneixements teòrics a situacions reals i quotidianes; “ han de proposar un nou indicador d'origen natural”.
3. Motivar: Despertar la curiositat, indagar, aprendre i finalment auto-creació del coneixement.
4. Aplicar competències genèriques: recerca de informació, Treball en equip; comunicació oral i escrita.

### ▪ Què volem que aprenguin ?

### Continguts específics

1. què és un àcid?. pH àcid
2. què és una base?. pH basic
3. Reaccions dels àcids amb les bases. pHs ?
4. Perquè serveix un indicador de pHs ?.
5. Obtenir i caracteritzar un producte que no existia prèviament

### Competències genèriques

1. Llegir informació rellevant
2. Tots els membres del grup aprenen fent l'activitat
3. Tots els membres del grup tenen capacitat d'explicar/redactar l'informe de l'activitat.

## ACTIVITATS

### 1. A PRIMER DE BATXILLERAT

#### 1.1 Introducció i mostra

És important tenir present que els conceptes teòrics i de càlcul relatius a àcids, bases, pH i estructura i funcionament dels indicadors es treballen a segon de Batxillerat. Per tant els alumnes estudiats no tenen aquests coneixements. A primer de Batxillerat s'estudia el canvi químic, i és en aquest tema que s'ha fet l'activitat que presentem.

L'activitat s'ha dut a terme a l'assignatura de Química de primer curs de Batxillerat, amb un grup d'alumnes (n = 26) de l'especialitat de Batxillerat de Ciències i Tecnologia.

#### 1.2 Metodologia

**Activitats fetes per treballar els continguts específics 1, 2, 3, i 4 i les competències genèriques 2 i 3.**

- Per assolir els objectius específics 1 i 4 (què és un àcid, pH àcid, indicadors), s'han proporcionat tres solucions d'àcids (un oxoàcid, un hidràcid i un àcid orgànic) als alumnes, i se'ls ha guiat per tal d'arribar a saber què tenen en comú i què diferencia els tres àcids pel que fa a pH, i han vist i interpretat les reaccions amb metalls, òxids i carbonats metàl·lics. El pH l'han mesurat amb paper indicador universal, i han experimentat el comportament dels tres àcids amb indicadors àcid-base d'ús freqüent (ataronjat de metil i fenolftaleïna).

- Per assolir els objectius específics 2 i 4 (què és una base, pH bàsic, indicadors), s'ha procedit de manera similar, proporcionant tres solucions de bases (dos d'hidròxids metàl·lics i una d'amoniac) i estudiant el pH, i les reaccions de formació d'hidròxids insolubles i amfòters.

L'objectiu específic 3 ha estat treballat fent valoracions àcid-base per tal de determinar la seva concentració en productes naturals (aspirina, vinagre).

Els alumnes van entregar informes individuals de les pràctiques dels àcids i de les bases, i informes en grups (normalment 3 alumnes) en la pràctica de la valoració.

**Activitats fetes per treballar el contingut específic 5 les competències genèriques 1, 2, 3 a més de la "Creativitat".**

S'ha fet una pràctica consistent en la obtenció d'un indicador àcid-base a partir d'un producte natural, i l'establiment del seu funcionament (quin color dóna en medi àcid, neutre i bàsic). Per tal de simplificar-ho, en la taula 1 es detallen els aspectes: què fa la professora?; què fa l'alumnat?; quines parts es treballen de forma individual i quines en grup i l'escenari en el que es fa l'activitat:

*Taula 1. Aspectes rellevants de l'activitat que han fet els estudiants de primer de batxillerat*

Què fa la professora	Què fa l'alumnat	Treball en grup/individual	On es fa l'activitat	
Proporciona bibliografia	Proposa metodologia experimental Tria i porta producte natural	grup	Fora d'hores lectives	
Supervisió alumnat	Obtenció indicador	grup	Laboratori	1 hora en total
Supervisió alumnat	Tria material comú de laboratori i estudia funcionament de l'indicador obtingut	grup	Laboratori	
	Investiga caràcter àcid/bàsic/neutre substàncies comunes	Individual/grup	Fora hores lectives	
Corregeix i avalua	Informe	INDIVIDUAL	Fora hores lectives	

S'ha demanat als alumnes que, voluntàriament, opinin sobre aquesta activitat.

## 2. A PRIMER DE UNIVERSITAT

### 2.1. Introducció i mostra

En els graus d'enginyeria part de l'estudiantat no ha cursat química a batxillerat, pel que la situació és la mateixa que la exposada en l'apartat anterior, de primer de batxillerat.

En el moment de fer l'activitat ja s'havien explicat els conceptes teòrics i de càlcul relatius a àcids, bases, pH i estructura i funcionament dels indicadors. A més, en el laboratori s'havia experimentat sobre el comportament d'àcids-bases.

L'activitat, que s'ha plantejat voluntària, s'ha dut a terme a l'assignatura de Química de primer curs universitari, amb un grup reduït d'alumnes (n = 15; d'un grup compost per 65) dels graus d'enginyeria Batxillerat.

### 2.2. Metodologia

**Activitats fetes per treballar els continguts específics 1, 2, 3 i 4, i les competències genèriques 2 i 3.**

- Per assolir els objectius específics 1, 2, 3 i 4 (què és un àcid, pH àcid, què és una base, pH basic, reaccions dels àcids amb les bases i pHs resultants, indicadors), s'havien explicat els conceptes teòrics a classe en grup gran.

- Prèviament no hi havia homogeneïtat en quan als objectius específics (1, 2, 3, 4) experimentats en el laboratori de química: alguns estudiants havien assajat amb àcids i d'altres amb bases; tots havien utilitzat diferents indicadors de pH: *Phmetre*, paper indicador universal i els indicadors ataronjat de metil i fenolftaleïna.

Els alumnes ja havien respost qüestionaris de les pràctiques d'àcids, o les bases, que havien fet prèviament. D'altra banda a les classes de problemes, també s'havien treballat càlculs relacionats amb les reaccions àcid-base.

**Activitats fetes per treballar els continguts específics 3 i 5 i les competències genèriques 1, 2 i 3 a més de la Creativitat.**

- S'ha fet una pràctica consistent en la obtenció d'un indicador àcid-base a partir d'un producte natural, i l'establiment del seu funcionament (quin color dona en medi àcid, neutre i bàsic).
- S'ha utilitzat aquest indicador per avaluar el pH, de manera aproximada, de substàncies comunes (begudes, vi, sabó, i altres).



- L'objectiu específic 3 (reaccions dels àcids amb les bases): inicialment s'ha utilitzat un indicador conegut i després s'ha fet amb l'indicador que el grup d'estudiants havia obtingut prèviament, comprovant-ne així la seva idoneïtat, per comparativa.

En la taula 2 es detallen els aspectes: què fa la professora?; què fa l'alumnat?; quines parts es treballen de forma individual i quines en grup i l'escenari en el que es fa l'activitat.

*Taula 2. Aspectes rellevants de l'activitat que han fet els estudiants de primer curs dels graus d'enginyeria, a la universitat.*

<b>Què fa la professora</b>	<b>Què fa l'alumnat</b>	<b>Treball en grup/individual</b>	<b>On es fa l'activitat</b>	
Proporciona bibliografia	Proposa metodologia experimental Tria i porta producte natural	grup	Fora d'hores lectives	
Supervisió alumnat	Obtenció indicador	grup	Laboratori	2 hores
Supervisió alumnat	Tria material comú de laboratori i estudia funcionament de l'indicador obtingut			
Supervisió alumnat	Valoració àcid-base, de concentracions conegudes, amb un indicador apropiat.			
Supervisió alumnat	S'utilitza l'indicador d'origen natural que el grup havia obtingut prèviament, en una valoració àcid base			
Supervisió alumnat	Investiga caràcter àcid/bàsic/neutre substàncies comunes			
Corregeix i avalua	Informe	grup	Fora hores lectives	

Degut a limitacions de temps que ens trobem en els graus i d'altra banda que ja estaven a tocar el període d'exàmens no es va considerar oportú passar una enquesta, però sí que es va intercanviar comentaris "professora-estudiants".

## **RESULTATS PRELIMINARS I CONCLUSIONS**

Com hem esmentat en el treball, aquesta activitat que presentem ha estat de pilotatge i encara no disposem de resultats significatius.

Hem dissenyat una activitat per tal de promoure la creativitat en el laboratori de química, però no podem encara presentar resultats significatius sobre l'aprenentatge competencial i de creativitat dels estudiants, si bé alguns estudiants de primer curs universitari han manifestat l'entusiasme per poder enllaçar els coneixements teòrics amb els reals el que els havia proporcionat el plaer d'entendre'n el significat.

Com a dada rellevant podem esmentar que el 100% dels alumnes han fet la pràctica i han presentat i aprovat els respectius informes; aquest fet ens porta a concloure que l'alumnat està motivat.

A secundària, els alumnes de manera voluntària han donat la seva opinió de l'experiència. El que més destaquen diversos estudiants és que els ha agradat l'activitat perquè s'han sentit lliures de poder experimentar amb els productes que decidien, i valoren positivament aquest fet. També esmenten que els ha sorprès agradablement veure que es podien fer pràctiques i aprendre amb productes quotidians.

La percepció del professorat que ho ha implementat ha estat que s'han assolit els objectius tant de competències genèriques com específiques. Si més no, a partir d'activitats com les que s'han plantejat en aquest treball es potencien diversos elements essencials per fomentar la creativitat a més de competències genèriques que els seran útils en el seu futur professional: treball en equip, presa de decisions o solucionar problemes entre altres.

El Grup RIMA-GENCAD (Disseny, experimentació i avaluació de mètodes docents per tal de desenvolupar l'enginy i la creativitat de l'alumne) vol fomentar que el professorat contribueixi en la millora de la formació dels nostres estudiants. Ser enginyer porta implícit "ser creatiu" pel que cal fomentar la creativitat dels nostres estudiants preparant-los pel seu futur professional i personal.

## **AGRAÏMENTS**

Ajut del Projecte de Millora de la Docència 2010-2011 "Innovació i investigació docent per millorar l'enginy i la creativitat dels alumnes d'Enginyeria i d'Arquitectura", que ha concedit la UPC al grup RIMA-GENCAD.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Alberca, F. (2011). "Todos los niños pueden ser Einstein si los motivas bien" *La Contra de La Vanguardia* (27/09/2011). <http://feeds.feedburner.com/lavanguardia/lacontra>
- [2] Álvarez De Zayas, C-M. (1998). *La escuela en la vida*. Ed. Félix Varela, p. 31.
- [3] AQU (2011) Informe "Universitat i treball a Catalunya 2011". Estudi de inserció laboral de la població titulada de les universitats catalanes.
- [4] Esteve, O. (2007). *El discurso indagador: ¿Cómo co-construir conocimiento? En La Educación Superior hacia la Convergencia Europea: Modelos basados en el aprendizaje*. Mondragón: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Mondragón (Universitat Pompeu Fabra).
- [5] González, A. (1990): *Cómo propiciar la creatividad*. Editorial Ciencias Sociales. La Habana.
- [6] López, E. (2006) *El proceso de formación de las competencias creativas. Una necesidad para hacer más eficiente...* 40, 3. [Llegit a 20-05-2012; <http://www.rieoei.org/deloslectores/1593Lopez.pdf>]. Revista Iberoamericana de Educación, Ed.: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).
- [7] López-Vicente, P. (2008) *Espais d'aprenentatge. Idees, estratègies i reflexions*. Barcelona. Ed. Minyons Escoltes i Guies de Catalunya. Col·lecció Drecera, 1. 120 p.
- [8] Nuñez, R. (Dr. del Museu Nacional de Ciència i Tecnologia de la Corunya i Divulgador científic). (Entrevista del 1/09/2010; 145, 33-35. <http://revista.consumer.es/web/es/20100901/pdf/entrevista.pdf>).
- [9] Onrubia, J. (1993) *Enseñar: crear Zonas de Desarrollo Próximo e intervenir. El constructivismo en el aula* (pp. 193 y ss.). ed.: C. Coll Barcelona. Graó.
- [10] Ortiz Ocaña, A-L. (2003) *Estimulación y desarrollo de la Creatividad*. Neuronilla. Llegit a 20-05-2012 <http://www.neuronilla.com/documentate/articulos/18-creatividad-formacion-y-como-desarrollarla/251-estimulacion-y-desarrollo-de-la-creatividad>
- [11] Redondo, M-F. (2005) *Enseñanza de la física y la química en europa: análisis comparativo de los sistemas educativos. Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos*. 15-23. Madrid: Ed. Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.
- [12] Rudomin, P. (2011). *Educación, Información y conocimiento: una visión neurofisiológica*). 244, 16. Ed: UPC <http://www.upc.edu/saladeprensa/informacio/revista-informacions/informacions-244-setembre-2011/>