

## RECUPERACIÓ PER MÈTODES ELECTROQUÍMICS DEL PLOM UTILITZAT EN EXPERIÈNCIES SINTÈTIQUES

Jordi Dalmau, Judit Serra, Joan Miró, Josep Duran \*

Departament de Química. Universitat de Girona. 17071 Girona.

\* Autor a qui es pot adreçar la correspondència: josep.duran@udg.es

---

### RESUM

En aquest treball es proposa un mètode electroquímic per a la recuperació del plom utilitzat en l'assignatura pràctica Introducció a l'experimentació en síntesi química, de la llicenciatura en Química de la Universitat de Girona. La metodologia és positiva per a la formació dels alumnes, que aprenen una nova tècnica i adquireixen sensibilitat vers el medi ambient. El mètode, a més, ha mostrat ser molt efectiu en la recuperació del plom i en la disminució de la generació de residus.

### RESUMEN

En este trabajo se propone un método electroquímico para la recuperación del plomo utilizado en la asignatura práctica Introducción a la experimentación en síntesis química, de la licenciatura de Química de la Universitat de Girona. La metodología es positiva para la formación de los alumnos, que aprenden una nueva técnica y adquieren sensibilidad hacia el medio ambiente. El método ha mostrado, además, ser muy efectivo en la recuperación del plomo y en la disminución de la generación de residuos.

### ABSTRACT

In this work, we describe an electrochemical method for recovering the lead used during laboratory sessions of the course "Introduction to Chemical Synthesis Experiments", which is part of the Chemistry Degree at the University of Girona. The methodology has a positive effect on the students' training, as they learn a new technique and acquire environmental awareness. In addition, the method has shown to be very effective in recovering lead and in reducing the generation of residual waste.

**KEYWORDS:** education, electrochemistry, electrodeposition, heavy metal, laboratory experiments, lead, metal recovery.

---

## INTRODUCCIÓ

En el curs dels estudis de la llicenciatura de Química de la Universitat de Girona, la primera vegada que els alumnes entren en contacte amb un laboratori sintètic és

mitjançant l'assignatura d'Introducció a l'experimentació en síntesi química. Amb aquest primer contacte es pretén no solament que l'alumne adquireixi coneixements de química, sinó que s'integri dins de la metodologia de treball d'un laboratori de síntesi química. Aquest procés sempre s'ha de fer posant una atenció especial a les normes de seguretat i també de respecte pel medi ambient.

És en aquest darrer sentit que hem desenvolupat un mètode de recuperació del plom utilitzat en una de les experiències sintètiques, concretament la síntesi de sals de plom.

Els metalls pesants es consideren perillosos per al medi ambient i els valors límit per a les emissions d'aquests metalls ha anat reduint-se progressivament. Concretament, per al cas del plom, el valor límit d'emissions de plom en solució és de 2,0 mg.l<sup>-1</sup> per a les aigües residuals i de 0,05 mg.l<sup>-1</sup> per a l'aigua potable (1).

Durant anys no ha existit la consciència que l'emissió de residus tòxics malmenava el medi ambient i de retruc els éssers humans. Per sort, aquesta consciència ha anat canviant i els països han posat restriccions al tipus i a la quantitat de les emissions de compostos químics al medi ambient.

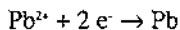
Aquesta consciència ha fet incrementar l'estudi de tecnologia que permeti recuperar o eliminar aquests compostos. Una de les noves idees és utilitzar l'electroquímica com un mètode per tractar les aigües residuals.(2, 3) Aquesta tècnica permet recuperar substàncies químiques que poden ser reutilitzades, així com extreure metalls en la forma menys tòxica possible.

Hem plantejat aquest tractament per a dissolucions que contenen ions plom perquè els alumnes són conscients de la toxicitat dels metalls pesants i concretament del plom. Els alumnes podran comprovar que es tracta d'un procés efectiu, i per tant net, i a més farà possible que coneguïn aquest procés electroquímic.

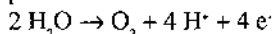
## EXPERIMENTACIÓ

### *Disseny dels experiments:*

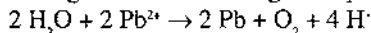
Amb la intenció de separar plom metàl·lic de solucions que contenen cations Pb<sup>2+</sup>, es va dissenyar un experiment simple basat en dues semireaccions, una de les quals havia de ser la de reducció del plom:



Per a l'altra semireacció es va escollir la d'oxidació de l'aigua, ja que no genera cap producte tòxic:



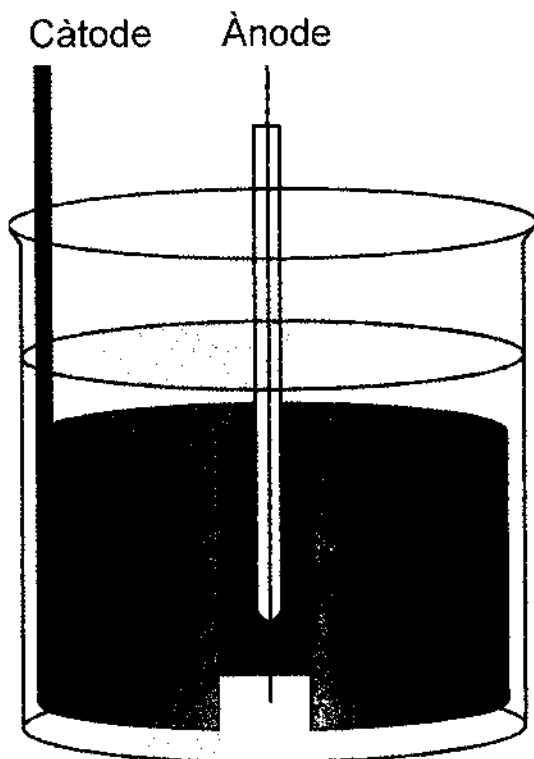
Això genera una reacció global que és:



### *Disseny de la cel·la d'electròlisi*

Els experiments s'han realitzat amb una cel·la adaptada a un vas de precipitats de 100 ml. L'esquema de la cel·la d'electròlisi és el que s'ha representat a la figura 1.

Per a la fabricació del càtode s'ha escollit el coure, un metall conductor i econòmic. Per a l'ànode es va escollir un elèctrode de platí, ja que és un metall que no s'oxida en les condicions de reacció.



**Figura 1.** Esquema de la cel·la d'electròlisi utilitzada. Volum de solució: 100 ml. Càtode: Cu, superfície interna:  $6,6 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ . Càtode: Pt, superfície:  $7,8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ . En el dibuix s'ha fet transparent la part central del càtode per facilitar la il·lustració.

Per a la realització dels experiments s'ha utilitzat en primer lloc una solució de nitrat de plom (II) 0,1 M. S'ha escollit aquesta concentració perquè la quantitat de plom obtinguda és de fàcil manipulació, tenint en compte que el volum de la cel·la amb què s'ha treballat és de 100 ml.

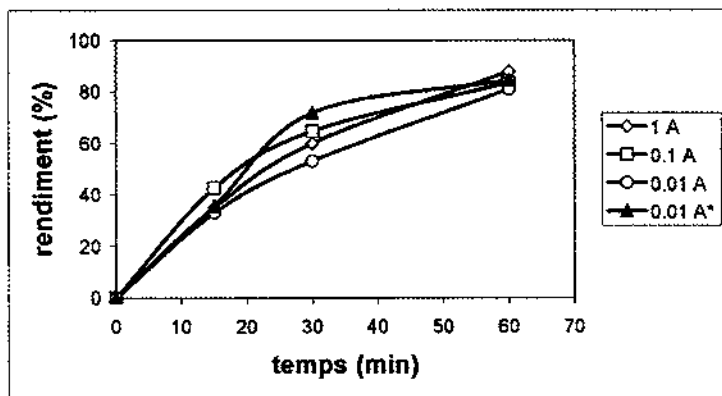
El pas següent ha estat fer assajos amb mostres reals de laboratori que contenen petites quantitats de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{PbI}_2$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  i  $\text{PbSO}_4$ . La solució real es concentra per evaporació i s'obté una dissolució de concentració d'aproximadament 0,1 M en plom (II).

#### *Instrumental*

Com a font de corrent s'ha utilitzat un galvanòstat-potenciòstat marca EG&G Instruments, model 363. Per a la determinació de plom s'ha utilitzat un espectròmetre d'absorció atòmica marca Varian Instruments, model SpectrAA-300.

## RESULTATS I DISCUSSIÓ

A la figura 2 es recullen els resultats obtinguts en els assajos amb una mostra que conté només  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ .



**Figura 2.** Rendiments obtinguts en la recuperació del plom en funció del temps a diferents intensitats: 1 A, 0,1 A i 0,01 A. El rendiment s'expressa com a percentatge del total de plom present a la solució inicial. Concentració de plom: 0,1 M. Volum de solució: 100 ml. Concentració de base: 0,3 M en KOH. (\*) Concentració de base: 0,1 M en KOH.

Els rendiments obtinguts es refereixen a la quantitat de plom recuperat i en tots els casos els percentatges superen el 80%. Les anàlisis d'absorció atòmica han demostrat que la quantitat de plom resident en les dissolucions un cop ha tingut lloc l'electrodeposició és inferior a 2 ppm, que és la màxima permesa per a aigües residuals (1).

Del gràfic es desprèn la poca influència que la intensitat de corrent té en el rendiment i en la cinètica de la reacció. La velocitat de la reacció depèn de la intensitat, però com més ràpida és la deposició, més superfície queda coberta i més baixa és la concentració de l'espècie activa. Probablement els efectes es compensen i no s'evidencia una influència clara de la cinètica del procés.

S'ha observat que el rendiment de la reacció queda influït pel pH. A la solució de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  ha calgut afegir-hi una base per mantenir un pH alt i evitar l'oxidació de plom (II) a plom (IV). Un excés de base no s'ha traduït en una millora del rendiment de la reacció, però ha evitat l'aparició d'espècies no desitjades de plom (IV).

Per a les solucions obtingudes al laboratori (mostra *real*) el procediment electroquímic és el mateix que el descrit anteriorment i també s'ha observat deposició de plom metàl·lic. Quan el corrent és de 10 mA i s'addicionen 3 ml de KOH 10 M s'han observat rendiments propers al 90%. En aquest cas, però, la quantitat de plom present a la solució un cop realitzada l'electrodeposició és de prop de 50 ppm, una

quantitat superior a la màxima permesa per a aigües residuals. Aquestes solucions també contenen altres ions i en tots els casos han de ser abocades als contenidors de residus per a un tractament posterior.

Malgrat això, s'ha pogut recuperar gairebé tot el plom i s'ha comprovat que aquest plom recuperat es pot tornar a utilitzar per a la síntesi de sals de plom amb resultats satisfactoris.

### CONCLUSIONS

Els mètodes electroquímics s'han mostrat útils en la recuperació del plom contingut en solucions que provenen de les experiències pràctiques de laboratori que realitzen els alumnes de la llicenciatura de Química. Aquests mètodes, a més, suposen un enriquiment en la formació de l'alumne, no solament perquè aprèn una nova tècnica, sinó pel fet d'incidir en la recuperació d'un metall pesant i el que això suposa per al medi ambient.

### AGRAÏMENTS

Aquest treball ha estat subvencionat pel pressupost de pràctiques del Departament de Química, Facultat de Ciències, Universitat de Girona. Els autors agraeixen la col·laboració de l'Àrea de Química Analítica en la realització dels experiments d'absorció atòmica.

### Bibliografia

Directiva europea (marc) 2000/60/CE.

JULVE, E. 2000. *Electrodeposición de metales. Fundamentos, operaciones e instalaciones*. Barcelona.

RIEGER, H. 1994. *Electrochemistry*. Chapman and Hall. Nova York.