



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

AUTOCORRECCIÓ I AVALUACIÓ DE PRÀCTIQUES DE LABORATORI EN BASE AL CàLCUL D'ERRORS ASSOCIATS A L'EXPERIMENTACIÓ

- Clotet, Anna
Universitat Rovira i Virgili
Departament de Química Física i Inorgànica, Facultat de Química
C/Marcel·lí Domingo s/n, 43007 Tarragona, Espanya
anna.clotet@urv.cat
- Reguero, Maria del Mar
Universitat Rovira i Virgili
Departament de Química Física i Inorgànica, Facultat de Química
C/Marcel·lí Domingo s/n, 43007 Tarragona, Espanya
mar.reguero@urv.cat
- Mas, Elisenda
Universitat Rovira i Virgili
Departament de Química Física i Inorgànica, Facultat de Química
C/Marcel·lí Domingo s/n, 43007 Tarragona, Espanya
elisenda.mas@urv.cat

1. **RESUM:** En assignatures de laboratori l'alumne ha de realitzar un tractament numèric considerable amb les dades recollides durant l'experimentació. La implementació de programari propi de càlcul associat a una interfície interactiva permet millorar el treball autònom i assegurar la correcta correcció dels càlculs. El marge d'error associat a l'experimentació calculat pel programari permet corregir cada valor introduït en la interfície web. La base de dades és una eina d'avaluació estadística objectiva.
2. **ABSTRACT:** In laboratory courses, students perform a considerable numerical treatment with data collected during the experiment. The implementation of homemade software associated with an interactive interface allows to improve the self-sufficient work of students and to ensure the correct correction of the associated calculations. The



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

margin of error associated with the experiment calculated by the software allows us to correct each value inserted by the student in the web interface. The database provides an objective statistical evaluation tool to the teacher.

3. **PARAULES CLAU:** autocorrecció de càlculs de laboratori, autocorrecció basada en el càlcul d'errors, autocorrecció interactiva via web, avaluació objectiva de pràctiques de laboratori, base de dades de resultats de laboratori. / **KEYWORDS:** self-correction of laboratory calculations, error based self-correction, interactive self-correction via web, objective evaluation of laboratory sessions, laboratory results database.

4. **DESENVOLUPAMENT:**

a) **Objectius**

- Establir una metodologia de correcció que permeti l'avaluació no subjectiva de pràctiques de laboratori.
- Instaurar un procés, mitjançant programari específic i interfície interactiva, per a l'autocorrecció de pràctiques de laboratori que precisin de càlcul posterior a l'experimentació per a la determinació del resultat, amb la finalitat d'assegurar la correcta correcció del procediment.
- Utilitzar el procés el càlcul d'errors del procés per valorar com a correctes o incorrectes els valors introduïts per l'alumne en la interfície web.
- Utilitzar els resultats acumulats en la base de dades per avaluar la qualitat del resultat obtingut envers la mitjana dels resultats obtinguts pels alumnes del propi curs així com d'altres edicions prèvies del curs.

b) **Descripció del treball**

El Laboratori de Química Física és una assignatura obligatòria de tres crèdits del tercer curs del Grau de Química. S'imparteix en un laboratori docent experimental, en 18 sessions de



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

tres hores cadascuna, en un període d'aproximadament un mes. Els alumnes, distribuïts en equips i grups, realitzen diferents experiments al laboratori amb la finalitat de determinar diferents dades termodinàmiques i cinètiques de diverses reaccions químiques. Per a cada experiment és necessària la recollida de dades i el posterior tractament de les mateixes per arribar a la determinació de la magnitud buscada. Els alumnes també disposen en el propi laboratori d'una bateria d'ordinadors per a la realització del tractament de dades.

L'assignatura té les següents competències:

A8 Demostrar coneixement, i la seva comprensió per a l'aplicació pràctica, dels fets essencials, conceptes, principis i teories de la Química.

A9 *Demostrar habilitats per identificar i resoldre problemes qualitatiu i quantitatiu amb un enfocament estratègic.*

A10 Demostrar habilitats per al treball en el laboratori: realització de procediments químics documentats (síntesis i anàlisis), monitorització de propietats químiques, processos i/o canvis i documentació de tot el treball realitzat i gestió de riscos.

A12 *Demostrar habilitats per als càlculs numèrics i la interpretació de les dades experimentals, amb especial èmfasi en la precisió i l'exactitud.*

B2 *Resoldre problemes complexos de forma efectiva.*

Essent els resultats de l'aprenentatge associats a dites competències:

A8;A10 Adquirir coneixements teòrics sobre les reaccions químiques en termes de mecanismes de reacció i equacions de velocitat, així com les habilitats pràctiques necessàries per a la quantificació experimental d'aquests processos.

A8 Conèixer l'origen dels fenòmens espectroscòpics i el fonament quàntic de les diferents tècniques.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

Adquirir destresa en el maneig de les principals tècniques instrumentals emprades en química física i en el maneig de programes informàtics de càlcul de propietats microscòpiques de la matèria i de programes informàtics de càlcul de propietats microscòpiques de la matèria i de programes de simulació.

A9;A12 Adquirir destresa en el tractament i propagació d'errors de les magnituds experimentals i en el maneig de programes informàtics per al tractament de dades.

B2 Recull la informació significativa que necessita per resoldre els problemes en base a dades i no només opinions subjectives i segueix un mètode lògic d'anàlisi de la informació.

Entén el problema i és capaç de desglossar-lo en parts manipulables.

Troba la solució adequada.

Tant en les competències com en els resultats de l'aprenentatge s'han marcat amb cursiva aquelles directament lligades a aquest projecte d'innovació.

Autocorrecció

Una de les experiències en les que s'ha implementat aquesta metodologia ha estat una pràctica anomenada: "Colorimetria: determinació d'una constant d'equilibri termodinàmica". Aquesta pràctica ja es realitzava a la vella llicenciatura de química i és una pràctica clàssica a nivell mundial [1]. Els alumnes realitzen l'experiment de manera similar a com es fa en d'altres indrets, però utilitzen un mètode propi per al tractament de dades [2]. Aquest tractament implica l'ús d'un mètode iteratiu i permet una millora significativa dels valors finals obtinguts. El càlcul numèric associat és relativament important. L'alumne ha de comprendre la problemàtica, desglossar el càlcul en parts, i trobar la solució adequada. La tasca del professor ha de ser fer de guia en aquest procés i poder garantir a l'alumne que ha trobat la solució adequada dins del marge d'error de propagació (error derivat del material experimental utilitzat, de l'ordre de magnitud de les



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

variables mesurades i de les expressions matemàtiques emprades en el procés de càlcul). Per donar aquesta garantia a l'alumne cal que es disposi d'un programari propi, ja que d'altra manera seria impossible aquesta fita. Per això des de fa un temps es disposa d'un programa escrit en llenguatge fortran [3] que permet la correcció dels resultats. Aquest programa calcula totes les magnituds implicades i els errors de propagació corresponents a partir de les dades experimentals de cada estudiant. Cal destacar que aquests errors: 1) Són sensibles a les habilitats manuals dels alumnes, i per tant, un menor error demostra una major destresa de l'alumne. 2) Són fonamentals en l'anàlisi dels punts febles d'un procés, i per tant de la seva millora. 3) Són claus en el procés d'autocorrecció. Per això, es disposa d'una interfície web en llenguatge php [4] que permet l'autocorrecció de tot el procés independentment de la presencialitat del professor. En aquesta interfície, cada usuari disposa d'un codi d'accés i d'una contrasenya. Les dades i resultats de cada alumne es guarden en una base de dades. El professor pot accedir a la informació i a l'estat del procés de qualsevol usuari. El procés de correcció segueix un índex que ajuda a l'alumne a desglossar i organitzar tot el procés de càlcul. La qualificació de correcte o incorrecte d'una determinada magnitud es determina per comparació de la dada introduïda per l'alumne amb el resultat que figura en el fitxer de sortida del programa fortran tenint en compte l'interval que proporciona el càlcul d'errors. El procediment impedeix avançar en el procés d'autocorrecció si una dada introduïda no és correcta, i per tant, detecta el més aviat possible l'error de càlcul (sovint conceptual) de l'alumne.

Per a un altre grup de pràctiques, s'ha fet un nou programa [5], també escrit en llenguatge fortran, que permet tant l'autocorrecció del tractament numèric en base al càlcul d'errors com la correcció del propi càlcul d'errors que en alguna d'aquestes pràctiques han de realitzar els alumnes. Una de les característiques d'aquest nou programa és el d'estar estructurat en mòduls d'operacions bàsiques de laboratori. Això ha de permetre fàcilment la seva aplicació a altres pràctiques de la pròpia o altres assignatures de laboratori, així com la futura aplicació a problemes teòrics relacionats amb dites operacions bàsiques. També es podrà decidir quin nivell de correcció es demanarà a l'alumne en funció del curs al que



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

pertanyi l'alumne i dels objectius que es vulguin assolir. S'han establert quatre nivells. En els nivells de correcció 1, 2 i 3 es corregeix la magnitud calculada utilitzant l'error de propagació com a criteri de correcció. En els nivells 1 i 2 de correcció l'alumne ha d'introduir la magnitud calculada a la vista de l'error de propagació proporcionat pel programari. La diferència entre ambdós nivells radica que en el nivell 2 l'alumne ha d'introduir únicament les xifres significatives correctes d'acord amb l'error calculat pel programari i amb les normes establertes al respecte que els alumnes disposen a l'espai moodle de l'assignatura. El nivell de correcció 3 és una ampliació del nivell 2 on l'alumne, a més a més, ha de determinar l'error de propagació de la magnitud calculada i la desviació estàndard de la mitjana en cas que la magnitud es determini a partir de més d'una mesura experimental. En aquest cas el valor introduït de l'error associat ha de coincidir exactament amb el valor determinat pel programari. El quart nivell, nivell 0, és una calculadora química. A partir de les dades introduïdes per l'usuari, el programari/interfície proporciona el valor de la magnitud i el seu error. Aquest nivell (combinat amb el nivell 1) permetria l'autoaprenentatge de càlculs bàsics de laboratori, aplicable al primer curs del grau de química així com a nivell de batxillerat, cicles formatius o cursos de formació. Com a calculadora química pot ser útil al professorat d'ensenyaments relacionats amb la química per a la preparació de pràctiques de laboratori. En el segon quadrimestre d'aquest curs (2013/2014) s'ha aplicat per primer cop l'autocorrecció via web d'una pràctica ("Determinació de la velocitat de saponificació de l'acetat d'etil per conductimetria) utilitzant aquest nou programari [5]. En aquest cas es combinen els nivells 2 i 3. La concentració de les dissolucions emprades (que impliquen valoracions, preparació de dissolucions per pesada i dilucions) es corregeixen a nivell 3, mentre que la constant de velocitat es corregeix a nivell 2. Val a dir que per al curs vinent el mateix programa [5] de càlcul, amb una interfície web similar, s'utilitzarà per a la correcció d'una altra pràctica ("Determinació de la velocitat d'inversió de la sacarosa per polarimetria") de la mateixa assignatura de laboratori.

Avaluació



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

Una tasca del professorat, sovint difícil i subjectiva, és avaluar el procés experimental de l'alumne, en el sentit de la bona qualitat dels resultats. Donat que amb el programari creat tots els resultats dels darrers anys estan, o estarien, emmagatzemats en la base de dades, en aquest treball es proposa una manera quantitativa i objectiva de valorar la bondat del resultat d'una magnitud determinada experimentalment per l'alumne. Es proposa fer dita avaluació utilitzant les dades existents a la base de dades de la magnitud i el seu error associat. La interfície web d'autocorrecció disposa d'una eina que permet extreure en un fitxer els valors existents en la base de dades de la magnitud i el seu error així com dels paràmetres d'identificació de cada resultat (any, torn de laboratori, número de grup/alumne). A més a més, la interfície permet triar al professor quins grups i cursos s'inclouen en el fitxer. En tot cas, per a pràctiques de laboratori que no disposessin de base de dades, el professor podria editar fàcilment un fitxer amb les dades necessàries, així com afegir-hi les dades any rere any. El nou programari d'avaluació [6] utilitza aquest fitxer i un petit fitxer de dades que permet escollir els paràmetres necessaris per a l'avaluació.

La puntuació d'un alumne determinat (p) s'obté a partir de quatre puntuacions (v_{bd} , v_a , e_{bd} i e_a) i dos factors de ponderació ($f_{a/bd}$ i $f_{v/e}$):

$$p = f_{v/e} [f_{a/bd} v_{bd} + (1 - f_{a/bd}) v_a] + (1 - f_{v/e}) [f_{a/bd} e_{bd} + (1 - f_{a/bd}) e_a] \quad (1)$$

Per una banda s'obtenen dues puntuacions associades al valor de la magnitud (v_{bd} i v_a) i per una altra dues puntuacions associades a l'error (e_{bd} i e_a). Els factors $f_{v/e}$ i $f_{a/bd}$ ponderen el pes de cada puntuació a la nota final.

Per a les puntuacions associades al valor de la magnitud es determina la mitjana, $\langle x \rangle$, i la seva desviació estàndard mostral, σ_{n-1} , incloent en la mitjana tots aquells valors dins l'interval definit per $\pm t_p \sigma_{n-1}$, essent t_p el paràmetre de Student que depèn d'un determinat marge de confiança (a major marge de confiança major nombre de valors s'inclouen en la mitjana).

$$\langle x \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Si el valor de l'alumne està inclòs en l'interval $\langle x \rangle \pm t_p \sigma_{n-1}$ l'alumne obté un punt. El procediment es repeteix per a un nombre determinat de marges de confiança (nc) decreixents, de manera que el criteri de qualitat és cada vegada més exigent, i un resultat acumula més o menys punts en funció de la seva qualitat. Els punts obtinguts pel resultat de cada alumne es sumen i es ponderen per la puntuació màxima de tots els alumnes avaluats simultàniament (s'avaluen tots els estudiants el valor de la magnitud del quals s'ha considerat a l'hora de calcular la mitjana inicial). Així doncs en el cas de la puntuació v_{bd} el nombre de dades considerades és el nombre de valors de la base de dades, n_{bd} , mentre que en el cas de la puntuació v_a és el nombre de valors del curs de l'any avaluat, n_a . Donat que a major nombre de valors en la base de dades més confiança tindrà el professor en la puntuació final, el nombre de dades relatiu defineix el factor de ponderació de la puntuacions v_{bd} i v_a , donant la nota final respecta al valor de la magnitud, v .

$$f_{a/bd} = \frac{n_{bd}}{n_{bd} + n_a} \quad (4)$$

El nombre de marges de confiança considerats l'haurà de determinar el professor per intentar excel·lir els millors resultats sense discriminar excessivament els pitjors resultats, així com en funció de les característiques associades a la pràctica de laboratori en qüestió.

Per a les puntuacions associades a l'error (e_{bd} i e_a) el càlcul de les puntuacions és menys complex ja que la puntuació s'obté per la ponderació de l'error de la magnitud de l'alumne front l'error màxim i mínim de les dades considerades, totes en el cas de la puntuació e_{bd} o només les del propi curs en el cas de la puntuació e_a . S'ha decidit utilitzar el factor $f_{a/bd}$, eq. 4, per a ponderar les puntuacions e_{bd} i e_a , com es pot veure en l'eq. 1, en funció dels mateixos arguments, obtenint la nota final respecta a l'error de la magnitud, e .



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

Finalment, el factor que pondera les puntuacions associades al valor (v) i a l'error (e) de la magnitud, $f_{v/e}$, es pot escollir lliurement pel professor en funció de les característiques de l'experimentació. Donat que part de l'error associat estarà lligat a la qualitat del material emprat en el laboratori, tot i que també està lligat a la destresa de l'alumne, es recomanaria que es ponderés amb més pes les puntuacions associades al valor que les associades a l'error. Aquest factor es pot introduir en el petit fitxer de paràmetres de l'avaluació, així com el nombre de marges de confiança considerats i l'any del curs a avaluar.

c) Resultats i/o conclusions

Autocorrecció

Una de les avantatges de la metodologia és que els alumnes poden acabar en les sessions pràctiques tot el càlcul derivat i, a més, correctament. El professor té constància en tot moment en quin pas del procés es troba un alumne determinat i el pot ajudar en els punts crítics del procediment. Una de les principals avantatges és que les hores de professor necessàries per a la correcció són moltes menys si es comparen amb el molt major nombre d'hores necessàries per a la correcció sense suport. Val a dir que les correccions sense suport quasi mai es finalitzaven durant el període presencial de l'estudiant.

La guia que el procediment proposa en quant a l'ordre seqüencial de correcció dels càlculs necessaris per determinar la magnitud desitjada final resulta molt útil per a l'estudiant i l'ensenya a resoldre problemes de forma efectiva (competència B2).

El procediment d'autocorrecció ha estat valorat satisfactòriament pels alumnes que l'han utilitzat en cursos anteriors i, en conseqüència, s'ha decidit ampliar el nombre de pràctiques a les que s'aplica. En la nova pràctica en què s'ha aplicat, el tractament de dades associat és menys complex, però per contra, es busca un segon objectiu que és, precisament, la determinació, per part de l'alumne, de l'error associat a les magnituds obtingudes a partir de dades experimentals (associat a les competències A9 i A12). La correcció de l'error és en general més lenta que l'associada a la pròpia magnitud, pel que la avantatge de disposar



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

del procés d'autocorrecció és fa palesa, i més pel fet de ésser aquest un tipus de càlcul “nou” per als estudiants.

Alguns alumnes, no obstant, manifesten no estar d'acord amb l'excessiva exigència, des del seu punt de vista, de la correcció numèrica. Sovint aquests alumnes tenen un nivell de càlcul matemàtic baix i poca capacitat de discernir si el valor numèric obtingut té un ordre de magnitud correcte. És important conscienciar a l'alumne de la responsabilitat social d'un químic, ja que un càlcul erroni d'una magnitud pot afectar la salut i el medi ambient de l'entorn.

Avaluació

L'anàlisi que es presenta es centrarà en la pràctica que fa més temps que disposa de programari. De la base de dades s'han extret els resultats del període 2004-2014, essent un total de 345.

El primer paràmetre estudiat ha estat el nombre de marges de confiança. A la taula 1 es presenten els resultats en quant al nombre de valors que s'inclouen en la mitjana per a cada marge de confiança, que coincideix amb el nombre d'alumnes amb puntuació màxima, quan s'avaluen només els alumnes del curs 2014(18) i quan s'avaluen tots els alumnes (2004-2014). Tot i que en el programari es poden considerar fins a 12 marges de confiança, per a l'avaluació d'aquest conjunt de resultats només tenen sentit els 6 primers. El nombre d'alumnes puntuats amb la millor nota disminueix a mesura que s'inclouen més marges de confiança. Amb menys de quatre nivells de confiança no es discriminen els diferents alumnes del curs, mentre que amb 5 o 6 és possible.

% confiança	2014	2004-2014
99.5	18	325
99	18	298
97.5	16	268
95	16	135
90	5	20



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

85	3	10
----	---	----

Taula 1. Nombre d'alumnes amb puntuació màxima per a diferents marges de confiança.

	2014			2004-2014		
	n	<x>	$t_p \sigma_{n-1}$	n	<x>	$t_p \sigma_{n-1}$
inicial	18	922	261	345	988	658
nc = 4	16	923	103	135	930	72
nc = 5	5	940	12	20	934	6
nc = 6	3	940	8	10	930	1

Taula 2. Nombre d'alumnes amb puntuació màxima (n), mitjana de la magnitud (<x>) i interval ($t_p \sigma_{n-1}$) sense discriminar cap valor (inicial) i considerant diferent nombre de marges de confiança (nc=4, 5 o 6).

A la taula 2 es visualitza com varia la mitjana del valor i l'interval considerant tots els valors (inicial) o bé el valor final quan es consideren 4, 5 o 6 marges de confiança. L'interval és massa gran quan només es consideren 4 marges de confiança i massa petit quan es consideren 6 marges. Les dades de la mitjana de la magnitud, <x>, són d'utilitat en l'anàlisi de les puntuacions de cada alumne, que es mostren a la taula 3 juntament amb els valors obtinguts per cada alumne (x).

alumne	nc = 4				nc = 5				nc = 6				x	dx
	v _{bd}	v _a	v	p	v _{bd}	v _a	v	p	v _{bd}	v _a	v	p		
1	10.0	10.0	10.0	9.5	8.0	8.0	8.0	7.9	6.7	6.7	6.7	6.8	900	40
2	7.5	5.0	7.4	7.0	6.0	4.0	5.9	5.8	5.0	3.3	4.9	5.0	1120	70
3	7.5	10.0	7.6	8.0	6.0	8.0	6.1	6.8	5.0	6.7	5.1	6.0	1013	13
4	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	8.3	10.0	8.4	8.7	934	8
5	10.0	10.0	10.0	9.7	8.0	8.0	8.0	8.1	6.7	6.7	6.7	7.0	860	30
6	5.0	5.0	5.0	5.8	4.0	4.0	4.0	5.0	3.3	3.3	3.3	4.5	701	20
7	7.5	10.0	7.6	8.0	6.0	8.0	6.1	6.8	5.0	6.7	5.1	6.0	839	13
8	10.0	10.0	10.0	9.7	8.0	10.0	8.1	8.2	6.7	10.0	6.8	7.2	947	24
9	7.5	10.0	7.6	8.1	6.0	8.0	6.1	6.9	5.0	6.7	5.1	6.0	1008	8
10	10.0	10.0	10.0	9.7	8.0	8.0	8.0	8.1	6.7	6.7	6.7	7.0	870	30
11	10.0	10.0	10.0	9.1	8.0	8.0	8.0	7.5	6.7	6.7	6.7	6.4	980	70
12	10.0	10.0	10.0	9.2	10.0	10.0	10.0	9.2	8.3	10.0	8.4	7.9	940	60
13	10.0	10.0	10.0	9.2	10.0	10.0	10.0	9.2	10.0	8.3	9.9	9.1	930	60



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

14	7.5	10.0	7.6	7.6	6.0	8.0	6.1	6.4	5.0	6.7	5.1	5.6	840	40
15	10.0	10.0	10.0	9.9	8.0	8.0	8.0	8.3	6.7	6.7	6.7	7.3	891	10
16	10.0	10.0	10.0	9.8	8.0	8.0	8.0	8.2	6.7	6.7	6.7	7.1	865	22
17	10.0	10.0	10.0	9.7	8.0	8.0	8.0	8.1	6.7	6.7	6.7	7.0	1000	30
18	10.0	10.0	10.0	9.5	8.0	10.0	8.1	8.0	6.7	8.3	6.8	6.9	950	40
<2014>	9.0	9.4	9.1	8.9	7.6	8.1	7.6	7.7	6.4	7.0	6.4	6.8		

Taula 3. Puntuacions v_{bd} , v_a , v i p dels alumnes del curs 2014 (1 a 18) i de la mitjana del curs (<2014>) per a diferents nombre de marges de confiança (nc). Valors de la magnitud determinada (x) i error (dx) de cada alumne.

Analitzem ara les dades del curs 2014 quan el fitxer de la base de dades conté 345 alumnes. En aquest cas la puntuació d'un alumne respecte al seu curs (v_a) no coincidiria amb la puntuació del mateix alumne respecte a la base de dades (v_{bd}). El factor $f_{a/bd}$ per a aquest curs és 0.95. Si s'examinen les dades amb $nc=4$ es pot veure que dels 16 alumnes amb puntuació màxima al curs, només 12 treuen aquesta puntuació en el conjunt de la base de dades (v_{bd}) i en la valoració final per valor (v). En el cas $nc=5$, dels 5 que obtenien una puntuació màxima en el curs, només 3 ho fan en les puntuacions v_{bd} i 1 en v . En el cas de $nc=6$ s'obtindria la màxima discriminació ja que només un alumne obtindria la puntuació màxima en v_{bd} i cap en v . Sembla que l'opció $nc=6$ seria la millor per discriminar les puntuacions de tots els alumnes. Si analitzem la mitjana de les notes del curs (taula 3) es pot veure que la puntuació v baixa cada cop que augmenta nc . Donat el tipus d'experiment i que els pitjors resultats del curs (alumnes 2 i 6) obtindrien una puntuació baixa, es pot veure que l'opció $nc=5$ és un bon compromís entre la discriminació dels alumnes i la puntuació v . A partir d'aquí només es consideraran les puntuacions utilitzant $nc=5$.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

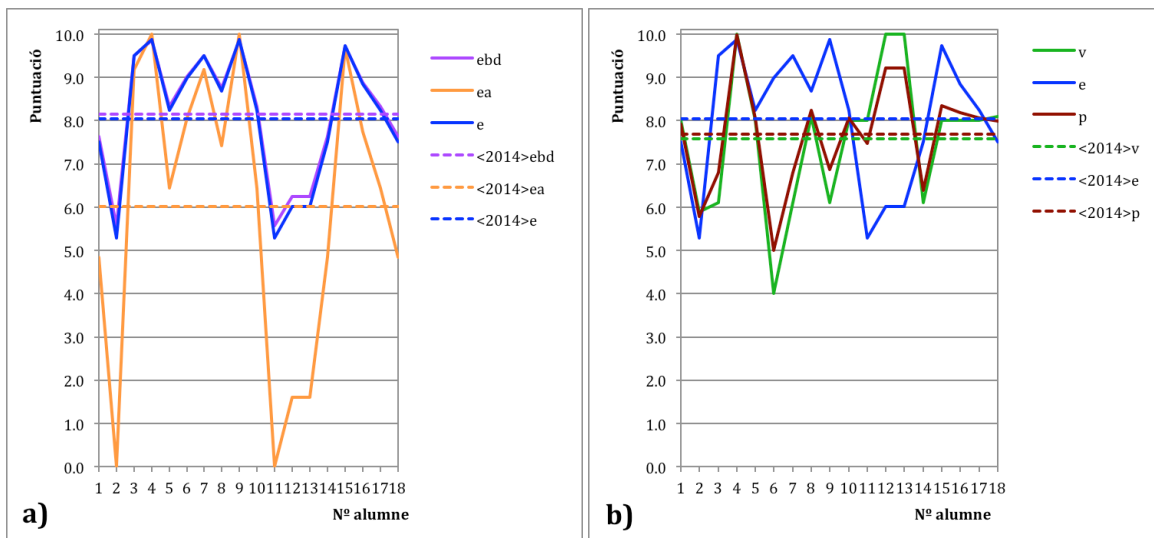


Figura 1. Puntuacions de cada alumne (1-18) i puntuació mitjana del curs 2014: a) Puntuació per l'error (e_{bd}, e_a i e); b) Puntuació pel valor (v), per l'error (e) i final (p).

A la fig. 1a es presenta el resultat de les puntuacions per l'error per a cada alumne del curs i la mitjana del curs de cada una d'aquestes puntuacions. Donat que el pes de la puntuació e_{bd} és més gran (0.95) que l'associat a e_a, les puntuacions e_{bd} i e pràcticament coincideixen. Utilitzant un factor $f_{v/e}$ de 0.8, es pot veure l'efectivitat d'incloure la puntuació per error, ja que permet discriminar entre alumnes amb similars resultats en el valor obtingut però amb un error de la mesura clarament diferenciat (comparar els alumnes 3 i 12) (fig. 1b).

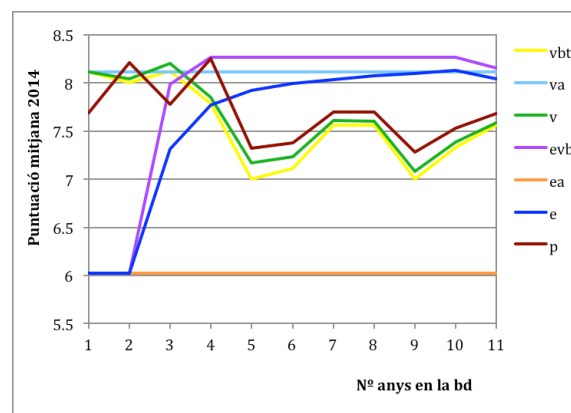


Figura 2. Puntuacions mitjana parcials (v_{bd}, v_a, v, e_{bd}, e_a, e) i final (p) del curs 2014: en funció del nombre d'anys inclosos en la base de dades (bd).



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

S'ha analitzat la puntuació mitjana del curs 2014 en funció del nombre d'anys anteriors inclosos en la base de dades (fig. 2). La inclusió de més anys en la base estabilitza les puntuacions.

La darrera anàlisi realitzada ha estat examinar les puntuacions mitjanes de cada un dels cursos amb la mateixa base de dades (fig. 3). Aquesta anàlisi ve motivat per la sensació que a vegades tenim els professors que un determinat curs és més maldestre en quant als valors de les mesures. Concretament, aquesta sensació es va tenir el curs 2012. Aquest curs obté la pitjor puntuació, però obtindria la millor nota mitjana respecte als valors de les mesures si només és consideressin les notes del propi curs en la puntuació (va). Per tant la conclusió final és que és important incloure el màxim nombre de cursos en la base de dades per a una avaluació objectiva de major qualitat.

L'aplicació d'aquest projecte [7] ha proporcionat unes eines útils en la correcció i en l'avaluació objectiva dels resultats obtinguts pels alumnes.

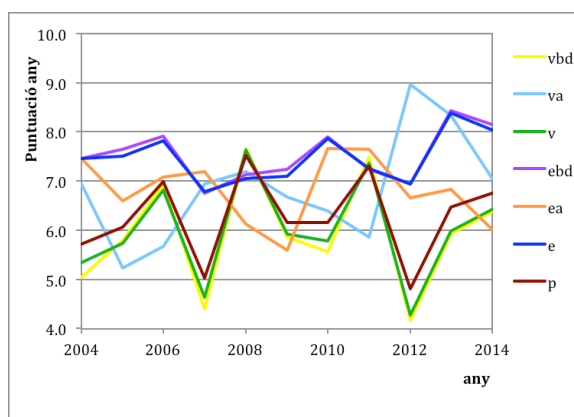


Figura 3. Puntuacions mitjana parcials (v_{bd} , v_a , v , e_{bd} , e_a , e) i final (p) de cada any inclòs en la base de dades.

5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

1. C. L. Cobb ; G. A. Love, Journal of Chemical Education, 1998, 75, 90-92.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

2. Anna Clotet; Carles Bo; Josep M. Campanera; pendent de publicació.
3. Anna Clotet; color.f, Universitat Rovira i Virgili.
4. Anna Clotet, Elisenda Mas;
<http://argo.urv.es/~eqaii/DHittorf/programa/autenticacio/index.php>
5. Anna Clotet; labqf-2.0.f, Universitat Rovira i Virgili.
6. Anna Clotet; labestadi-1.0.f, Universitat Rovira i Virgili.
7. Projecte d'ajuts d'innovació docent de l'ICE-URV: A24/13.