

# Treballs de recerca en química en l'àmbit del Programa Argó

Research works in chemistry within the scope of the Programme Argó

Miquel Calvet Solé / INS Castellar, Castellar del Vallès



## resum

En aquest article s'explica la meua experiència com a tutor de treballs de recerca (TR) a l'INS Castellar (Castellar del Vallès) des del curs 1996-1997 fins al curs 2014-2015. Es detallen les característiques d'aquests TR, i com els alumnes triaven els temes a partir de les propostes de continuïtat de treballs de cursos anteriors i de suggeriments del tutor i dels cotutors del Programa Argó. Es descriu la manera d'avaluar i fer el seguiment del treball individual i de grup. S'expliciten els recursos de què vaig gaudir per desenvolupar els TR i les tipologies o les línies de recerca que vaig seguir durant aquells cursos. Finalment, es presenten dos treballs de química fets en l'àmbit del Programa Argó.

## paraules clau

Programa Argó, autoavaluació, recursos, línies de recerca, treballs de recerca en química.

## abstract

This article explains my experience as research work (RW) adviser at the INS Castellar (Castellar de Vallès) during the academic years from 1996 until 2015. The paper focuses on the characteristics of these RW, the subjects chosen by the students from continuity proposals of previous research works, and suggestions from the RW advisor as well as from the partners of the Programme Argó. The way to evaluate and control individual and group works is also discussed. The resources I benefited to develop the RW and the types or lines of research that I followed during those courses are as well explained. Finally, three research works carried out in the scope of the Programme Argó are presented.

## keywords

Programme Argó, self-evaluation, resources, lines of research, chemistry research works.

## Característiques dels treballs

Dels vint-i-vuit treballs que vaig dirigir com a professor de física i química, disset foren de química (dotze dels quals dins de l'àmbit de química del Programa Argó), però sempre de tipus experimental i realitzats en grups de dos a quatre alumnes. Com que el treball experimental requereix estones llargues, es feien en tardes extra al laboratori sempre amb la meua presència.

En algunes ocasions calia que els alumnes fessin alguna part experimental a casa seva, i en d'altres havien d'anar a algun centre de recerca a completar alguna part del seu treball. La

majoria de treballs es van fer amb orientacions o en col·laboració amb un cotutor d'algun centre extern, tal com es ressenya més endavant.

Personalment no veig diferències en tutoritzar treballs de química o bé de física, penso que en cada cas depèn de la formació i de les habilitats de cada professor i de les col·laboracions externes que pugui aconseguir.

El Programa Argó (<https://www.uab.cat/web/programa-argo-1345714880943.html>), endegat per l'ICE de la UAB, facilita la transició entre la secundària i la universitat a través de diferents activitats dirigides tant a l'alumnat com al professorat de secun-

dària. Les accions del programa dirigides a l'alumnat són l'assessorament de treballs de recerca de batxillerat, les estades d'estiu, els Premis Argó, els tallers, les recerques per aprendre i els cursos d'estiu. Les accions dirigides al professorat de secundària obligatòria i de batxillerat són els equips de treball internivell Argó i les jornades d'actualització de continguts.

## Selecció dels treballs de recerca

Des del curs 1996-1997 fins al 2002-2003 vaig impartir a segon de batxillerat l'assignatura optativa de recerca científica. Durant el primer trimestre, una

hora setmanal d'aquesta assignatura s'utilitzava perquè els alumnes desenvolupessin, sota la meua tutoria, la part experimental del seu TR. En el segon trimestre, presentaven el seu treball escrit i l'exposaven als alumnes de primer de batxillerat. En les conclusions finals del treball hi havia d'haver sempre una proposta de continuïtat per si alguns alumnes del primer curs el volien continuar el curs vinent, i si aquest era el cas el començaven a treballar durant l'estiu.

Els departaments didàctics de l'institut proposaven temes per als TR a primer de batxillerat, cada alumne o grup d'alumnes n'escollia un i, posteriorment, la Coordinació de Batxillerat organitzava els grups. Si era el cas, s'intentava desenvolupar alguna proposta de tema feta pels mateixos alumnes segons els seus interessos.

A partir del curs 2011-2012 alguns nois i noies van participar a les Estades d'Estiu en un Centre de Recerca, organitzades pel Programa Argó, des d'on sortien amb una proposta de TR per al curs vinent.

### Autocontrol i avaluació del treball individual i de grup

Tot i considerant que els treballs es feien en grup, calia establir algun sistema d'autocontrol i avaluació de grup però també del treball individual, per això els alumnes emplenaven periòdicament un full d'autocontrol i avaluació (fig. 1), on s'assignaven una nota sobre 3 per cada ítem que consideraven que calia ser avaluat, i finalment el lliuraven signat i servia al tutor per modular la nota final individual corresponent a la feina feta, al laboratori i a casa (Calvet, 1999).

Aquest full també va resultar útil per controlar altres tipus de treballs d'alumnes en grup (Calvet, 2003). La nota final per a cada alumne depenia de les notes del tutor, d'un corrector extern i de la

## AUTOCONTROL I AVALUACIÓ DEL TREBALL DE GRUP

TITOL: Producció fotocatalítica d'hidrogen	NOM I COGNOMS		
<b>FASE PRE-EXPERIMENTAL</b>			
*1.1. Preàmbul	3	3	3
1.2. Abstract	3	3	3
1.3. Motiu del treball			3
1.4. Antecedents			3
1.5. Objectius inicials del treball			3
2.1. L'hidrogen: un element de la taula periòdica	3		
2.2. Producció fotocatalítica d'hidrogen	3	3	3
2.3.1. V-heurística		3	
2.3.2. Procediment		3	
<b>FASE EXPERIMENTAL</b>			
3.1.1. Material emprat			3
3.1.2.1. Elaboració del tap del reactor	3	2	
3.1.2.2. Proves d'estanqueïtat	3		
3.1.3. Construcció del fluxòmetre	3		
3.1.4. Fonts de nitrogen			3
3.1.4.1. Globus i conjunt tap – aixeta			3
3.1.4.2. Bomba per insuflar el nitrogen al reactor			3
3.1.5. Arranjament del sistema			3
Passar a net Base d'orientació i càlculs 1,2 i 3	3		
Reaccions (Base 1)	3		
Precaucions (Base 1,2)	3		
Procediment desglossat i fotografiant (Base 1,2) i dificultats	3		
3.3.2. Proves proposades i limitacions			3
3.3.3. Càlculs de la producció d'hidrogen			3
3.3.4. Control de variables			3
Treball al laboratori	3	3	3
<b>FASE POST-EXPERIMENTAL</b>			
4.1. Interpretació dels resultats	3	3	3
4.2. Conclusions			3
4.3. Utilitat de l'hidrogen			3
4.4. Imprevistos		3	3
4.6. Reflexió			3
5. Propostes de continuïtat			3
6.1. Annexos	3	3	3
7. Agraïments			3
Nota d'autocontrol global	42/42	53/53	45/45
Signatures			

Castellar del Vallès . Dijous 5 de gener del 2006

Figura 1. Exemple de full d'autocontrol i avaluació.

nota assignada pel tribunal després d'escoltar l'exposició pública del TR.

### Recursos

Un dels principals problemes per tutoritzar TR de tipus experimental és el fet de poder disposar dels coneixements i dels recursos materials necessaris; en el meu cas els vaig trobar en diverses institucions i persones que detallo a continuació.

El Centre de Documentació i Experimentació en Ciències (CDEC) em va proporcionar, en

préstec, aparells i reactius, com per exemple: espectrofotòmetre, carret Ruhmkorff, balança electrònica, sensors, etc. A més, vaig poder gaudir en moltes ocasions de la inestimable ajuda i assessoria d'en Lluís Nadal, tècnic del CDEC.

La participació en projectes em va permetre col·laborar amb companys d'altres instituts. Per exemple, en el Global Solar Partners, endegat pel programa «Ciència a través del Món», vaig cotutoritzar dos TR amb Xavier

Juan, de l'INS Sant Quirze. A partir d'un d'aquests dos treballs, el nostre alumnat va poder participar al «Young Solar Meeting» que es va celebrar a Glasgow el maig de l'any 2000. Una altra participació va ser en el «Projecte Ozó» (INS El Prat i INS Castellar), que em va subministrar sensors d'UV per poder fer alguns dels treballs.

El Seminari Permanent de Física i Química, dependent del CESIRE-CDEC, va ser un magnífic fòrum per intercanviar idees i materials dels quals no disposava a l'institut i, també, per fer consultes a alguns conferenciantes que suggerien temes per a TR.

En uns quants treballs vaig poder beneficiar-me de l'ajut que oferia el Programa Argó en les dues modalitats següents:

— Estadès Argó a la UAB.

L'alumnat feia una estada a l'estiu en un centre de recerca i posteriorment desenvolupava un treball de recerca a l'institut amb la col·laboració d'un cotutor del Programa Argó.

— Assessorament a treballs de recerca.

Cotutoria o assessorament dins del Programa Argó, malgrat que els alumnes no haguessin fet cap estada al centre de recerca.

En les dues modalitats els cotutors provenien de la Facultat de Ciències de la UAB i de l'Institut de Ciència de Materials (ICMAB). Ens van oferir assessoria, aparells i la possibilitat de fer proves complexes, com per exemple: anàlisi de mostres mitjançant TOC (Total Organic Carbon), RMN, microscòpia electrònica SEM i TEM, ús de forn i premsa per sintetitzar un superconductor YBaCuO, etc.

També ens van fer el préstec d'algun reactiu i de mostres de nous materials que altrament no hauríem pogut adquirir per desenvolupar els treballs, com per exemple: nitrogen gas, nitrogen líquid, aerogel (ICMAB), SPION

(nanopartícules oxidoferromagnètiques) (ICMAB), etc.

Actualment hi ha una oferta més àmplia de centres de recerca i departaments universitaris que ofereixen la seva col·laboració per elaborar treballs de recerca, que es pot consultar a la pàgina web del CESIRE (<https://agora.xtec.cat/cesire/?s=Treballs+de+recerca>).

Finalment, he de comentar que vaig poder disposar d'una bona dotació de material de laboratori, com per exemple un equip MultiLab. A més, les diverses juntes directives de l'institut i la mateixa AMPA del centre van atendre, sempre que van poder, les meves sol·licituds per comprar nous materials. Per altra banda, es van atorgar dos premis CIRIT al centre (els cursos 1996-1997 i 2012-2013) amb la recomanació expressa de destinar els diners a la compra de material de laboratori, cosa que va permetre comprar, entre altres, una balança electrònica, un espectrofotòmetre i reactius específics.

### Línies de recerca

El fet de poder treballar amb l'ajuda de col·laboradors i cotutors en la majoria de treballs i que els alumnes fessin propostes de continuïtat en acabar el seu treball, em va permetre desenvolupar una sèrie de línies de recerca, amb la qual cosa augmentava el meu coneixement d'alguns temes fins a esdevenir-ne quasi un «expert», cosa que em va facilitar la tutoria de treballs de temes cada vegada més complexos.

A més, seguir aquestes línies de recerca també va ser la manera d'optimitzar alguns aparells que s'havien adquirit i construït en els diversos treballs (escultures sonores Baschet, maqueta de mur Trombe, espectrofotòmetre, etc.).

A continuació (taula 1) es presenta la relació d'aquestes línies

de recerca amb alguns TR representatius de cada línia. S'ha assenyalat entre parèntesis si van rebre algun premi o reconeixement i, tot seguit, s'indica el nom del col·laborador o cotutor amb qui es va realitzar cada treball.

En aquesta llista es pot veure la relació entre la línia de recerca, els col·laboradors o cotutors, els centres de recerca i els departaments universitaris.

#### Aire per respirar

Estudi de la fotosíntesi. 1996-1997 (CIRIT, alumnes i centre)  
Col·laborador: Lluís Nadal, CDEC

El tabac. La màquina de fumar. 1997-1998 (CIRIT)  
Col·laborador: Lluís Nadal, CDEC

#### La llum ens informa

Anàlisi espectroscòpica d'aigües minerals. 1998-1999  
Col·laborador: Lluís Nadal, CDEC

Seguint les pampallugues. Estels variables. 1998-1999 (INJUVE, CIRIT)  
Col·laborador: Antoni Garrigós, Observatori Astronòmic de Sabadell

#### Tractament d'aigües

Detoxificació solar d'aigües mitjançant la fotocatalisi heterogènia. Depuració d'aigües residuals. 2002-2003 (Junior Water Prize 2003)  
Cotutor: Josep Peral, Facultat de Ciències, UAB. Programa Argó

Química verda contra les emulsions. 2010-2011 (CIRIT, Societat Catalana de Química, Minerva)  
Cotutor: José A. Ayllon, Facultat de Ciències, UAB. Programa Argó

#### Art i ciència

Estructures sonores Baschet I. 1998-1999 (INJUVE, La Clau de So)  
Col·laborador: François Baschet, constructor d'estructures sonores

A la recerca del color. Tintura de llana. 1999-2000 (CIRIT)  
Col·laboradora: Anna Roquero, artista tenyidora

#### Cases per viure confortablement

El mur Trombe. 1999-2000 (Young Solar Meeting, Glasgow)  
Col·laborador: Xavier Juan, INS Sant Quirze

Auditoria Ambiental I de l'Institut Castellar. 2002-2003 (Baldiri Reixac)  
Col·laborador: Galdric Ruiz, arquitecte tècnic, Ajuntament de Castellar

#### Energies netes

Construcció d'un cotxe hidrogenosolar. Solució de futur? 2003-2004 (Fòrum de les Cultures 2004, UPC 2004, Argó 2004, M. Miró i Marimon 2004, José Cantero-EPSON 2004, CIRIT 2004, Expodidàctica 2004, Projecte EAA)

Muntatge i caracterització d'una placa DSSC. Buscant potència. 2008-2009 (CIRIT 2009, Argó-UAB 2009, SCQ-IEC 2009, Minerva 2009)  
Cotutor: José Antonio Ayllon, Facultat de Ciències, UAB

#### Estudi de nous materials

Sinterització i caracterització d'un superconductor. 2011-2012 (Argó-UAB 2012, SCQ-IEC 2012, Minerva 2012, CIRIT 2012)  
Cotutor: Xavier Granados, ICMAB-CSIC

Un petit gran món. Estudi de les nanopartícules oxidoferrimagnètiques i aplicacions en el projecte Magnet. 2013-2014. (Minerva 2014)  
Cotutora: Anna Roig, ICMAB-CSIC

Taula 1. Línies de recerca i alguns treballs representatius.

#### Exemples de treballs de química

A continuació es descriuen dos treballs de recerca en l'àmbit

de la química desenvolupats dins del Programa Argó.

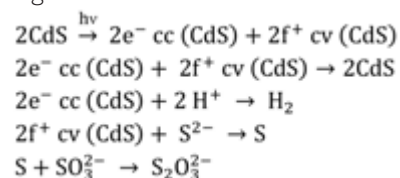
#### Producció fotocatalítica d'hidrogen

<b>Curs</b>
2005-2006
<b>Autores</b>
Natàlia Cardozo Rembado, Eva Daví Loscos i Anna Herrera Chacón (fig. 2)
<b>Tutor</b>
Miquel Calvet, Seminari de Física i Química, INS Castellar
<b>Cotutor</b>
Joan Suades, Facultat de Ciències, UAB. Programa Argó
<b>Objectius</b>
— Estudiar la reacció de fotocatalisi mitjançant llum solar i aigua, segons l'article d'Atif Koca i Musa Sahin (Koca & Sahin, 2002; Sahin & Koca, 2003).
— Sintetitzar el fotocatalitzador.
— Obtenir hidrogen seguint aquest mètode.
— Optimitzar la reacció a partir de diverses variables.

En aquest treball es va voler continuar la línia de recerca sobre «Energies netes» iniciada en cursos anteriors pel Seminari de Física i Química de l'INS Castellar, en què l'alumnat havia investigat sobre les possibilitats actuals i futures de l'ús de l'hidrogen com a vector energètic.

Des de fa anys s'investiguen maneres de produir hidrogen de forma eficient i sense despesa energètica per ser utilitzat en piles de combustible, per això les autores, aconsellades pel cotutor, van voler investigar un d'aquests mètodes segons els objectius relacionats en la taula anterior. La recerca es basa en la descomposició fotocatalítica de l'aigua mitjançant CdS/ZnS, fotocatalitzador semiconductor i llum solar directa o UV per obtenir hidrogen, segons l'esquema adjunt (fig. 3).

El mètode consisteix a realitzar una reducció fotocatalitzada dels  $H^+(aq)$  presents en l'aigua per formar  $H_2(g)$ . El CdS/ZnS és el fotocatalitzador que capta un fotó que permet que l'electró pugi de la capa de valència (cv) a la capa de conducció (cc). Aquest electró és restituit per un altre electró de l'electrodonador,  $Na_2S$  i  $Na_2SO_3$ . Les reaccions implicades són les següents:



Per portar a terme la reacció, les alumnes van dissenyar el reactor amb el programa ACD/Labs i el van construir al taller del laboratori. La bureta feia la



Figura 2. Les autores amb elements de seguretat (bata, guants, mascareta i ulleres) preparant els reactius al laboratori de l'institut.

funció de fluxòmetre per mesurar la quantitat d'hidrogen generat (fig. 4).

A continuació, calia sintetitzar el fotocatalitzador (fig. 5) fent un

coprecipitat de CdS/ZnS (s) en proporció 2:1. Per fer-ho van seguir el protocol de l'article de referència i van tenir especial cura amb les mesures de seguretat (fig. 2).

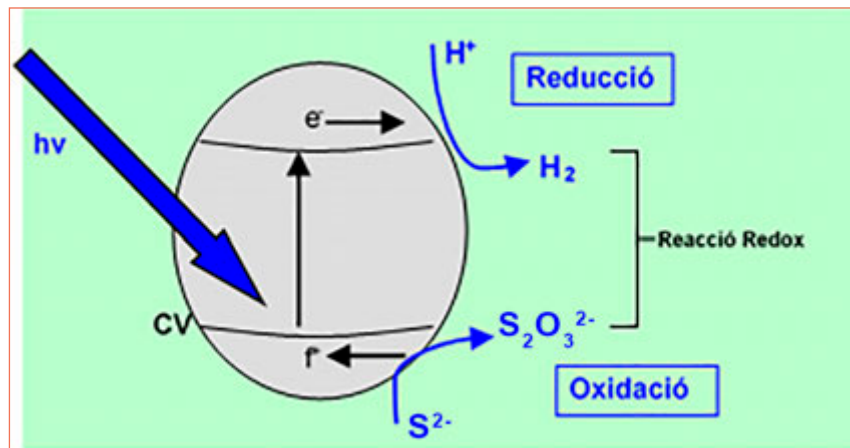


Figura 3. Esquema de funcionament d'un fotocatalitzador semiconductor com el sulfur de cadmi / sulfur de zinc, CdS/ZnS.

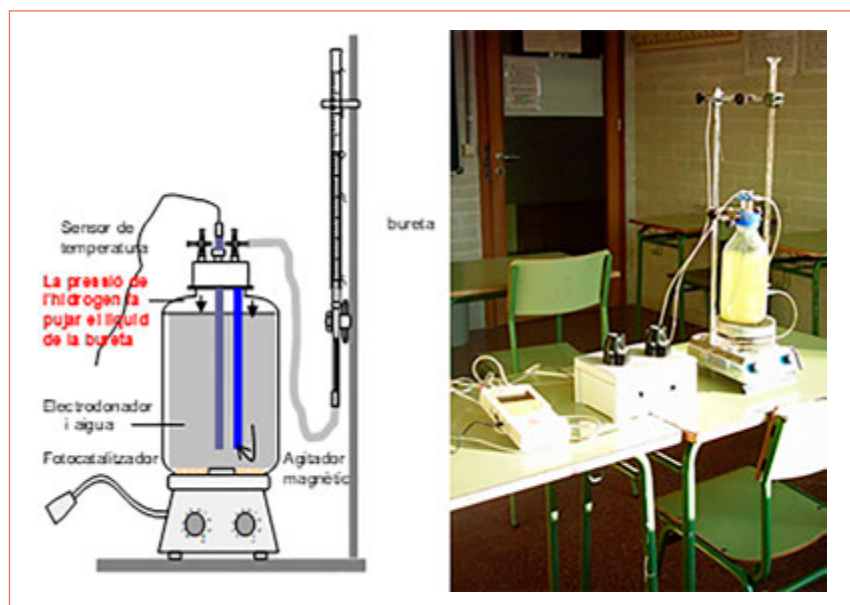


Figura 4. Esquema del reactor amb fluxòmetre (bureta) i exposició a la llum solar.

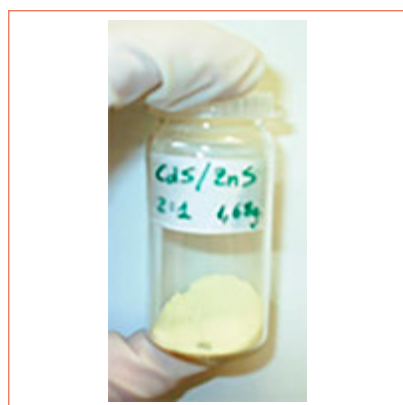


Figura 5. Fotocatalitzador.



Figura 6. Font de nitrogen i sistema de vàlvules i xeringa per fer-lo passar a través del reactor.

I seguint també el protocol de l'article referenciat van preparar l'electrodonador de sacrifici  $\text{Na}_2\text{S}(\text{aq})$  i  $\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq})$ .

Un cop disposats els reactius calia desairejar la mescla reaccionant, per a la qual cosa van enginyar un mètode, basat en globus gruixuts i grossos amb una aixeta acoblada, per poder portar nitrogen gas des del Departament de Ciències de la UAB i després fer-lo passar a través del reactor. Altrament, l'oxigen de l'aire dissolt en l'aigua oxidaria el sulfur de sodi  $\text{Na}_2\text{S}$  i l'electrodonador no funcionaria (fig. 6).

Finalment, es van fer una sèrie de proves en les condicions que es detallen (taula 2) de control de variables i resultats, però tenint en compte què:

- Quan s'irradiava el reactor amb llum UV de 300 W, per seguretat es posava tot el muntatge dins d'una capsa de cartró grossa.

- Si calia, es podia agitar la solució amb un agitador magnètic i es mesurava la temperatura inicial i final amb un termòmetre de sonda de l'equip MultiLog.

- En acabar la reacció, calia calcular el volum real d'hidrogen produït, tot descomptant l'augment de volum addicional del gas provocat per l'augment de temperatura del sistema durant la reacció (fig. 7).

A la taula 2 es mostren els resultats finals.

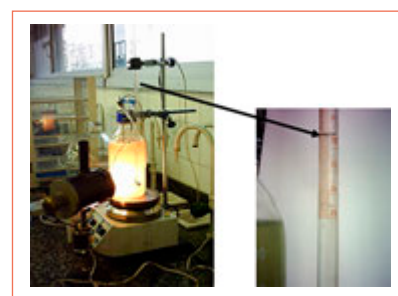


Figura 7. Reactor exposat a la llum d'una làmpada UV. La lectura del fluxòmetre (bureta) indica un  $\Delta V$  de 3,5 ml.

Segons paraules de les mateixes autores: «Tot i la incertesa que comporten en alguns moments el mètode i la investigació científica, es van anar resolent, pas a pas, tots els problemes que es van trobar, buscant solucions per arribar a l'objectiu, que era produir hidrogen amb aigua i llum solar!».

Un cop acabada la recerca, les alumnes van poder observar que el mètode de fotocatalisi és possible a partir de llum solar directa i una font d'UV, i que si afegien àcid sulfúric a l'aigua (font addicional de protons) i ho agitaven el rendiment millorava. Van obtenir resultats similars als dels articles de referència de Koca i Sahin.

Les conclusions experimentals a què van arribar les autores en aquest TR van fer pensar fins i tot en la possibilitat de publicar-lo en una revista especialitzada i van ser mereixedores dels premis següents: Argó-UAB 2006, SCQ-IEC 2006, CIRIT 2006 i Escola Universitària de Terrassa - EUN-CET 2006.

### Depuració d'aigües residuals per electrocoagulació. Electroflotació. Disseny d'un reactor per depurar purins

#### Curs

2009-2010

#### Autors

Laia Pasquina Lemonche, Elena Rodríguez Franch i Àngel Vilalta Lladós

#### Tutor

Miquel Calvet, Seminari de Física i Química, INS Castellar

#### Cotutor

José Antonio Ayllon, Facultat de Ciències, UAB. Programa Argó.

#### Objectius

Taula de control de variables i resultats

CdS/ZnS 2:1 Prova núm.	T <sub>i</sub> (°C)	T <sub>f</sub> (°C)	Temps (h)	Lectura ΔV (ml)	Càlcul ΔV (ml)
1. Llum solar directa	16	20,7	0,56	3,5	2,5
2. UV	20	26,8	2,18	5,6	3,67
3. UV i agitació	26,8	30	2,05	6,0	5,7
4. UV i àcid sulfúric	19	24,5	1,35	7,0	5,65

Taula 2. Proves realitzades per a l'obtenció fotocatalitzada d'hidrogen.

— Estudiar el mètode d'electrocoagulació-electroflotació per depurar aigües amb colorants i aigua oliosa.

— Dissenyar un reactor que funcionés de forma autònoma i sostenible per poder depurar aigües olioses, o amb purins o colorants.

Aquest treball és un exemple significatiu de la línia de recerca sobre «Tractament d'aigües» i es basa en el mètode d'electrocoagulació-electroflotació per depurar aigües amb colorants i aigua oliosa, que és una tècnica que ja fa temps que s'aplica per tractar residus tèxtils (Ibañez *et al.*, 1998). Els mateixos investigadors anteriors la van implementar per ensenyar aquest mètode a l'aula (Ibañez *et al.*, 1995).

El mecanisme global del procés és una combinació d'un conjunt de mecanismes que funcionen sinèrgicament (fig. 8).

1. Un corrent passa a través d'un elèctrode de metall (ànode) i oxida el metall al seu catió. Els electrons alliberats circulen pel circuit exterior impulsat per la font d'alimentació.

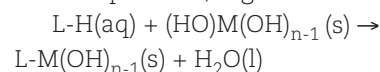
2. Gairebé al mateix temps, l'aigua és reduïda en l'altre elèctrode de metall (càtode) a gas d'hidrogen i s'alliberen ions hidroxil.

3. Els cations metàl·lics amb els ions OH<sup>-</sup> formaran un hidròxid metàl·lic insoluble:



La baixa solubilitat d'aquests hidròxids fa que el pH no sigui gaire elevat i es mantingui quasi constant durant tot el procés.

4. Aquest hidròxid pot eliminar els pol·luents mitjançant complexació superficial, segons:



I també mitjançant atracció electrostàtica (fig. 9).

L'oli i els greixos s'estabilitzen mitjançant surfactants, que disposen d'un grup polar en un extrem i una cua no polar en l'altre, formant així una emulsió. L'hidròxid metàl·lic hidratat conté regions de càrrega aparent positiva i negativa, que atreuen les regions de càrrega oposada de les espècies pol·luents i les enretiren de la solució, de forma que així el greix s'agrupa formant una fase oliosa per coalescència (fig. 9).

Finalment, cal fer notar que si es disposa el càtode de manera adient, les bombolles de l'hidrogen alliberat fan que els fangs, formats a partir del pol·luent i l'hidròxid metàl·lic, es mantinguin en flotació. Això permet que es puguin retirar fàcilment de la cel·la electrolítica. A mesura que

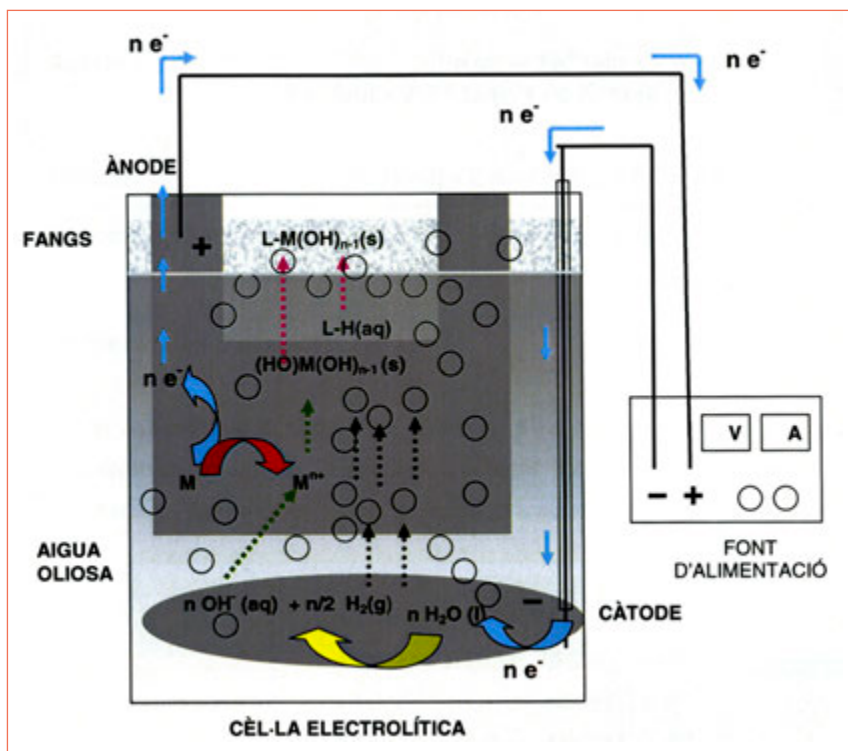
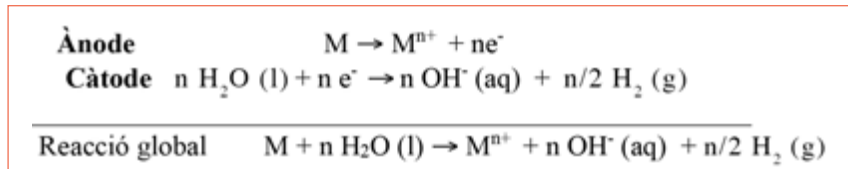


Figura 8. Mecanisme d'electrocoagulació-electroflotació, funcionant sinèrgicament.

es va alliberant l'hidròxid, es formen les partícules de fang d'escala nanomètrica, i això fa que aquests fangs siguin més compactats que si es formen afegint-hi un reactiu químic directament (fig. 8).

Resumint: el que fa el gas d'hidrogen és ajudar que hi hagi floculació. Una vegada és generat aquest floc, el gas fa que el floc floti de manera que quedi a la superfície de les aigües residuals, en forma de capa d'escuma a la superfície del líquid.

La reacció global és:



Per provar experimentalment aquest procés, es va dissenyar amb el programa ACD/Labs un microreactor amb el qual es podia controlar i mesurar la temperatura de treball, la densitat de corrent, els canvis de pH i els canvis de massa dels electrodos (fig. 10).

Primer es va voler comprovar si es podia depurar de manera significativa aigua amb colorant.

Amb aquest objectiu es va preparar una dissolució de roig d'alitzarina al 0,2 %, i després de fer el tractament es va notar un canvi claríssim en la transparència de la mostra, ja que es van formar coàguls que quedaven en flotació. Per fer una mesura quantitativa de la depuració, es van mesurar l'absorbància i la transmitància inicials i finals de la mostra, mitjançant un espectrofotòmetre Philips deixat en préstec pel CDEC (fig. 11).

La conclusió d'aquesta part fou que el mètode d'electrocoagulació/electroflotació funciona correctament per eliminar el colorant roig d'alitzarina.

Per demostrar que el sistema també podia depurar de manera significativa una aigua olivosa calia esbrinar quines són les condicions òptimes per tractar-la, i per això es va seguir el procediment següent:

— Primer es va preparar una emulsió d'oli de gira-sol amb un detergent (Fairy) i s'hi va afegir clorur de sodi per obtenir quatre preparacions amb un 4 %, un 3 %, un 2 % i un 1 % de sal respectivament.

— A continuació es van fer una sèrie de proves en les quals la salinitat, la temperatura de la dissolució, els canvis de pH i la densitat de corrent estaven controlats.

En cada cas es va mesurar l'absorbància i la transmitància a intervals regulars de temps. I es va trobar que les millors condicions per depurar l'emulsió d'aigua olivosa és amb una salinitat del 2 % i una temperatura de 40 °C, tal com es mostra als gràfics (fig. 12 i 13).

També es va comprovar que el pH es manté quasi constant i lleugerament bàsic, que una densitat de corrent més gran millora els resultats i que la disminució de massa de l'alumini de l'ànode és de l'ordre del centígram, cosa que fa que aquest mètode sigui avantatjós respecte d'altres que no generen el reactiu d'alumini *in situ*.

Finalment, com a proposta de continuïtat del seu treball, van dissenyar un reactor que s'hauria de construir i provar el curs següent. Aquest consta d'un recipient de metacrilat dividit en dues zones: la primera és un presedimentador i la segona és un dipòsit que conté el conjunt de les cel·les. A més, s'alimentaria mitjançant plaques fotovoltaïques, la qual cosa el faria autosuficient (fig. 14).

Les conclusions del TR, segons paraules dels mateixos autors, foren:

— Hem aconseguit estudiar i provar el mètode d'electrocoagulació/electroflotació.

— Hem depurat aigua amb colorants.

— El mètode d'electrocoagulació/electroflotació ens ha permès depurar amb èxit una aigua olivosa.

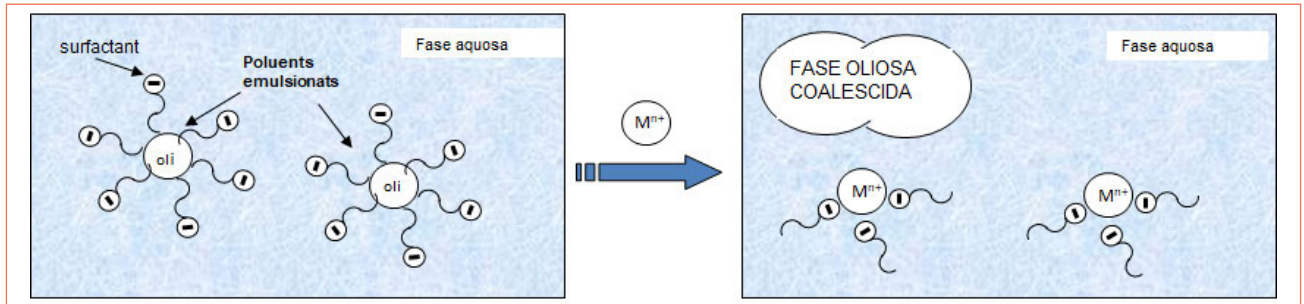


Figura 9. Esquema de la interacció del metall amb el surfactant i efecte sobre la fase oliosa.

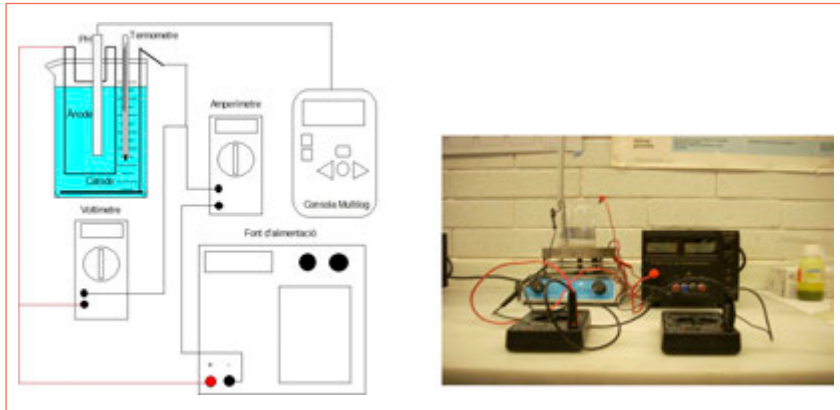


Figura 10. Esquema del muntatge i reactor amb elèctrodes d'alumini per tractar aigua oliosa.

aconseguir col·laboració material i orientació didàctica i científica.

Segons la meua experiència, els treballs de recerca de batxillerat permeten al professorat establir una relació d'ensenyament-aprenentatge de nivell superior amb l'alumnat, i obren als nois i noies les portes a camps d'interès que alguns seguiran en els seus estudis posteriors. I si aquests TR són cotutoritzats es poden tractar temes difícils de desenvolupar

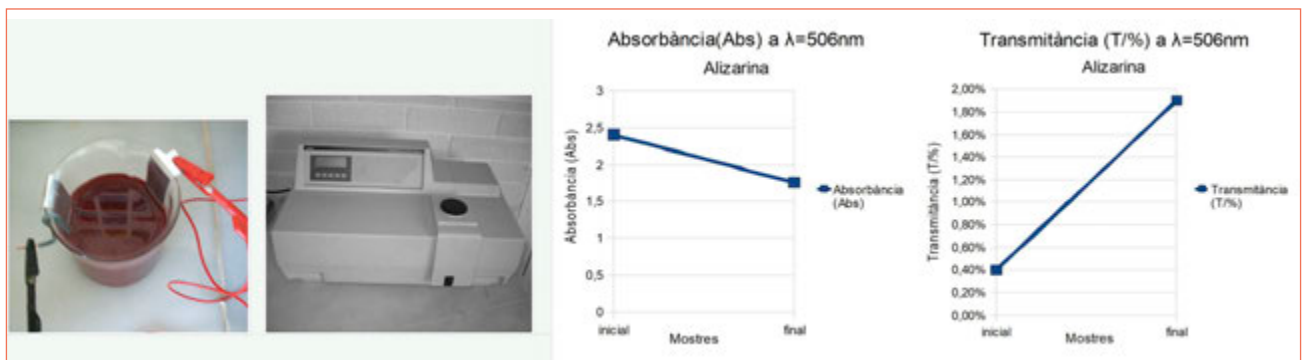


Figura 11. Aigua amb alitzarina, espectrofotòmetre i mesures de l'absorbància i la transmissància abans i després del tractament.

— Les condicions òptimes són: 2 % de NaCl a 40° C i amb alta densitat de corrent.

— El pH es manté quasi constant i lleugerament bàsic.

— La quantitat d'alumini gastat en l'ànode és ínfima.

— Hem realitzat el disseny d'un reactor autosuficient i sostenible per depurar purins.

### Observacions finals

Els treballs de recerca de batxillerat de l'àrea científica haurien de ser preferentment de tipus experimental. Tutorit-

zar aquests treballs comporta poder disposar d'horari per anar als laboratoris amb l'alumnat. Així mateix, és convenient la complicitat i la col·laboració de la junta directiva de l'institut i de l'AMPA per poder treballar al centre, si cal, alguna tarda, i també per aconseguir materials costosos. A més, per desenvolupar temes que a vegades desconeixem cal fer gestions en centres de recerca i departaments científics i didàctics universitaris, tal com ja s'ha comentat en l'article, per



Figura 12. Canvi d'aspecte de l'aigua oliosa després de 30 minuts de tractament.

amb els mitjans propis d'un institut i això permet a l'alumnat conèixer àmbits, en la majoria dels casos de tipus universitari, que el poden orientar en la seva tria d'estudis posteriors.



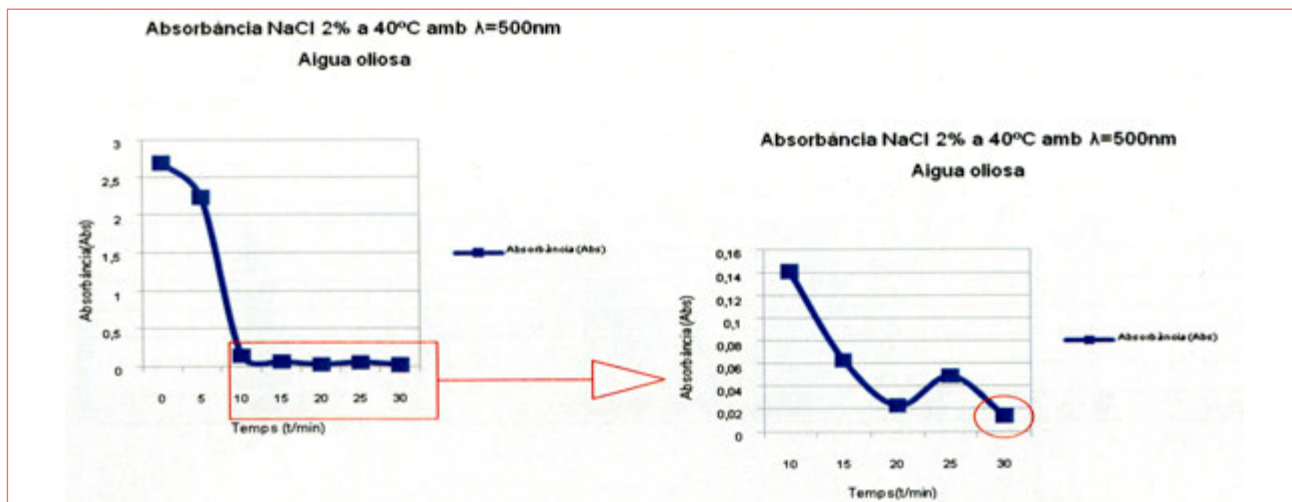


Figura 13. Mesura de l'absorbància.

Per altra banda, aquests TR faciliten que el professorat esdevingui un veritable expert en temes molt diversos i tingui la possibilitat de desenvolupar el seu currículum en àmbits que superen els límits de l'ESO i el batxillerat. Per acabar, voldria

*Aprendre ciències, tot aprenent a escriure ciència.* Barcelona: Edicions 62, p. 169-187. (Llibres a l'Abast; 386).

IBAÑEZ, J. G.; TAKIMOTO, M. M.; VASQUEZ, R. C.; BASAK, S.; MYUNG, N.; RAJESHWAR, K. (1995). «Laboratory experiments on

by direct sun light from sulfide/sulfite solution».

*International Journal of Hydrogen Energy*, núm. 27, p. 363-367.

SAHIN, M.; KOCA, A. (2003). «Photocatalytic hydrogen production by direct sunlight: a laboratory experiment». *Journal of Chemical Education*, núm. 80, 11, p. 1314-1315.

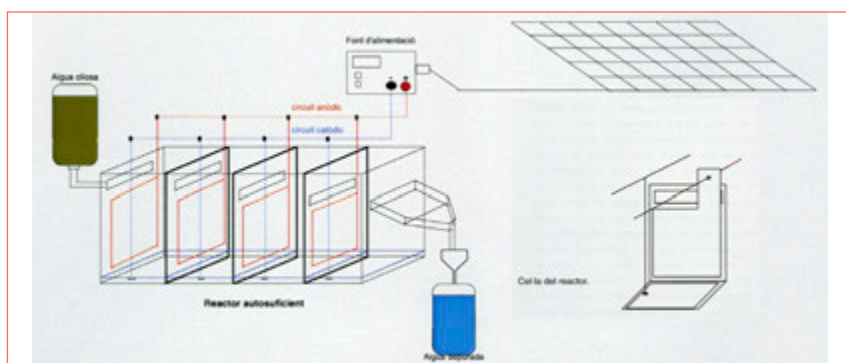


Figura 14. Disseny d'un reactor per tractar purins animals o vegetals amb aquest mètode.

reivindicar que l'Administració vetlli perquè els centres assignin la reducció horària corresponent als tutors de TR d'aquest tipus.

### Referències

CALVET, M. (1999). «El trabajo de investigación en el bachillerato». *Aula de Innovación Educativa*, núm. 81, p. 61-64.

CALVET, M. (2003). «Elaborar informes de treball experimental. Donar a conèixer l'acció i el pensament». A:

electrochemical remediation of the environment». *Journal of Chemical Education*, vol. 72, núm. 11, p. 1050-1052.

IBAÑEZ, J. G.; SINGH, M. M.; SZAFRAN, S. (1998). «Laboratory experiments on the electrochemical remediation of the environment. Part 4: Color removal of simulated wastewater by electrocoagulation-electroflotation». *Journal of Chemical Education*, vol. 75, núm. 8, p. 1040-1041.

KOCA, A.; SAHIN, M. (2002). «Photocatalytic hydrogen production



### Miquel Calvet Solé

Llicenciat en ciències químiques (UB), ha estat catedràtic de física i química d'ensenyament secundari. Ha participat en diversos congressos de didàctica de la ciència i ha publicat articles sobre aquesta temàtica. Ha participat en l'elaboració del Projecte Ciències 12-16 i en diversos cursos de formació del professorat de l'àmbit de la física i la química, tant telemàtics com presencials. Des del curs 2007-2008 és coordinador adjunt del Seminari Permanent de Física i Química del CESIRE-CDEC.

A/e: [miquelcalvet@gmail.com](mailto:miquelcalvet@gmail.com)