

INFORME FINAL 2017PID-UB039

# **FEM DE CONSULTORS!**

## **La geoquímica des d'un punt de vista pràctic**

---

### **Dades del projecte**

#### **Títol**

FEM DE CONSULTORS!

La geoquímica des d'un punt de vista pràctic

#### **Autors**

Dra. Cristina Domènech Ortí ([cristina.domenech@ub.edu](mailto:cristina.domenech@ub.edu)) - **coordinació**

Dr. Albert Soler i Gil ([albertsolergil@ub.edu](mailto:albertsolergil@ub.edu))

Dra. Mònica Rosell Linares ([monica.rosell@ub.edu](mailto:monica.rosell@ub.edu))

Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona. c/Martí i Franquès s/n. 08028 Barcelona, Espanya.

#### **Ensenyament**

Geologia, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona

#### **Codi**

2017PID-UB039

## Resum i descriptors

### Resum

Aquest PMID ha estat dissenyat per a l'assignatura de Mineralogia Ambiental, assignatura optativa de 3 crèdits de 4rt curs del Grau de Geologia, que s'imparteix durant el segon quadrimestre. L'assignatura combina classes magistrals on es promou la interrelació entre conceptes ja explicats en anteriors assignatures i conceptes nous amb classes pràctiques amb ordinadors on s'introdueix als alumnes en l'ús de dos programaris lliures molt utilitzats a nivell professional. Com que durant el mes de maig hi ha moltes sortides i campaments de camp obligatoris, des de la facultat s'ha promogut la compactació del curs, de manera que les classes presencials acaben a finals d'abril, principis de maig. Com a conseqüència, els estudiants tenen pics amb molt volum de feina i no poden assimilar bé els continguts.

Aquest PMID està centrat en canviar la metodologia d'una part de les classes per a que l'estudiant assoleixi els coneixements d'una manera més eficaç i efectiva, reduint la seva sensació de sobrecàrrega de treball, sense passar per una reducció dels continguts de l'assignatura. Es proposa la resolució d'un cas concret, com faria en una consultoria del món professional real, combinant aprenentatge col·laboratiu i aula inversa.

### Descriptors

Línies d'innovació: Metodologies actives per l'aprenentatge; Aprenentatge autònom; Aprenentatge col·laboratiu; PBL, Casos i Simulacions; Aula inversa

Paraules clau: cas real; aula inversa; aprenentatge col·laboratiu; geologia

---

## Introducció i antecedents

L'assignatura de Mineralogia Ambiental és una assignatura optativa de 3 crèdits de 4rt curs del Grau de Geologia. El temari d'aquesta assignatura és molt transversal perquè es vol transmetre a l'alumnat la versatilitat de la professió de geòleg en el món actual i en especial, en la resolució de problemes mediambientals. Després d'un repàs de les diferents tècniques que han anat aprenent durant els cursos previs del Grau, s'estudien els minerals com a focus de contaminació i com, des dels coneixements que ja tenen de geologia, poden arribar a preveure en quines situacions la presència d'un mineral concret podrà esdevenir una amenaça pel benestar de les persones o pel medi ambient i a quantificar-ne l'efecte. Posteriorment,

se'ls fa veure com alguns minerals, enlloc de ser una amenaça, poden ser la solució d'alguns problemes relacionats amb el medi ambient. En detall, s'estudien els mecanismes de dissolució i precipitació mineral, el paper de la microbiologia i els principals mecanismes de descontaminació de sòls i aigües. Els professors volem dotar l'alumnat amb els coneixements necessaris perquè esdevinguin geòlegs que treballen seguint bones pràctiques mediambientals i siguin conscients de la seva responsabilitat envers el medi ambient. Volem fomentar també la capacitat crítica i autocrítica dels alumnes, la de processar i entendre dades científiques, la de treballar en equip i la de transmetre els seus coneixements oralment i per escrit. Entenem que totes aquestes habilitats els podran ser molt útils en la seva vida professional i que els ajudaran en la seva ocupabilitat (Asonitu, 2015). D'entre totes elles, la capacitat d'utilitzar els conceptes adquirits en altres assignatures de la carrera per posar-los en valor en la resolució de problemes mediambientals és la part més important de l'assignatura i el que ens mou a continuar buscant la manera més eficaç de fer que els alumnes ho aconseguixin.

L'assignatura es va començar a impartir al curs 2012-2013. Des dels seus inicis, es combinen classes magistrals amb classes pràctiques amb ordinadors on s'introdueix als alumnes a l'ús de dos programaris lliures molt utilitzats a nivell professional. Les classes magistrals, que inclouen també dos seminaris amb científics de renom, es consideren bàsiques. De fet, Prober i Heath, (2012) destaquen que són un component clau en l'educació universitària, ja que permeten promoure el pensament crític i ajuden als alumnes a clarificar i organitzar els conceptes més difícils (Berkowitz 2013; Thai, DeWever i Valcke, 2017). Ara bé, en cert sentit, l'estudiant es manté en un segon pla i és el docent qui s'encarrega de planificar l'aprenentatge dels alumnes (Ausín, Abella, Delgado i Hortigüela, 2016).

El nombre d'alumnes que ha cursat aquesta assignatura optativa ha oscil·lat entre els 8 i els 17 alumnes/any. Presenten dos perfils diferents: a) alumnes de quart (i últim) curs del Grau en Geologia que o bé fan tot quart o bé tenen alguna assignatura de tercer i b) alumnes que fan gran part de les assignatures de tercer i alguna de quart. En tots dos casos és possible que hi hagi alumnes que no hagin cursat alguna assignatura troncal important de tercer o de les de quart del primer quadrimestre.

Al Grau de Geologia, durant el mes de maig hi ha moltes sortides i campaments de camp de caràcter obligatori. Això fa que, tot i ser una assignatura del segon quadrimestre (Gener – Juny), s'imparteixi de manera molt compacta i les classes presencials acaben a finals d'abril. Aquesta compactació ha obligat a anar adaptant les activitats que inicialment s'havien programat. Per exemple, les sessions són ara més llargues i en el seu moment es van substituir els exercicis complementaris a les pràctiques (que els alumnes havien de fer a casa)

per un dossier que els alumnes podien omplir a classe al mateix temps que feien les pràctiques i un exercici final individual.

A partir de l'experiència de les 5 primeres edicions d'aquesta assignatura, es van identificar les següents mancances o disfuncions:

- 1) Sobredimensionament de la feina que els alumnes han de fer a casa. Al reduir el temps real d'impartició de l'assignatura, les tasques que els alumnes han de fer a casa també s'han compactat en el temps, provocant una sobrecàrrega i una sensació de no poder assimilar bé els continguts.
- 2) Inèrcia de treball poc adequada per part dels estudiants. Durant les edicions prèvies s'ha observat que el ritme de treball dels estudiants és poc adequat i es deixen les tasques i l'estudi per última hora. Donat que són alumnes de quart, a punt d'entrar al món laboral, creiem que són ells els que han de gestionar el seu temps de manera adequada, però és evident que aquest punt està relacionat amb la sensació d'anar sobrecarregats de feina i passa per l'equip docent aconseguir trencar aquesta inèrcia.
- 3) Capacitat d'interrelacionar coneixements i discutir dades críticament poc desenvolupada. Ja sigui per la inèrcia de treball anteriorment descrita o per algun altre motiu, als alumnes els costa relacionar dades i extreure'n conclusions i explicar-ho.

---

## Objectius

Tot i que durant els cursos anteriors ja s'havien fet alguns canvis per millorar les mancances anteriorment citades, i seguint amb la inquietud de trobar el sistema de treball més adequat per aquesta assignatura en el context actual en el que es troba, durant el curs 2017-18 hem posat en marxa una activitat nova, que es centra en canviar la metodologia d'una part de les classes per tal que l'estudiant sigui el protagonista del seu aprenentatge. En concret els objectius són:

- Objectiu 1-Resoldre un problema concret, tal i com es faria en una consultoria professional. Això permetrà l'estudiant adquirir les destreses relacionades amb un dels sectors d'ocupació principals en geologia.
- Objectiu 2-Utilitzar la metodologia d'aula inversa, de manera que l'estudiant vingui a classe ja amb una idea del que haurà de fer a classe. Així, les hores amb professor podran ser destinades a resoldre dubtes i a la part resolutiva del cas d'estudi.
- Objectiu 3-Potenciar l'aprenentatge col·laboratiu a classe.

Recentment, a l'ensenyament universitari s'estan aplicant cada vegada més les anomenades metodologies actives, centrades en l'aprenentatge de l'estudiant (Vega, Portillo, Cano i Navarrete, 2014). Una d'elles és l'aprenentatge basat en projectes, on l'alumne es converteix en el protagonisme del seu aprenentatge i el professor, en el seu guia en aquest procés. En l'aprenentatge basat en projectes es proporciona a l'estudiant un context real d'aprenentatge, en el qual han de resoldre un problema i prendre les decisions necessàries per fer-ho (Ausín et al. 2016).

Una altra d'aquestes metodologies és l'anomenada aula inversa, on es promou que a les hores que comparteix amb el professor, l'alumne apliqui els coneixements adquirits prèviament pel seu compte (Pluta, Richards, i Mutnick, 2013). De fet, és la inversa de l'ensenyament tradicional on l'alumne practica a casa després de rebre els coneixements teòrics a classe per part del professor. Segons Gilboy, Heinerichs i Pazzaglia (2015), l'aula inversa, per un cantó, permet al professor estar amb l'alumne en el moment on aplica els coneixements, analitza i sintetitza i per l'altre, permet que els alumnes treballin al seu ritme (O'Flaherty i Phillips, 2015). Al mateix temps, promou el compromís de l'estudiant cap a la matèria (Thai et al. 2017) i és quan s'aconsegueix un major compromís per part de l'estudiant que s'observa una major capacitat de qüestionar-se, avaluar i connectar idees (Hockings, Cooke, Yamashita, McGinty i Bowl, 2008). Finalment, l'aprenentatge col·laboratiu, on els alumnes aprenen també amb la interacció amb els seus companys, ha esdevingut també un mètode alternatiu a les classes magistrals (Bernard, Rubalcava, i St-Pierre, 2000).

---

## Desenvolupament de l'actuació

L'activitat nova que hem posat en pràctica al curs 2017-2018, titulada "FEM DE CONSULTORS! La geoquímica des d'un punt de vista pràctic" simula que cada estudiant és un treballador d'una consultoria, i rep l'encàrrec de treballar en un projecte concret. Es pretén aconseguir que l'estudiant assoleixi els coneixements d'una manera més eficaç i eficient i que redueixi la seva sensació de desbordament (sense passar per una reducció dels continguts de l'assignatura).

L'activitat es desenvolupa durant 5 sessions presencials de 2 hores cadascuna (Fig.1). Als cursos previs al 2017-18, aquestes 5 sessions s'organitzaven amb una sessió teòrica inicial que contemplava un repàs de tots els conceptes que es treballaran a classe, seguida de 4 sessions de pràctiques d'ordinadors. Cadascuna d'aquestes sessions començava amb una explicació teòrica seguida d'un exercici preparat per treballar els conceptes teòrics i aprendre l'ús de dos codis geoquímics (MEDUSA (Puigdomènech, 2010) i PHREEQC (Parkhurst i Appelo,

2012)). Simultàniament els alumnes havien de respondre les preguntes del dossier. Un cop acabades les 4 sessions, els alumnes tenien 1 mes per acabar de resoldre un cas de manera autònoma. Tots aquests continguts s'avaluaven mitjançant el dossier de pràctiques i la resposta d'algunes preguntes tipus test del primer examen parcial.

Al curs 2017-18, l'organització ha canviat. La principal novetat és la incorporació de tasques que els estudiants han de fer a casa abans de les sessions de pràctiques i l'existència d'un fil conductor que relaciona les cinc sessions presencials. A la Sessió 1 (2h, aula convencional), s'explica el funcionament de tota l'activitat. Se'ls explica que són treballadors d'una consultora anomenada "M-Ambo" i se'ls reparteix la proposta del projecte en el que han de treballar, que versa sobre una contaminació d'arsènic. És una proposta que conté objectius, tasques i cronograma. Es posa en comú, es resolen els dubtes i es repassen els conceptes que necessitaran mitjançant un mapa conceptual interactiu i disponible a Google Drive® ([https://drive.google.com/file/d/1hB5UZFyhRgroMec9ZIZ2otk0\\_Pby-FU8/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1hB5UZFyhRgroMec9ZIZ2otk0_Pby-FU8/view?usp=sharing)).

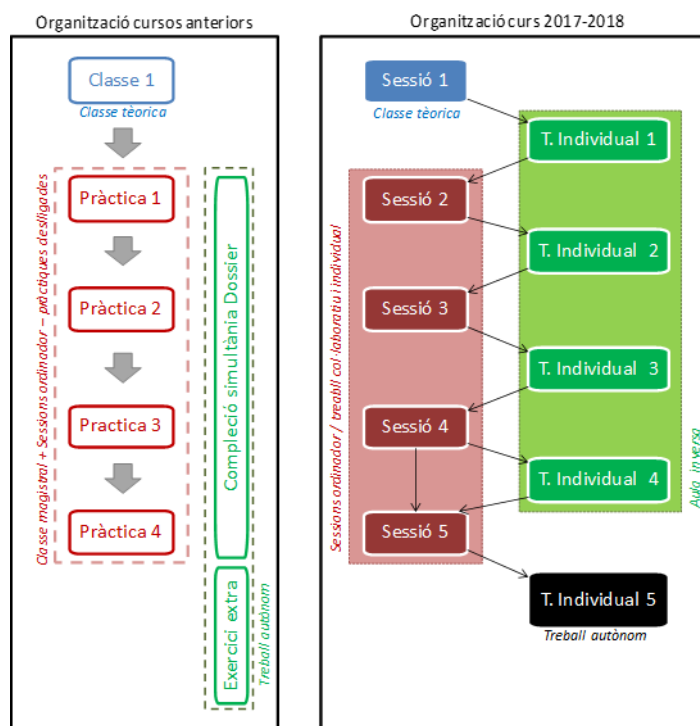


Figura 1. Esquema de l'organització de les cinc sessions als cursos anteriors i al curs 2017-18, on s'ha aplicat la nova activitat.

Durant el Treball Individual 1 (45'), l'alumne/a instal·la el codi MEDUSA a l'ordinador, fa un exemple seguint les instruccions proporcionades al campus virtual (Fig.2) i respon unes preguntes. A la Sessió 2 (2h, aula d'ordinadors), l'alumne/a utilitza el codi MEDUSA per estudiar l'especiació de l'As en funció del pH i l'estat redox (Tasca 1 de la proposta) i es

proporciona material de lectura sobre el comportament i la toxicitat de l'As que els alumnes treballen en grup (Fig. 3) per tal de completar la informació treballada amb el codi.

Durant el Treball Individual 2 (45'), l'alumne/a instal·la el codi PHREEQC a l'ordinador, fa un exemple seguint les instruccions proporcionades al campus virtual i respon a unes preguntes (Fig.2). A la Sessió 3 (2h, aula d'ordinadors), es proporcionen els resultats de l'anàlisi d'unes aigües del lloc contaminat que els estudiants han de treballar amb el codi PHREEQC (tasca 2 de la proposta) (Fig. 3). Es proporciona material sobre els índexs de saturació (en anglès) i els diferents orígens de l'As en el sòl amb diferents fonts d'informació que serveix per interpretar els càlculs de PHREEQC (Fig. 3). Durant Treball Individual 3 (45'), l'alumne/a ha de llegir documentació sobre la geologia de la zona de treball (i respondre un petit test), que fa servir durant la discussió del principal procés que controla la concentració d'As a l'aigua i del model conceptual (tasca 3 de la proposta) durant la Sessió 4 (2h, aula d'ordinadors) (Fig.4). Un cop identificat aquest procés, es proporciona material als alumnes sobre la quantificació d'aquest procés que es discuteix a classe (Fig.3). Finalment, durant el Treball Individual 4 (45') l'alumne/a ha de treballar un exemple de PHREEQC per entendre quins paràmetres necessita per poder fer la quantificació del procés plantejat. A la Sessió 5 (2h, aula d'ordinadors) es proporciona aquesta informació als alumnes per a que l'implementin i facin els càlculs necessaris per entendre el model conceptual. Al final de cada sessió presencial es procura deixar prou temps per a que els alumnes escriguin els seus resultats en un document word (plantilla d'informe final de la consultora). El Treball Individual 5 ha de servir per tal que l'alumne rellegeixi el que ha escrit i faci les últimes revisions abans d'entregar l'informe final, més d'un mes després de la sessió 5.

Durant l'execució del procés no hi ha hagut problemes significatius. Només en una sessió no es va poder acabar tot el temari previst, però es va compensar a la següent sessió, on es va redistribuir el temps previst.

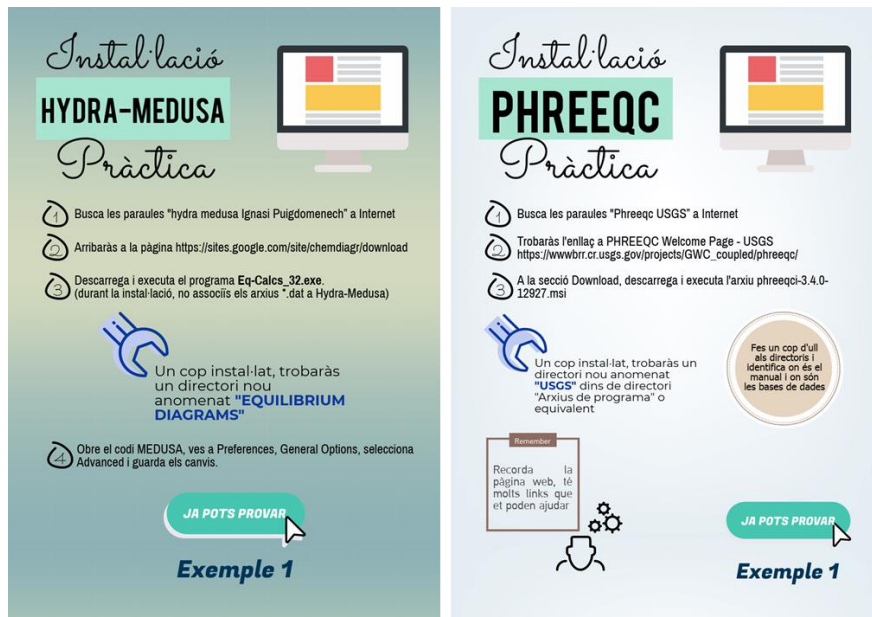


Figura 2. Documents amb instruccions d'instal·lació dels codis MEDUSA i PHREEQC proporcionats als alumnes.

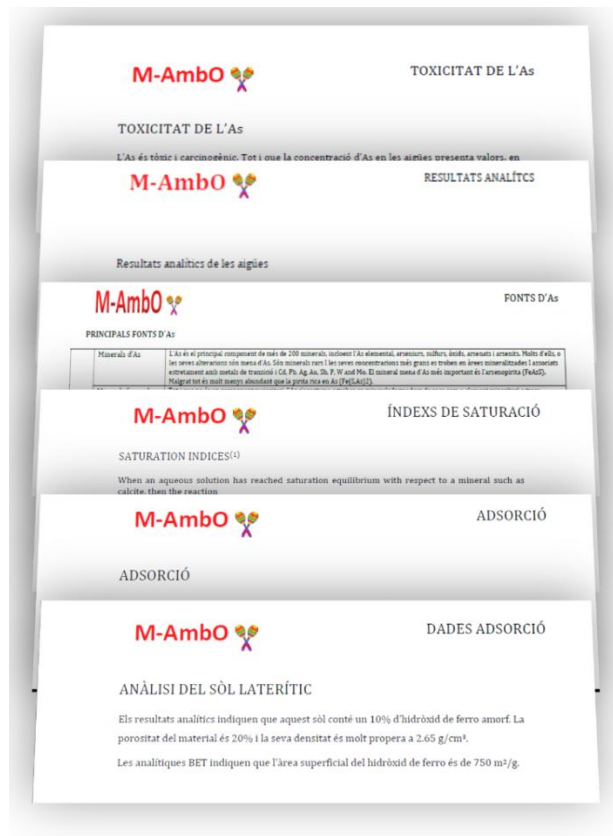


Figura 3. Exemple de documents proporcionats als alumnes mitjançant el campus virtual o en mà a les sessions presencials.



## Avaluació, resultats i interpretació.

La implementació del projecte es va plantejar en tres fases. La primera estava centrada en la preparació del material, la segona en l'execució de l'activitat (descrita a l'apartat anterior) i l'última en l'avaluació de la mateixa.

Implementar aquesta activitat ha implicat l'elaboració d'un seguit de documents abans de la primera sessió teòrica. En concret, calia preparar la proposta i la plantilla de l'informe final, la presentació inicial, el mapa conceptual, les instruccions d'instal·lació de MEDUSA i PHREEQC i els Powerpoints per guiar als estudiants en els exemples, la documentació de la toxicitat de l'As, de les principals fonts d'As, l'analítica de les aigües, de la geologia, dels índexs de saturació, de l'adsorció i de les dades necessàries per quantificar-la. Aquesta documentació es va pujar al campus virtual i es va anar posant a disposició de l'alumnat a mesura que avançava l'activitat.

Al curs 2017-18 s'han matriculat 11 alumnes, dels quals només 1 fa bàsicament assignatures de tercer. Tots els alumnes van fer les activitats individuals, per bé que algun les va fer just abans de la sessió teòrica posterior (especialment la primera).

Els indicadors escollits per avaluar els diferents objectius proposats van ser:

<b>OBJECTIU 1:</b> Resoldre un problema concret, tal i com es faria en una consultoria professional. Això permetrà l'estudiant adquirir les destreses relacionades amb un dels sectors d'ocupació principals en geologia.	
O1I1 - El material està llest abans de començar	ok
O1I2 - El contingut de cada classe s'ha pogut ajustar al temps previst	tot, excepte sessió 4
O1I3 - N° d'alumnes que ha resolt l'exemple del codi MEDUSA	11
O1I4 - N° d'alumnes que ha resolt l'exemple del codi PHREEQC	11
O1I5 - N° d'alumnes que han aprovat l'informe final.	11
<b>OBJECTIU 2:</b> Utilitzar la metodologia d'aula inversa, de manera que l'estudiant vingui a classe ja amb una idea del que haurà de fer a classe. Així, les hores amb professor podran ser destinades a resoldre dubtes i a la part resolutiva del cas d'estudi.	
O2I1 - n° de qüestionaris omplerts/n° alumnes sobre el treball individual 1	10/11
O2I2 - n° de qüestionaris omplerts/n° alumnes sobre el treball individual 2	11/11
O2I3 - n° de qüestionaris omplerts/n° alumnes sobre el treball individual 3	11/11
<b>OBJECTIU 3:</b> Potenciar l'aprenentatge col·laboratiu a classe.	
O3I1 - El alumnes estan animats a preguntar a classe	veure text
O3I2 - n° d'alumnes que han trobat satisfactori i positiu el treball col·laboratiu a classe	veure text

Tal i com es pot veure a la Figura 4, el temps destinat a fer el treball individual previ a les sessions presencials ha estat, la majoria de cops, bastant inferior als 45' inicials previstos pel professorat, per bé que en alguns casos, els han superat. Els principals motius han estat la

dificultat d'instal·lar els codis i la cerca de dades relacionades. De la resta dels resultats de les enquestes es dedueix que els alumnes no han tingut massa problemes en entendre els textos proporcionats.

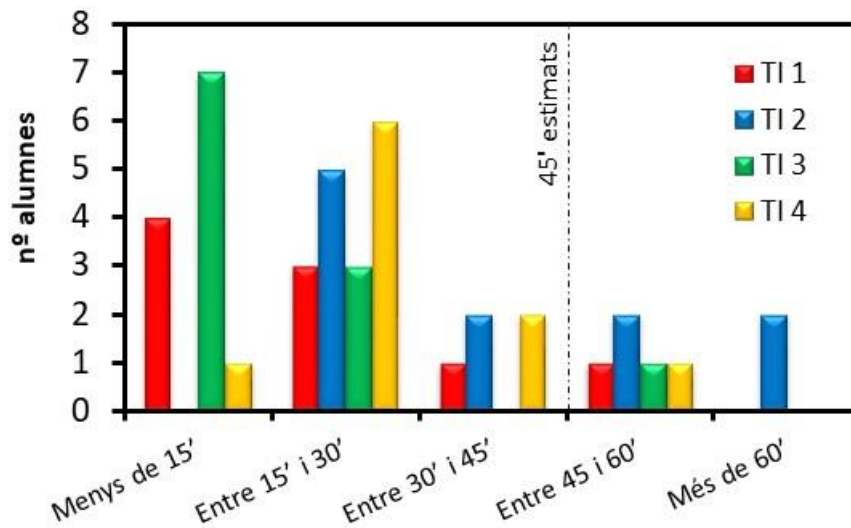


Figura 4. Resum del temps destinat pels alumnes a la realització del treball individual, a partir de les enquestes de valoració de les sessions de treball individual.

A les sessions presencials, la participació era alta, a l'igual que la interacció professor-alumne i entre alumnes. Amb les preguntes fetes pel professor o l'estudiant, s'aprofitava per repassar i/o incorporar conceptes nous. En alguns casos es fomentava l'atenció individualitzada per solucionar problemes concrets. A la sessió 4, el temps dedicat a deduir el model conceptual va ser més llarg del previst, reduint el temps destinat a que els estudiants poguessin avançar a l'informe final. La sessió 5 va començar proporcionant aquest temps als estudiants.

D'acord amb el cronograma, els estudiants van entregar l'informe final a principis d'abril. Els informes han estat correctes i tots ells tenen els continguts principals tractats a classe. Les puntuacions han estat: un 5, dos 5 i mig, un 6 i mig, tres 7, dos 8 i dos 8 i mig. El principal motiu de la discrepància de les notes es deu a la capacitat de redacció i presentació coherent de les dades, i a la no inclusió d'alguns càlculs realitzats a classe. La nota de pràctiques compta un 20% de la nota final.

Dels resultats de l'enquesta final que es va passar als alumnes per a que valoressin aquesta activitat es desprèn que han trobat el projecte interessant i que els ha permès aprendre coses noves (Fig.5). Pel que fa a les activitats d'aula inversa, no els ha suposat un esforç considerable ja que han valorat que la feina que calia fer a casa era poca, fàcil, entenedora i

que el material estava ben preparat. Pel que fa a la gestió del temps i la sensació de sobresaturació, els resultats indiquen una gran heterogeneïtat entre els alumnes. No tothom ha portat la feina al dia i alguns han deixat pel final la redacció final de la memòria, tot i deixar 20' al final de cada sessió per treballar-hi i més d'un mes de temps entre l'última sessió i l'entrega del dossier.

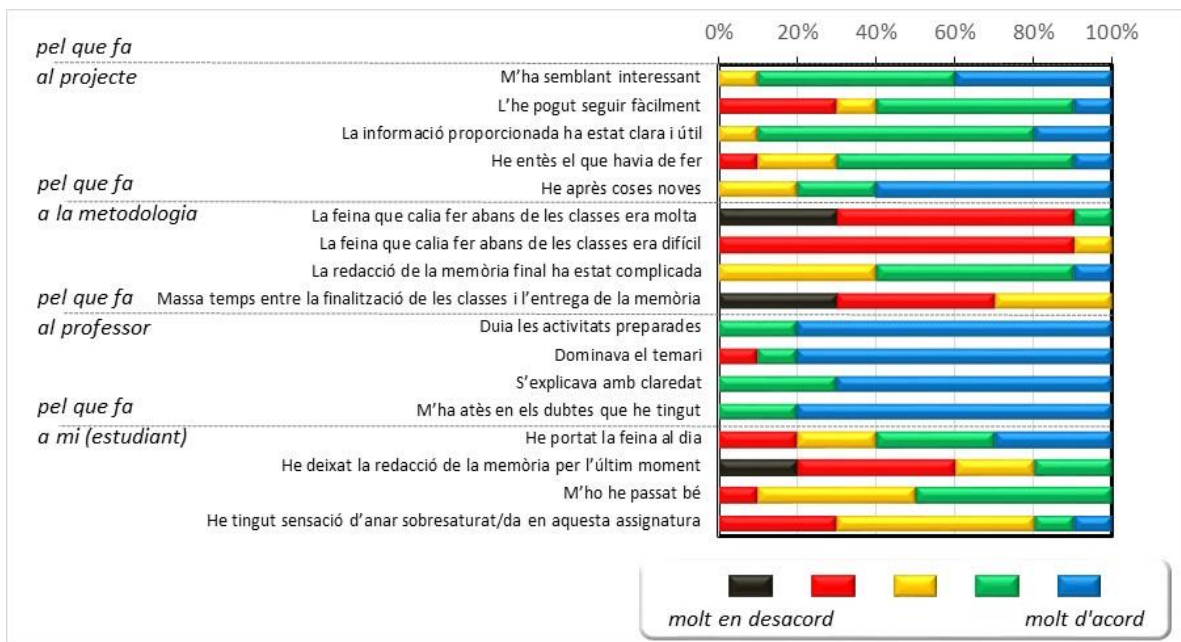


Figura 5. Resultats de les enquestes de valoració de l'activitat.

## Valoració de l'experiència

La proposta didàctica presentada s'ha realitzat amb la intenció de millorar la capacitat d'interrelacionar conceptes i coneixements dels alumnes de Mineralogia Ambiental (4rt Grau de Geologia) tot reduint la sensació de sobrecàrrega de treball i trencant la inèrcia del treball a última hora que presenten. Aquesta proposta s'ha basat en substituir part de les classes magistrals i de pràctiques d'ordinador per un treball basat en projectes combinat amb aula inversa. Els alumnes s'han adaptat molt bé, han après i han gaudit de les classes.

Les activitats d'aula inversa han estat realitzades majoritàriament en el temps destinat per fer-les, tot i que en alguns casos l'han sobrepassat. En qualsevol cas, s'ha reduït considerablement el volum de feina que l'alumne havia de fer a casa. El cas real treballat a classe, tal i com faria una consultoria, ha agradat i motivat. La temàtica treballada en alguna de les sessions, però, ha estat una mica extensa i necessita ser ajustada per facilitar la seva

comprensió. L'objectiu de trencar la inèrcia que presenten els estudiants de deixar-ho tot per l'últim dia no s'ha assolit al 100%. El resultat en aquest sentit ha estat molt heterogeni.

Tot i així, l'experiència ha estat molt enriquidora.

Aquesta experiència s'ha difós al X Congrés CIDUI 2018, celebrat a Girona del 4 al 6 de juliol. S'ha presentat la contribució "FEM DE CONSULTORS! La geoquímica des d'un punt de vista pràctic" en format poster (Figura 8). Està enviada a la revista CIDUI.

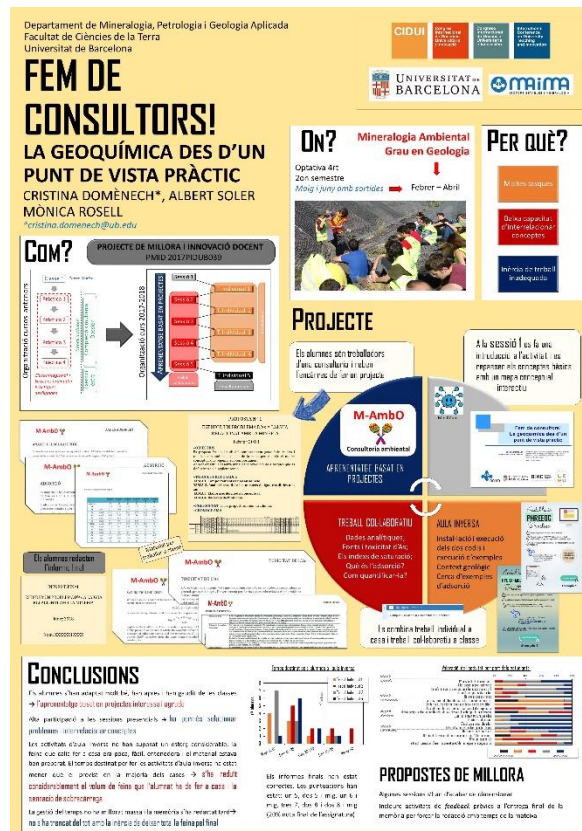


Figura 7. Póster presentat al X Congrés CIDUI 2018 (4-6 juliol 2018).

## Referències

Asonitu, S. (2015). Employability Skills in Higher Education and the Case of Greece. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 175, 283-290.

- Ausín, V., Abella, V., Delgado, V. i Hortigüela, D. (2016). Aprendizaje Basado en Proyectos a través de las TIC. Una Experiencia de Innovación Docente desde las Aulas Universitarias. *Formación Universitaria*, 9 (3), 31-38.
- Berkowitz, M.R. (2013). Assessing impact of not attending lectures on osteopathic medical student performance: Brief survey of the literature and proposed future research. *International Journal of Osteopathic Medicine*, 16(4), 212-215.
- Bernard, R.M., Rubalcava, B.R., i St-Pierre, D. (2000). Collaborative online distance learning: Issues for future practices and research. *Distance Education*, 21(2), 260–277.
- Gilboy, M.B., Heinerichs, S. i Pazzaglia, G. (2015). Enhancing Student engagement Using the Flipped Classroom. *Journal of Nutrition Education and Behavior* 47, 109-114.
- Hockings, C., Cooke, S., Yamashita, H., McGinty, S., i Bowl, M. (2008). Switched off? A study of disengagement among computing students at two universities. *Research Papers in Education*, 23(2), 191–201.
- O’Flaherty, J., i Phillips, C. (2015). The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review. *Internet and Higher Education* 25, 85-95.
- Parkhurst, D.L., i Appelo, C.A.J. (2012). Description of input and examples for PHREEQC version 3—A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, chap. A43, 497 p.
- Pluta, W., Richards, B., i Mutnick, A. (2013). PBL and beyond: Trends in collaborative learning. *Teaching and Learning in Medicine*, 25(S1), S9–S16.
- Prober, C.G. i Heath, C. (2012). Lecture halls without lectures - a proposal for medical education. *New England Journal of Medicine*, 366(18), 1657-1659.
- Puigdomènech, I. (2010). MEDUSA (Make Equilibrium Diagrams Using Sophisticated Algorithms) Windows interface to the MS-DOS versions of INPUT, SED and PREDOM (FORTRAN programs drawing chemical equilibrium diagrams) Vers. 6 Dec 2010. Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- Thai, N.T.T., DeWever, B. i Valcke, M. (2017). The impact of a flipped classroom design on learning performance in higher education: Looking for the best “blend” of lectures and guiding questions with feedback. *Computers & Education*, 107, 113-126.
- Vega, F., Portillo, E., Cano, M. i Navarrete, B. (2014). Experiencias de aprendizaje en la ingeniería química: diseño, montaje y puesta en marcha de una unidad de destilación a escala de laboratorio mediante el aprendizaje basado en problemas. *Formación Universitaria*, 7(1), 13-22.