

# Neteja d'aigua contaminada amb ferro

**Montserrat Tortosa Moreno**

[mtortosa@xtec.cat](mailto:mtortosa@xtec.cat)

IES Ferran Casablanques (Sabadell) i CRECIM – UAB

---

*A molts processos químics industrials, com poden ser les extraccions mineres o les fàbriques de bateries, s'obté com a residu aigua que conté ions metàl·lics dissolts. L'aigua contaminada amb metalls és nociva si entra a formar part d'una xarxa tròfica. Per exemple, si s'utilitza aquesta aigua residual per a regar horts pot provocar una acumulació de metalls en cadena en els organismes vius, molt perjudicial. Així doncs, cal eliminar els metalls abans d'abocar l'aigua a la claveguera.*

---

**Paraules clau:** ions metàl·lics, contaminació de l'aigua, aigua de reg, precipitació, conductivitat.

---

## OBJECTIU

Eliminació del ferro(III) d'una aigua contaminada, per precipitació i posterior filtració.

## INTRODUCCIÓ

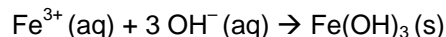
Una de les maneres més utilitzades per a netejar l'aigua dels metalls que conté dissolts és afegir-hi una substància que formi un compost insoluble, un precipitat, amb el metall. Després el precipitat es separa per filtració. Cal triar bé la substància que s'ha d'afegir per a precipitar, de manera que no sigui perjudicial i que no augmenti la conductivitat de l'aigua. (Un augment de la conductivitat en les aigües té efectes no desitjables, en el cas d'aigües de rec provoca una disminució de les collites).

Com podem saber quina substància és adient per a precipitar un metall? Com podem saber quina quantitat en necessitem, per tal de no contaminar encara més l'aigua en afegir-hi aquesta substància?

En aquesta pràctica es proposa l'eliminació del catió ferro(III) d'una aigua contaminada amb aquest metall, per precipitació i posterior filtració. Com que l'hidròxid de ferro és una substància molt insoluble,

s'afegeix gota a gota una dissolució d'hidròxid de sodi, que portarà a la formació d'un precipitat d'hidròxid de ferro(III), insoluble.

La reacció que es produirà és



Per saber quina quantitat d'hidròxid de sodi cal afegir-hi s'utilitza un sensor de conductivitat. La conductivitat d'una solució augmenta en fer-ho el nombre d'ions i la conductivitat iònica de cadascun d'ells.

En acabar la pràctica l'alumnat ha de saber mesurar la conductivitat d'un líquid i interpretar la variació de la conductivitat d'una aigua contaminada amb cations metàl·lics en afegir-hi una altra substància amb la qual forma un precipitat. D'aquesta manera és possible eliminar el ferro dissolt d'una aigua contaminada.

També cal saber interpretar quan s'ha format tot el precipitat a partir de mesures de conductivitat, així com calcular la concentració d'ió ferro(III) que hi havia inicialment a l'aigua.

Igualment s'ha d'adquirir la base per entendre els processos de precipitació i filtració que s'usen per a descontaminar aigües residuals.

## MATERIAL I EQUIPAMENT

### Material de laboratori

- Vas de precipitats de 100 mL
- Pipeta de 10 mL
- Suport, pinces, nous
- Vareta de vidre
- Bureta
- Embut de vidre, erlenmeyer
- Paper de filtre

### Productes

- NaOH 0,1 M



- Aigua contaminada amb Fe(III) (vegeu més endavant l'apartat *orientacions tècniques*)

### Elements de l'equip Multilog

- Elèctrode de conductivitat (fig. 1) i sensor corresponent (rang 0 a 20 mS, temps de resposta: mig minut)
- Interfície Multilog Pro amb cable USB
- Ordinador



**Figura 1.** Elèctrode de conductivitat, sensor i consola Multilog-Pro on es mostren les entrades per a les connexions.

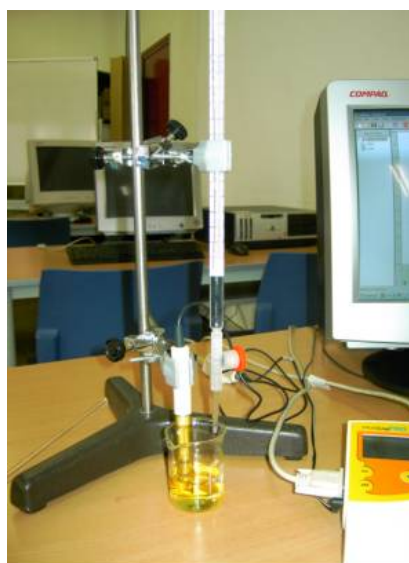
## PROCEDIMENT

### Muntatge de l'experiència

- 1) Es mesura un volum conegut (p. ex. 10 mL) d'aigua contaminada amb ferro(III) amb una pipeta i s'aboca en un vas de precipitats petit, s'afegeix una mica d'aigua destil·lada fins a una

altura d'uns 3 cm per tal que l'elèctrode quedi suficientment submergit.

- 2) S'omple i s'enrasa una bureta amb NaOH 0,1 M.
- 3) Es col·loca l'elèctrode de conductivitat (fig. 1) dins del vas, es connecta al sensor, aquest a l'entrada IO-1 de la interfície (consola Multilog-Pro) i aquesta a l'ordinador mitjançant el port USB o el sòcol de 9 pins.
- 4) Es fa el muntatge (fig. 2) que permeti que l'hidròxid de sodi caigui a la dissolució.
- 5) S'engega la interfície i l'ordinador



**Figura 2.** Muntatge experimental.

### Configuració de la presa de dades

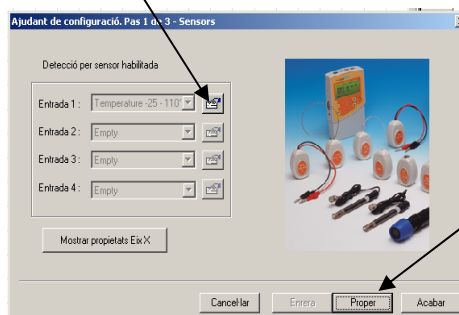
- Es clica el botó *configurar ajudant*,



S'obren tres pantalles successives, que caldrà anar configurant per prendre mesures manualment.

### Primera pantalla

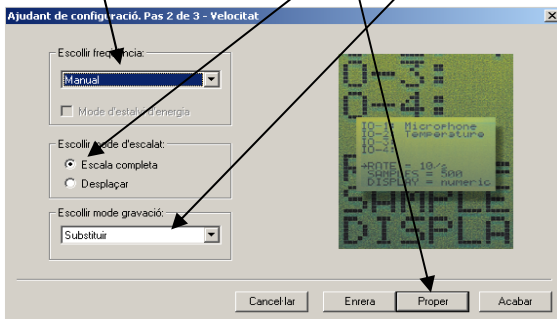
Es detecta el **sensor de conductivitat**



Cliqueu **proper**

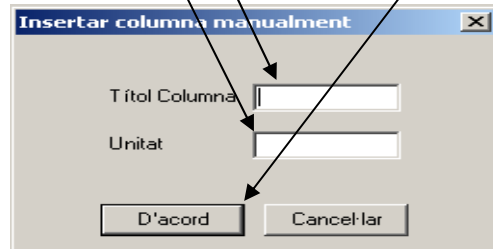
**Segona pantalla**

Seleccioneu freqüència: **manual**  
 mode d'escalat: **escala completa**  
 mode de gravació: **substituir**  
 cliqueu: **proper**



S'obre una finestra

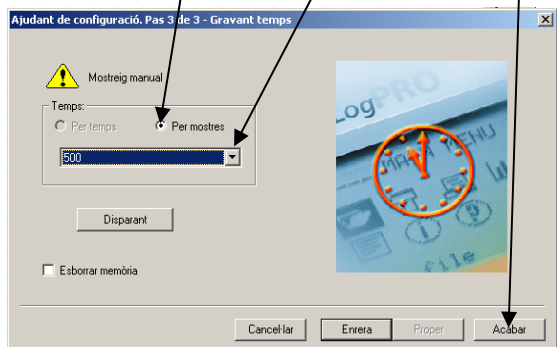
Ompliu Títol: **volum**  
 Unitat: **mL** premeu **d'acord**



És convenient afegir els valors dels volums des de zero fins a 15 mL, amb increments de 0,5 mL. Si es necessiten més valors poden anar-se afegint al moment.

**Tercera pantalla**

Seleccioneu **per mostres, 50**. Cliqueu **acabar**



**Enregistrament de les dades**

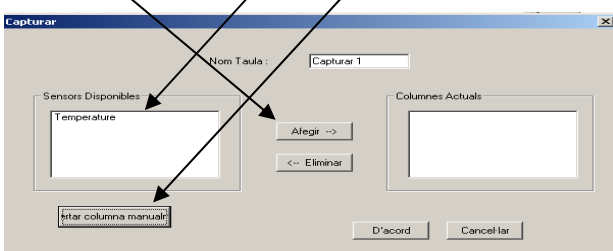
És convenient anotar algunes observacions a mesura que es va fent la pràctica: quan comença a formar-se precipitat, de quin color és, com varia la quantitat de precipitat al llarg de l'experiència...

- Abans de prendre cada mesura de conductivitat caldrà esperar aproximadament 30 segons, que és el temps de resposta del sensor.
- Quan tot estigui a punt podeu començar la presa de dades. Per iniciar la captació de la primera dada (0 mL) cal prémer el botó *executar*

Ara cal **inserir una columna manualment** i posar-hi els volums d'hidròxid de sodi que s'afegiran, en increments de 0,5 mL. Aneu al menú *Taula*, seleccioneu *Mode de captura* us sortirà una pantalla on indica els sensors disponibles, seleccioneu *conductivitat* i cliqueu *afegir*.

**Primera pantalla**

Sensors disponibles **seleccioneu conductivitat**  
 Cliqueu **Afegir**  
 Cliqueu **Inserir columna manualment**



i a continuació *eina de captura*:



Per a la segona dada i següents es deixen caure 0,5 mL de la bureta, s'agita bé durant uns 30 segons, després es prem el botó *enter* de la interfície



i a continuació *eina de captura*



- Es continua la presa de dades fins que s'observi un canvi clar en el pendent del gràfic, per a finalitzar es clica *stop*



- Per editar un gràfic de la conductivitat en funció del volum afegit es procedeix: botó *editar gràfic*



→ eix X captura1(volum), eix Y captura1(conductivitat) → *acceptar* i si es vol *afegir al projecte*,



- Clicant *commutar primer cursor* i *commutar segon cursor*, s'obtenen els valors de conductivitats i volums per fer l'anàlisi de les dades.

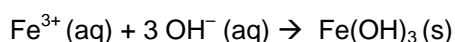
- Finalment es filtra el precipitat

Resultats esperats.  
Anàlisi de les dades

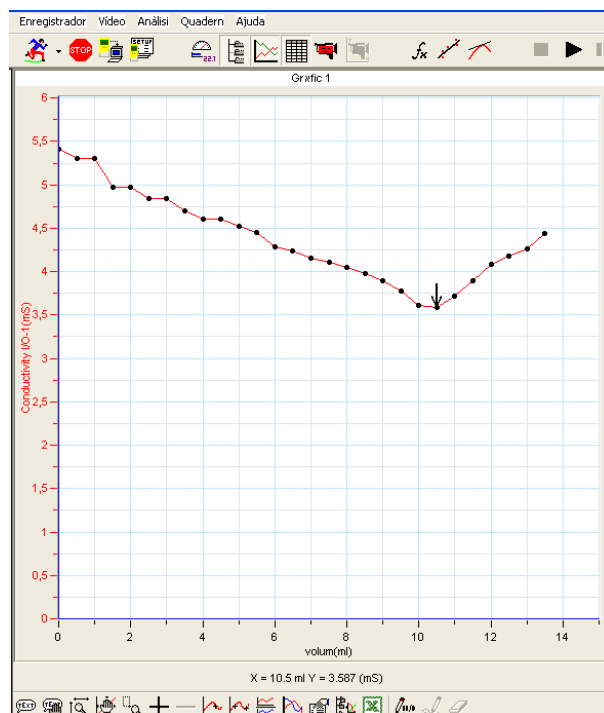


**Figura 3.** Aspecte del precipitat d'hidròxid de ferro (III) abans de ser filtrat.

Reacció que s'ha produït:



La conductivitat va baixant (fig. 4) perquè es va formant el precipitat. El punt de mínima conductivitat indica que s'ha format tot el precipitat, per això en afegir-hi més NaOH, que conté els ions  $\text{Na}^{+}$  i  $\text{OH}^{-}$ , torna a pujar la conductivitat. La conductivitat mínima no és zero per la presència dels ions acompanyants. Les dades (taula 1) s'obtenen amb els botons *commutar primer* i *segon cursor*.



**Figura 4.** Gràfic obtingut en fer la valoració conductimètrica de 10 mL de solució de 2000 ppm  $\text{Fe}^{3+}$  amb NaOH 0,1 M. Amb el botó *commutar primer cursor*,



s'obté el volum de 10,5 mL per a la conductivitat mínima.

Conductivitat inicial	5,413 mS
Conductivitat mínima	3,587mS
Variació conductivitat	1,826 mS
Volum NaOH 0,1 M que ha reaccionat	10,5 ml

**Taula 1.** Dades obtingudes.

Càlculs

Càlcul de la concentració de ferro(III) a l'aigua, en ppm (ppm =  $\mu\text{g} / \text{mL}$ ):

$$\begin{aligned} & (10,5 \text{ mL NaOH } 0,1\text{M} / 10 \text{ mL d'aigua}) \times \\ & \quad \times (0,1 \text{ mol NaOH} / 10^3 \text{ mL}) \times \\ & \quad \times (1 \text{ mol Fe}^{3+} / 3 \text{ mol NaOH}) \times \\ & \quad \times (55,8 \cdot 10^6 \mu\text{g Fe}^{3+} / 1 \text{ mol Fe}^{3+}) = \\ & \quad = 1953 \text{ ppm} \end{aligned}$$

### Propostes de recerca

- Analitzar la variació de la conductivitat en afegir excés de base.
- Estudiar la variació de conductivitat en formar-se precipitats diversos.
- Estudiar processos de formació i redissolució de precipitats a partir de mesures de conductivitat.
- Estudiar l'efecte de la conductivitat de l'aigua de reg sobre el creixement de plantes.

### Orientacions tècniques

- Preparar aigua amb 2000 ppm de  $\text{Fe}^{3+}$  pot fer-se dissolent 0,484 g  $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ , en 50 mL de solució.
- És important esperar mig minut, que és el temps de resposta del sensor de conductivitat, abans de fer les lectures.
- Si es fan proves amb altres solucions problema, cal tenir present que la conductivitat de la solució mesurada ha d'estar entre 2 i 100  $\mu\text{S} / \text{cm}$  a 20°C. Si és necessari cal diluir abans de començar.
- Si es fan mesures de formació de precipitats amb altres ions, cal tenir present que la conductivitat no sempre baixa en formar-se un precipitat degut a la presència dels ions acompanyants tant de la solució problema com de l'agent valorant. A continuació (taula 2) es mostren les conductàncies iòniques molars a dilució infinita d'alguns ions, en  $\text{S} \cdot \text{cm}^2 / \text{mol}$  (dades de Vassos i Ewing, 1987).

Ió	Conductància iònica molar a dilució infinita ( $\text{S} \cdot \text{cm}^2 / \text{mol}$ )
$\text{Cu}^{2+}$	107,2
$\text{Na}^+$	50,1
$\text{Fe}^{3+}$	204,0
$\text{Ag}^+$	61,9
$\text{H}^+$	349,8
$\text{SO}_4^{2-}$	160,0
$\text{OH}^-$	198,6
$\text{NO}_3^-$	71,4

**Taula 2.** Conductància de diversos ions.

### Bibliografia

- T.A. Bauder, R.M. Waskom and J. G. Davis (2007) *Irrigation water quality criteria* (disponible a <http://www.ext.colostate.edu/pubs/crops/00506.html> consulta novembre 2007; és un article amb dades de conductivitat que afecten la producció agrícola de diversos vegetals).
- Lide D.R. 1990. *Handbook of Chemistry and Physics*. 71<sup>st</sup> Edition. CRC Press.
- Tortosa, M. (2005). *Elaboració de guies didàctiques per a l'aula de noves tecnologies per a les ciències*. <http://phobos.xtec.es/sgfprp/resum.php?codi=893>
- Vassos, J. i Ewing, G.W. (1987). *Electroquímica Analítica*. Mèxic: Limusa.

---

*Aquest treball s'ha elaborat gràcies a una llicència retribuïda concedida pel Departament d'Educació el curs 2004-05 (Resolució 16 juliol 2004. DOGC núm 4182 de 26-07-2004).*