

# Els residus en un laboratori de secundària. Les 3 R + S de salut

The waste in a lab of secondary school. 3 R & S of health

Sílvia Careta, Aina Solà i Miquel Erra / INS Antoni Pous i Argila, Manlleu



## resum

Curs rere curs, es pot anar acumulant en els laboratoris de secundària una varietat de reactius amb un grau de toxicitat alt o mitjà que són un risc per a la nostra salut. Aquests reactius generen alhora residus d'alt cost de tractament i, algunes vegades, no es recullen adequadament i van a l'aigüera. Substituir aquests reactius sense deixar de fer treball pràctic, treballar a microescala, utilitzar reactius de la gamma química verda, minimitzar residus i recollir-los adequadament són protocols que cal aplicar.

## paraules clau

Microescala, organohalogenats, metalls pesants, química verda, minimització de residus, recollida de residus.

## abstract

Day after day, there can be an accumulation of quite lot reagents in the secondary school labs. These reagents can have a mid or high toxic level and are a hazard to our health. These reagents also generate wastes that are high in cost to treat. Sometimes, they are not collected properly and end up in the drain. Replacing these reagents while still doing experiments, working at a micro scale, using green reagents, minimizing wastes and collecting them properly are protocols that should be followed.

## keywords

Micro scale, organohalogenates, heavy metals, green chemistry, minimizing wastes, waste collection.

## Introducció

Als laboratoris de secundària, treballem centrant-nos en el que es coneix com a *bones pràctiques del laboratori*, amb l'objectiu principal de garantir el sanejament de l'ambient de treball, minimitzar al màxim els residus tòxics i d'elevada perillositat i aconseguir que l'alumnat treballi en unes condicions bones i que, alhora, pugui fer el treball pràctic necessari minimitzant els riscos.

Amb això també es pretén conscienciar els alumnes sobre la importància que té treballar de manera correcta i sostenible per tal que, si en el futur treballen en un laboratori o en una empresa del sector, actuïn de manera

adient pel que fa al tractament de residus, la utilització de productes i materials i sàpiguen valorar quina quantitat de mostra és necessària per portar a terme un treball experimental, especialment en cas que l'objectiu del treball pràctic sigui qualitatiu

**La generació de residus de laboratori en centres de secundària és un problema difícil de resoldre, a causa de la gran varietat d'aquests i de la potencial perillositat en cas de no procedir de manera adequada**

i es pugui obtenir treballant a petita escala.

També és important que els alumnes valorin la importància que tenen totes aquestes accions que porten a terme al laboratori, com ara estar alerta del que no es pot llençar a l'aigüera o del que ha de ser abocat en algun tipus de contenidor. Aquestes accions són molt importants per a l'educació ambiental dels alumnes.

La generació de residus de laboratori en centres de secundària és un problema difícil de resoldre, a causa de la gran varietat d'aquests i de la potencial perillositat en cas de no procedir de manera adequada. Això esdevé especialment compli-

cat quan els alumnes són dels primers cursos de l'ESO, a causa de la seva inexperiència. Per aquest motiu, encara és més important la seva educació en aquests aspectes i tenir en tot moment consciència del que manipulen i dels riscos potencials.

Tanmateix, al llarg de la nostra tasca docent, passem moltes hores en laboratoris sovint no gaire ben equipats des del punt de vista de la seguretat, i per aquest motiu és necessari dedicar esforços a millorar l'organització i la seguretat dels nostres procediments.

Als laboratoris de química i de biologia del nostre centre, hem implantat un programa amb l'objectiu de minimitzar exposicions i riscos innecessaris, portat a terme en quatre etapes que es descriuen a continuació.

### Primera etapa. Selecció de productes i material

Considerem que aquesta és la fase més important. Hem prescindit de les substàncies més perilloses, com els compostos organohalogenats; aromàtics (benzè i derivats), que tenen efectes cancerígens demostrats; el mercuri i les seves sals; cianurs i derivats; sulfurs, etc., i s'està duent a terme una restricció progressiva de compostos de metalls pesants.

Al centre ja no s'utilitza cap termòmetre de mercuri, d'acord amb el compromís de la Directiva europea 2007/51/CE, que modifica la Directiva europea 76/769/CEE, en què es prohibeix la comercialització de mercuri en termòmetres i altres aparells de mesura destinats a la venda al públic general, com ara manòmetres i baròmetres. Aquesta directiva, aprovada seguint indicacions de l'OMS, fa ressaltar que l'exposició al mercuri, fins i tot en petites quantitats, pot causar greus problemes de salut i és molt

perillosa per al desenvolupament intrauterí i en les primeres etapes de la vida. El mercuri pot ser tòxic per als sistemes nerviosos i immunitari, l'aparell digestiu, la pell, els pulmons, els ronyons i els ulls<sup>1</sup> (*El mercuri i la salut*, 2013).

Els termòmetres, com tot el material de vidre, sempre s'acaben trencant i, si són de mercuri, hi ha un risc de toxicitat afegit. Els seus vapors són tòxics i costa de recollir-ne completament les gotes, encara que s'inertitzi fent una pasta, tal com indiquen els protocols. Resolem aquest problema utilitzant termòmetres d'alcohol, vermells o blaus (fig. 1). No són tan precisos, però l'error que mesurem no afecta la metodologia usada ni l'aprenentatge adquirit pels alumnes (vegeu l'apartat de normativa al final de l'article).

Actualment, trobem al mercat termòmetres digitals prou assequibles econòmicament i que permeten fer lectures més precises.

### Segona etapa. Minimització de residus

Una de les estratègies que portem a terme al centre, ja que estem convençuts que és el més

1. L'OMS considera que el mercuri és un dels deu productes o grups de productes químics que generen problemes greus de salut pública, i la principal via d'exposició humana és el consum de peix i marisc contaminat amb metilmercuri, que és la seva forma més tòxica. El metilmercuri es forma a partir del mercuri inorgànic per l'acció de microorganismes anaerobis que viuen en sistemes aquàtics, des de llacs fins a l'oceà, a través del procés de la metilació. A cada esglaó de la cadena alimentària, la concentració de metilmercuri s'incrementa en els organismes, i en els depredadors aquàtics és on es troba una concentració més elevada d'aquest compost. En realitat, el metilmercuri és el catió de monometilmercuri combinat amb anions d'altres elements.



Figura 1. Termòmetres d'alcohol.

important, és la reducció en origen. La majoria de les pràctiques de laboratori que realitzem són qualitatives, per això utilitzem solucions diluïdes i guardades en flascons comptagotes (fig. 2). Fem les reaccions en tubs o càpsules molt petites i dosificades gota a gota. D'aquesta manera, el consum de reactius és mínim, generem menys residus i la despesa econòmica és menor.



Figura 2. Solucions en flascons comptagotes de petita capacitat.

### Tercera etapa. Classificació de residus

Si es tenen en compte les dues etapes anteriors, la recollida dels residus generats queda molt simplificada. Els recipients on es recullen els residus s'etiqueten de manera convenient tenint en compte orientacions i normatives que es poden consultar al final d'aquest article. Al centre es

**Actualment, trobem al mercat termòmetres digitals prou assequibles econòmicament i que permeten fer lectures més precises**

gestiona de manera que es diferenciïn les tipologies que s'esmenten a continuació:

— Solucions aquoses de substàncies que contenen elements dels grups I i II de la taula periòdica. També solucions d'àcids i bases febles o diluïdes. Si són solucions d'àcids o bases forts i/o concentrats, es neutralitzem prèviament.

— Metalls pesants. Solucions de substàncies que contenen ions que no pertanyen ni al grup I ni al II de la taula periòdica. En aquest recipient també aboquem les sals de bari.

— Dissolvents. Un cop feta la selecció detallada a la primera etapa, els dissolvents utilitzats no presenten una toxicitat greu; són majoritàriament alcohols i alcans que es poden recollir tots junts.

— Al costat de la balança hem situat un recipient petit per recollir els excessos de les pesades. També tenim altres recipients per recollir materials que no són considerats residus químics, com ara els següents:

a) Sòlids inerts: porcellana, ceràmics, metàl·lics, plàstics i polímers en general. Per a qualsevol reactiu sòlid, no utilitzem mai una paperera.

b) Paper i cartró per reciclar. En un espai al costat del laboratori, hi ha situat aquest tipus de contenidor.

c) Vidre. Es recull tot el material de vidre malmès.

#### Quarta etapa. Gestió de residus

Ens organitzem de manera que recollim els residus en garrafes ben etiquetades i les lliurem a un gestor de residus, que ve a recollir-les al centre dos cops l'any per portar-les a la deixalleria municipal. S'emporta els recipients de les solucions aquoses, els metalls pesants i els dissolvents. Els altres residus segueixen el mateix procés que qualsevol residu domèstic.

#### Planificació de treballs pràctics alternatius

Hem planificat els treballs pràctics que considerem que són més rellevants per a l'aprenentatge dels alumnes. Com que els laboratoris escolars no són centres d'investigació ni de control, és evident que no cal disposar de reactius específics d'un cert grau de toxicitat. Tot i així, la nostra planificació de treball experimental no suposa deixar de fer cap treball pràctic que considerem representatiu i necessari. Tot seguit, se citen i es comenten breument alguns exemples de treballs pràctics que exemplifiquen alguna millora pel que fa als reactius que s'utilitzen i/o a les quantitats de reactius utilitzades.

#### Reaccions gota a gota

Per dur a terme aquestes reaccions, utilitzem solucions diluïdes i en flascons comptagotes. Utilitzem plantilles reutilitzables (protegides dins un arxivador de plàstic), que són molt útils per a reaccions qualitatives entre cations i anions, indicadors de pH, etc. (fig. 3). Així es fan les reaccions de precipitació. A més, hem eliminat les sals de metalls

Per dur a terme aquestes reaccions, utilitzem solucions diluïdes i en flascons comptagotes. Utilitzem plantilles reutilitzables (protegides dins un arxivador de plàstic)

pesants com el plom, el cadmi, etc., que se solien utilitzar habitualment, i ara utilitzem sals de calci i de magnesi. L'objectiu és minimitzar quantitats (i, per tant, residus i riscos) i substituir els reactius amb toxicitat.

#### Determinació del punt de fusió

Utilitzem parafina, en lloc de paradiclorobenzè, en la determinació del punt de fusió. La parafina comercial té un punt de fusió entre 47 i 64 °C, temperatures molt adequades per treballar al bany maria. Ja tenim tubs de Buscarons preparats i sempre s'utilitzen els mateixos. Un cop fosa, es deixa solidificar lentament a temperatura ambient amb el tub en una gradeta i es mesuren les temperatures en funció del temps (fig. 4). L'objectiu és substituir un producte per un altre menys perillós.

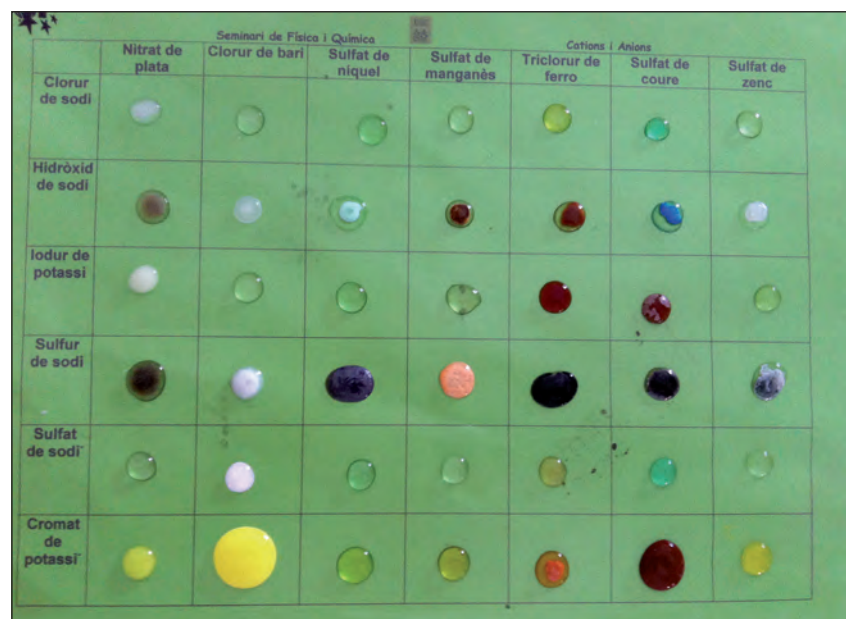


Figura 3. Reaccions gota a gota.



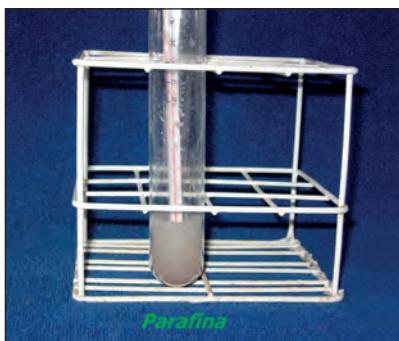


Figura 4. Punt de fusió de la parafina.

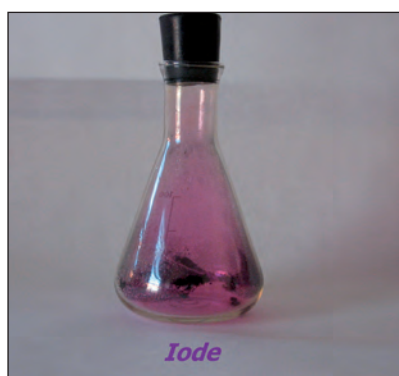


Figura 5. Sublimació del iode en un recipient tancat.

### Sublimació

Es pot utilitzar iode en petites quantitats, en lloc d'àcid benzoic, per a la sublimació. Guardem el iode en un Erlenmeyer ben tapat i ens serveix per a diverses sessions (fig. 5). En aquest cas, es confinen els productes per no ser alliberats a l'ambient i es reutilitzen una vegada i una altra.

### Extracció

En la pràctica de l'extracció del iode (fig. 6) en aigua iodada, utilitzem ciclohexà o bé èter de petroli.<sup>2</sup> Ambdós són bons dissolvents del iode, malgrat que siguin menys densos, i són molt menys tòxics que el tetraclorur de carboni, usat majoritàriament en les extraccions. L'objectiu és no utilitzar organoclorats, que s'empraven anteriorment en aquest tipus d'extraccions.

2. Malgrat el nom, l'èter de petroli és una mescla d'hidrocarburs, principalment *n*-pentà i 2-metilpentà.



Figura 6. Extracció del iode en dissolvent orgànic.

### Coloracions a la flama

En l'estudi del color d'un metall a la flama, solem utilitzar mostres sòlides de sals de metalls. L'ús de la mostra sòlida embruta molt el cremador, sempre cauen mostres sobre la taula i s'utilitza àcid clorhídric per netejar el filament (fig. 7).

Per evitar-ho, es preparen solucions saturades de les sals a analitzar i s'usa un sol filament per a cada mostra. No hi ha pèrdues de mostra, no s'embruta el cremador i evitem netejar el filament amb clorhídric.

### Matèria orgànica

Per a la determinació de la matèria orgànica en aigües, en lloc de realitzar la demanda química d'oxigen amb dicromat, fem la determinació amb permanganat de potassi molt diluït (Erra i Gallach, 2000).

### Conclusió i generalització

Els canvis que hem portat a terme han estat graduals i amb la implicació de tot el professorat del departament. Utilitzem reactius poc nocius, solucions diluïdes i petites dosis de reactius. Quant a solvents, usem alcohols

de cadena curta, acetona, ciclohexà i èter de petroli i prescindim totalment de l'ús del metanol.

Amb una mica d'imaginació i unes quantes proves prèvies, es troben alternatives. Sovint es tracta d'assajar gairebé el mateix protocol, però amb substàncies amb menys risc i reduint-ne les quantitats. L'ambient del laboratori és més segur i més net, perquè es minimitzen els reactius i, per tant, també els residus.

Per netejar les taules, utilitzem els fregalls típics d'una cuina i les eixuguem amb tovalloles. No utilitzem paper.

Per ambientar el laboratori, hi tenim plantes, com el potos, i també posem una mica de música de fons, que ens ajuda a treballar en un ambient més



Figura 7. Coloracions a la flama.



Figura 8. Aspecte del laboratori i rètol amb la màxima que tenim present

acollidor. Però el més important és la màxima que apliquem (fig. 8) i que fa que els alumnes no llencin cap residu a l'aigüera. És un hàbit que ràpidament aprenen i que és la clau de la nostra gestió.

#### Referències i altres fonts

12 *principles of green chemistry* [en línia] (1998). Washington: American Chemical Society.

<<http://dom.cat/alk>> [Consulta: 30 setembre 2014].

DOMÈNECH ANTÚNEZ, X. *Química verda*. Barcelona: Rubes, 2005.

*El mercuri i la salut* [en línia] (2013). Ginebra: OMS. <<http://dom.cat/ali>> [Consulta: 30 setembre 2014].

ERRA I GALLACH, M. (2000). *Anàlisi d'aigües* [en línia]. Vic: Promefo, 2000. <<http://dom.cat/alj>> [Consulta: 30 setembre 2014].

*Medi Ambient: Tecnologia i Cultura* [en línia], núm. 48: *Química verda* (desembre 2011). <<http://dom.cat/ais>> [Consulta: 30 setembre 2014].

*Químics: àcids i solucions àcides* [en línia] (s. a.). Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Educació. <<http://educacio.gencat.cat/documents/PC/Seguretat/GestioResidus/3.pdf>> [Consulta: 30 setembre 2014].

*Reglament CLP: Classificació i etiquetatge de substàncies i mescles* [en línia] (s. a.). Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. <<http://dom.cat/air>> [Consulta: 30 setembre 2014].

#### Normativa estatal i europea

Classificació, etiquetatge i envasat de substàncies: Reglament CE/1278/2008.

Llista de residus perillosos: Directiva 2000/532/CE.

Prohibició d'ús d'aparells amb mercuri: Directiva 2007/51/CE.

Substàncies químiques perilloses: Reial Decret 363/95.



#### Sílvia Careta Burdó

És professora d'ensenyament secundari al Departament de Física i Química de l'INS Antoni Pous i Argila de Manlleu. És llicenciada en química per la Universitat Rovira i Virgili i té el certificat d'aptitud pedagògica per la Universitat Autònoma de Barcelona. Ha treballat anteriorment en la indústria, en departaments de qualitat del sector de l'automoció i del cosmètic.

A/e: [scareta@xtec.cat](mailto:scareta@xtec.cat).



#### Aina Solà i Rodrigo

És llicenciada en química per la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) i doctora en enginyeria química per la mateixa Universitat. Va cursar el postgrau de participació i desenvolupament sostenible a la UAB per poder aplicar els aprenentatges a l'exercici de la pràctica docent com a professora de física i química a secundària. És professora a l'INS Antoni Pous i Argila de Manlleu.

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



#### Miquel Erra i Gallach

És llicenciat en químiques per la Universitat Autònoma de Barcelona, màster en medi atmosfèric per la Universitat Politècnica de Catalunya, professor a la Universitat Oberta de Catalunya i premi Plana de Vic 2000. És també autor de diversos manuals sobre la docència de la física i la química. És catedràtic en aquestes especialitats i actualment treballa a l'INS Antoni Pous i Argila de Manlleu.

A/e: [merra@xtec.cat](mailto:merra@xtec.cat).