

Les joguines canvien de color: descobrim-hi la química

Rosa M^a Melià Avià ✉ *INS Infanta Isabel d'Aragó, apFQc As. de Professors de F. i Q. de Catalunya*

Josep A. Melià *Morgantown High School*

Maria del Tura Puigvert Masó *apFQc Associació de Professors de Física i Química de Catalunya*

Professors com el Dr. Josep Estalella i divulgadors com Tom Titt han contribuït a tornar a entrar a les aules l'ús de joguines, trucs de màgia, curiositats, i muntatges espectaculars i casolans. Han aprofitat el seu vessant lúdic i la quotidianitat per exemplificar i contextualitzar conceptes i lleis científiques sense perdre rigor.

Entre les joguines on es visualitzen canvis químics analitzarem diverses nines fabricades per poder observar fàcilment els canvis de color en alguna de les seves parts. Veurem que aquests canvis es poden classificar en dos grups: els indicadors de pH i el seu canvi de color en funció de l'acidesa, i les substàncies termocròmiques i els seu canvi de color a temperatures relativament poc elevades. Afegirem també alguns records i petites figures que es basen en la diferència de color entre l'hidrat i la forma anhidra d'algunes substàncies iòniques segons la presència d'aigua ambiental.

Paraules clau: joguines, canvis de color, química, àcid-base, termocròmic, hidrat

La química és una ciència que pretén explicar a escala "microscòpica" –o nanomètrica– allò que es visualitza a nivell "macroscòpic": emissió d'energia en forma de llum i calor, aparició de precipitats, despreniment de gasos, canvis d'estat i, especialment, canvis de color. La nostra proposta presenta i analitza els canvis de color de determinades substàncies utilitzant-los amb finalitat lúdica en joguines i que, incorporades a objectes específics, poden tenir un ús pràctic com a senyaladors de canvis en l'ambient.

No estem sols en l'aventura de cercar el factor sorpresa i generar emocions en les classes de ciències servint-nos de manifestacions espectaculars basades en canvis químics. Les iniciatives són molt diverses i la temàtica és molt àmplia. En l'actualitat algunes cadenes de televisió comencen a incloure en la seva programació espais per desmitificar la ciència i presentar-la amb un to lúdic i festiu amb la realització d'experiments curiosos i espectaculars, amb uns mitjans extraordinaris. Tot plegat ha anat despertant l'interès del gran públic. Val la pena aprofitar totes les iniciatives dins i fora de les aules i canalitzar esforços per aproximar l'alumnat a la construcció de pensament científic.

Quan mirem els nens i nenes, els nostres joves estudiants, ens preguntem per què els costa tant optar per l'estudi d'una ciència que sempre els ha fascinat? És possible que durant els primers cursos de secundària els estudiants no considerin gratificant l'esforç que han de dedicar a l'estudi de matèries com la química i la física? I així, un cop desaprofitat aquest primer contacte, els resulti més difícil optar per l'estudi de matèries científiques?

Tanmateix, si girem la nostra mirada cap als camps que desperten l'interès de la nostra societat ens trobem que, si bé els avenços científics fascinen, només són els temes socials, econòmics, artístics, etc. els abundants en diaris i revistes i en la programació televisiva. En els medis de comunicació de masses les concessions més freqüents a la ciència inclouen quasi exclusivament els documentals de natura, els avenços en medicina i biomedicina, i els impactes mediambientals, en els quals la química no sol tenir un paper gaire reeixit.

D'altra banda, sovint les ciències es consideren excloses de la cultura, com a camps molt específics, abstractes i complicats reservats a uns pocs: "No cal esforçar-se gaire ja que tampoc ho entenedrem". Necessitem establir un diàleg fluid de les

ciències com la química i la física amb la societat. En una reunió s'hauria de poder parlar de perquè s'usen aliatges amb memòria de forma com el nitiol, amb la mateixa comoditat que fariem un comentari sobre l'última exposició d'art inaugurada a la nostra ciutat.

Davant d'aquest fet, ens podríem preguntar com aconseguirem despertar l'interès, la curiositat per la ciència en la nostra societat. Això ajudaria als nostres estudiants a decidir-se per aquests branques del coneixement.

En el nostre cas ens preguntem: quin grau d'influència té el currículum de química i la forma d'ensenyar del professorat per iniciar aquests canvis? Fins a on poden intervenir sense buidar de contingut la química i sense comprometre'n l'aprenentatge conceptual?

Interacció amb el currículum

Des de l'anàlisi del nostre treball a l'aula proposem l'ús de joguines i nines que canvien de color per aconseguir els mateixos objectius que han orientat l'ús de joguines en l'estudi de la física (Biezeveld, 2000). Recordem que:

- El professorat pot usar joguines i situacions força quotidianes, fàcilment reproduïbles a casa, com a element motivador.
- Aquests elements propers a l'alumnat representen un element dinamitzador, fent que l'alumnat es planteji qüestions i fins i tot proposi petites investigacions que actuïn com a embrió de posteriors recerques (Dawes, 2008).
- Les joguines i trucs són divertits i suavitzen la duresa de parts més abstractes i de càlculs numèrics propis de la matèria, alhora que ajuden a la consolidació dels conceptes, tant en els primers cursos de secundària com en cursos posteriors.

Altres opcions per al seu ús, segons diverses opinions, són:

- a) com a captador d'atenció en fires i jornades (Corominas, 2006)
- b) pel seu efecte motivador en grups de ciència
- c) pel tractament detallat de l'aplicació d'un concepte, etc

La proposta que presentem introdueix o reforça l'estudi dels indicadors àcid-base a 3r d'ESO, evitant l'habitual preparació d'extractes naturals que actuïn com indicadors i centrant-nos en l'anàlisi i

reproducció del funcionament de joguines que canvien de color i d'algunes tintes màgiques. Des de la presentació de la importància dels indicadors a 3r d'ESO fins al desenvolupament de l'equilibri àcid-base a Batxillerat podem usar com a model algunes nines amb cabells i roba que canvien de color.

Les anomenades joguines de bany ens permeten il·lustrar els conceptes de punt de fusió de substàncies i la seva relació amb les forces intermoleculars, la solubilitat i, en concret, líquids immiscibles; també l'acidesa. Es poden usar de forma descriptiva als primers cursos d'ESO i a nivell més conceptual a Batxillerat.

Quins resultats esperem obtenir?

Tant si es fa a nivell oral com escrit, aconsellem que el primer que s'hauria de valorar és la capacitat de observació i d'expressió del fet científic. Això implica un treball inicial individual per passar posteriorment al treball per parelles o grupal que fomenti la transmissió de coneixements entre iguals, la comunicació i l'estructuració del discurs.

El plantejament inicial en introduir l'estudi d'una joguina amb algun grup comença per la formulació de les següents preguntes que permetran al professorat estructurar l'activitat i adequar-la al nivell proposat:

- 1) Què seran capaços d'observar els alumnes?
- 2) Es tracta d'una activitat que els nostres alumnes han observat prèviament? En quina situació?
- 3) Quin concepte volem treballar amb els nostres alumnes? Ho he usat en situacions o cursos anteriors?
- 4) Quines preguntes es poden plantejar?
- 5) Quins coneixements de base tenen o necessiten els nostres alumnes per aprofitar al màxim l'exercici? (integració de coneixements en la interpretació dels fets)
- 6) Són capaços d'argumentar les seves conclusions i relacionar el fet amb la quotidianitat? (deduir conclusions i analitzar-les críticament)
- 7) Poden comunicar el que han observat i les seves deduccions utilitzant el llenguatge científic?
- 8) Finalment, com i quan usar el fet que hem proposat?

Quina activitat o tasca proposem als alumnes?

Presentem una primera proposta molt general que ens permet, en els primers cursos d'ESO, per

una part fomentar l'observació i distingir entre el que serien observacions i conclusions, i per l'altra interpretar correctament l'objectiu d'una activitat.

Un ús correcte del llenguatge científic per part dels nostres alumnes és molt important, podríem dir bàsic, en els primer cursos. Activitats breus però significatives com l'observació de joguines i fets quotidians és molt útil per millorar l'expressió del nostre alumnat. Així, proposem una estructura general que els alumnes puguin seguir per a qualsevol activitat o fet proposat.

Treball a l'aula o al laboratori i posterior anàlisi a casa

Observació de :

Després d'usar la joguina o simplement observar un fet quotidià, recordeu-vos de realitzar l'activitat. Haureu de treure conclusions de les vostres observacions i haureu de justificar la vostra proposta.

- 1) Realitzeu o observeu el que us proposa la professora. Anoteu les vostres observacions
- 2) Intercanvieu les vostres observacions amb el vostre company o companya, que us ajudarà a corregir allò que no entengueu
- 3) Després d'escriure les vostres observacions busqueu la relació amb l'activitat proposada i algun dels conceptes estudiats a classe (podeu consultar el llibre)
- 4) Presenteu per escrit el recull d'observacions i el possible objectiu de l'activitat que ha d'incloure la seva relació amb algun dels conceptes treballats en la matèria.
- 5) Després de les observacions pertinents la professora us ajudarà a trobar la relació de l'activitat proposada amb la classe de química. Us explicarà el concepte i us comentarà alguna activitat que podeu fer a casa. Anoteu-ho
- 6) Anoteu l'explicació teòrica completa.

Indicadors àcid – base, nines Barbie que canvien de color

Una sèrie de nines com la Barbie Hollywood Hair, la Barbie H₂O Studio Design, i actualment una

princesa Disney Rospunzel a la que també pots teinyir el cabell i algunes Barbie i Rospunzel pintores usen indicadors àcid–base per canviar el color d'alguna de les seves parts.

Què observem?

La Barbie Hollywood Hair (fig. 1) (Katz, 2006), que va sortir al mercat fa uns anys i últimament la princesa Disney Rospunzel de Mattel, tenen una llarga cabellera rossa que en aplicar-hi un esprai "màgic" canvia a rosat i que, després d'uns minuts, retorna al seu color original. Tenim altres versions de Mattel com Barbie H₂O en la que el canvi de color es produeix en el vestit que amb l'esprai passa a diversos colors: rosa, verdós i lila amb una "aigua màgica"; i una Barbie pintora en la que el canvi té lloc en els quadres que pinta amb "aigua".



Figura 1. Barbie Hollywood Hair.

Com ho interpretem científicament?

El cabell o la roba del vestit estan impregnats d'indicador àcid–base. Normalment l'indicador és fenolftaleïna per al color rosat i timolftaleïna per al color blau, en mitjà bàsic. Aquests indicadors preparats en mitjà lleugerament àcid són incoloros i la part de cos que canviarà de color està impregnada amb aquesta solució lleugerament bàsica.

Quan ruixem el cabell o el vestit amb aigua lleugerament bàsica, canviaran de color cap a rosa o blau segons l'indicador.

Els canvis en aquestes dues joguines es basen en els mateixos compostos i reaccions que la tinta màgica: la timolftaleïna i la seva coloració com a indicador àcid-base. La tinta invisible o tinta "màgica" és un líquid lila amb què pots escriure o dibuixar sobre una tela blanca o materials semblants i que després d'uns minuts perd el seu color deixant una taca humida que s'evapora. En eixugar-se pot deixar un petit residu sòlid blanquinós que no es distingeix si el teixit és blanc.

En les joguines s'aplica el mateix principi que en la tinta màgica però partint de la solució àcida individual per a les joguines (incolor) en contrapartida a la solució de timolftaleïna de pH entre 10 i 11 usada com a tinta màgica. Ho poden comprovar acidificant amb àcid clorhídric: induirà la decoloració i possiblement l'aparició d'un lleuger precipitat blanquinós. Si es desitja recuperar el color lila només s'hi ha d'afegir una solució d'hidròxid de sodi, que dissol el precipitat i canvia el pH a bàsic recuperant la coloració original.

La timolftaleïna (fig. 2) és un indicador àcid-base amb un punt de viratge entre pH 9,3 i 10,5 que canvia d'incolor a blau-lila. La mateixa funció la pot fer una solució de fenolftaleïna (fig. 2), que té l'interval de viratge entre pH 8 i 10, canviant d'incolor a rosat. Ambdues tintes màgiques es poden preparar dissolent una petita quantitat d'indicador en alcohol etílic, diluint-ho amb aigua i finalment afegint-hi unes gotes d'hidròxid de sodi per obtenir la solució acolorida.

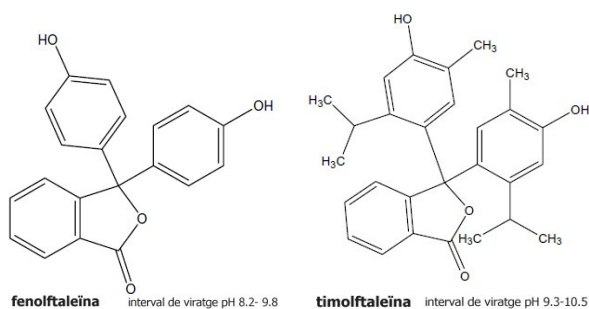


Figura 2. Fenolftaleïna

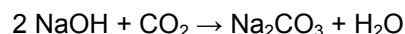
3,3-bis(4-hidroxifenil)isobenzofuran-1-ona
i timolftaleïna

1 3,3-bis(4-hidroxil-2-metil-5-isopropilfenil)-2-benzofuran-1-ona

La desaparició de la coloració pocs minuts després d'haver aplicat la tinta i la pèrdua de color del cabell acolorit a la nostra nina pot presentar-se com una aplicació del desplaçament de l'equilibri químic. Així, iniciant la discussió amb una pregunta del

tipus "com justificariu això que heu observat?", es pot desgranar el fenomen amb una explicació que consolidi l'aprenentatge de l'equilibri químic.

Podem explicar la pèrdua del color un cop aplicada la tinta a una tela o tenyit el cabell de la Barbie, per la reacció de l'hidròxid de sodi, NaOH, amb el diòxid de carboni de l'aire, CO₂, per formar carbonat de sodi, Na₂CO₃. Així, amb l'hidròxid de sodi neutralitzat, l'acidesa del propi alcohol converteix la solució en incolora



Així es neutralitza l'hidròxid de sodi i aleshores l'acidesa de l'alcohol etílic baixa el pH fins a 5 o 6 i l'indicador passa a incolor. Exhalant sobre la taca podem observar com desapareix amb més rapidesa i així comprovem la intervenció del CO₂ en la reacció.

Aquesta solució blava de timolftaleïna (amb NaOH) rep el nom de tinta màgica perquè desapareix amb una certa rapidesa al ser exposada a l'aire. Si volguéssim una tinta invisible preparariem la solució sense hidròxid de sodi i amb menys alcohol i usariem una altra base per revelar la tinta invisible.

Si enviem diòxid de carboni sobre el teixit impregnat, ja sigui amb la nostra respiració o mitjançant una reacció química, veurem que es perd el color més ràpidament i poden explicar-ho pel desplaçament de l'equilibri químic.

Quin ús en podem fer?

Tant la tinta invisible com les nines Barbie són un bon exemple per explicar les reaccions àcid-base i el funcionament dels indicadors corresponents, a nivell de 3r d'ESO, justificant la seva necessitat perquè quan tant productes com reactius són solubles i incoloros, i la variació energètica no és significativa. Aquests fets ens impedeixen observar directament la reacció química a nivell macroscòpic.

A nivell de batxillerat es pot treballar a fons el concepte d'interval de viratge d'un indicador ja sigui usant la tinta màgica i les nines com a punt de partida o bé preparant la tinta a partir de timolftaleïna i discutint el procés de preparació. També podem reproduir la joguina usant una nina amb cabells rosos.

La tinta màgica més venuda és un líquid de color blau-lilós que podem usar per escriure o per tancar un paper i que amb el temps desapareix deixant un residu blanquinós. Es tracta d'una solució alcohòlica bàsica de timolftaleïna (podríem fer una

tinta de color vermellós–rosat amb fenolftaleïna). El punt de viratge de la tinta màgica es troba entre pH 10 i 11, moderadament bàsic.

Obtindrem aquest tipus de tinta màgica dissolvent timolftaleïna amb alcohol etílic i diluint amb aigua; afegint-hi una mica de solució d'hidròxid sòdic (no hi useu una altra base) la tinta passarà a color blau. Podem obtenir tinta rosa usant fenolftaleïna, tinta morada amb una mescla de timolftaleïna i fenolftaleïna. I podem experimentar amb altres indicadors.

Recepta

Dissoldre 0,10 g de timolftaleïna en 10 mL d'alcohol etílic (o bé 14 mL d'alcohol de 70 %).

Diluir afegint 90 mL d'aigua. Obtindrem una solució transparent.

Afegint 20 gotes (1 mL) d'hidròxid sòdic 3 mol-dm^{-3} , la solució passarà a blava. Ja tenim la tinta màgica.

Receptes per cabell de diversos colors:

- Rosa: solució de fenolftaleïna en alcohol al 1%
- Blau: solució de timolftaleïna en alcohol al 1%
- Morat: una mescla de les dues anteriors

Observem que com que el color només ha d'aparèixer quan usem l'esprai màgic, les solucions preparades no contenen base i queden incolores degut a l'acidesa del propi alcohol.

En les nines el que farem serà produir la tinta màgica in situ per ruixar-les amb un esprai màgic, una aigua màgica que aconseguirà acolorir-les de diversos colors: rosa, blau o morat.

Receptes per preparar l'aigua màgica:

10 mL d'alcohol etílic diluït amb 90 mL d'aigua i 10 gotes de solució d'hidròxid de sodi 3 mol-dm^{-3} . Guardar-ho ben tapat.

Substàncies termocròmiques en les joguines de bany

Al mercat hi ha altres joguines que canvien de color, com, per exemple, una de les princeses Disney, la Sireneta. Aquestes joguines canvien de color en passar de fred a calent com pot ser el cas de posar-les en el bany amb aigua calenta, també és curiós el cas dels gots termocròmics, que canvien de color en omplir-los d'un refresc a baixa temperatura. En aquests casos no es tracta directament ni d'una reacció química ni d'un canvi de pH sinó que es produeix el canvi d'estat de substàncies moleculars que actuen com a dissolvent i, com a resultat final de tot el procés, té lloc el canvi de coloració.



Figura 3. La sireneta.

Què observem?

Agafant com a model la Sireneta (fig. 3) observem que les anomenades joguines de bany són joguines termocròmiques en forma de ninots de plàstic que es poden posar a l'aigua calenta de la banyera amb els nens. Presenta la propietat de canviar de color al submergir-se en aigua a una certa temperatura. Així observarem que algunes parts de la nina o d'altres joguines, com alguns cotxes, que usen la mateixa tècnica, canvien de color amb la temperatura. Es recomana que aquest canvi

sigui suau i produït per l'aigua una mica calenta. Després, en aigua freda, tornaran al color original.

Com ho interpretem científicament?

Els pigments termocròmics¹ (Smart Colors²) són materials que canvien de color a una temperatura específica i és poden usar com indicadors de seguretat a determinades temperatures o bé en termòmetres o indicadors de temperatura.

Tenim dos tipus de coloracions termocròmiques: els cristalls líquids i els tints tipus leuco. Les aplicacions d'ambdós difereixen lleugerament: els cristalls líquids presenten un canvi de color a un punt molt acurat mentre que els tints leuco presenten una resposta molt menys acurada.

a) Els cristalls líquids

El canvi de coloració depèn de la reflexió selectiva d'algunes longituds d'ona en funció del canvi d'estructura del material amb la temperatura. A baixa temperatura la fase cristal·lina passa a través d'una fase anisotròpica fins a la fase líquida isotròpica a temperatura més alta.

A una temperatura específica els cristalls líquids es reorienten i donen lloc a un canvi de coloració. El material anomenat cristall líquid es presenta en forma microencapsulada i aquests microcàpsules incorporades en una base adient poden constituir un pigment termocròmic o bé poden ser injectats en un material polimèric.

Algunes aplicacions dels cristalls líquids són els termòmetres, tant els casolans com els de diversos electrodomèstics, i els indicadors de nivell dels tancs de propà. Una altra aplicació més popular són els anomenats "mood rings", anells que canvien de color segons la temperatura.

b) Els tints leuco³

Es basen en mesclades de tints leuco amb altres substàncies químiques, de forma que al canviar la temperatura passen de la forma leuco incolora a la forma acolorida.

Els tints termocròmics rarament s'apliquen directament sinó que ho fan en forma de microcàpsu-

les que per exemple poden contenir una lactona en la seva forma leuco, un àcid dèbil i una sal dissociable dissolta en un alcohol com el dodecanol.

A baixa temperatura el dissolvent és sòlid i la lactona es troba en la forma leuco. Quan augmenta la temperatura es fon el dissolvent i la sal es dissocia baixant el pH dins de la microcàpsula que protona la lactona o obre l'anell i canvia la seva coloració (el seu espectre).

Algunes de les seves aplicacions són joguines pel bany (d'aigua calenta), discs voladors, indicadors dels aliments per a microones, indicador de l'estat de les bateries...

També s'usen en combinació amb altres pigments donant una enorme varietat de colors amb variacions que van des de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Es considera que l'interval de canvi de color es produeix en un marge de $3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Els pigments termocròmics presenten poca tolerància a les radiacions UV i a la llum intensa.

En la imatge (fig. 4) podem veure representat un pigment termocròmic que varia des de color verd a temperatura ambient fins a incolor a temperatura més alta. Així quan escalfem l'objecte al que se li ha aplicat aquest pigment, la seva coloració desapareix deixant veure la coloració de sota: blava en un cas i morada en l'altre.

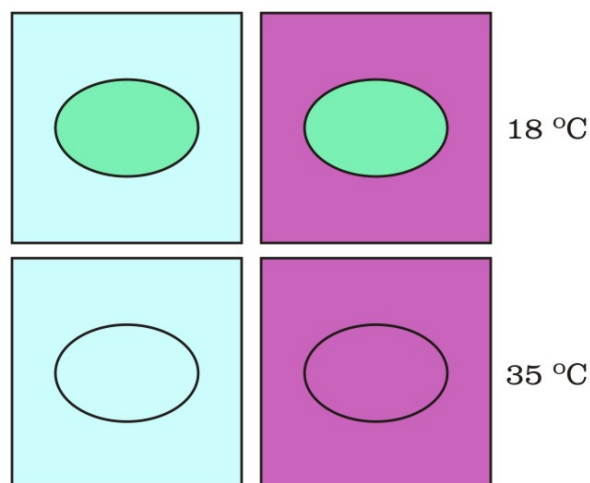


Figura 4. Dins de cada cercle tenim un pigment termocròmic verd aplicat damunt d'un altre pigment, blau en el quadre de l'esquerra i morat en el de la dreta. El pigment verd desapareix a l'augmentar la temperatura deixant veure el pigment de sota.

¹ L'òxid de zinc es pot considerar un compost termocròmic simple que passa de blanc a grogós a l'escalfar-lo.

² Teaching Resources, Middlesex University, Trent Park, Branley Road

Oakwood, LONDON N14 4YZ

Tel. 020 8447 0342; Fax. 020 8447 0340

³ Els tints més comuns són espirolactones, furans, espiropirans... Els àcids dèbils més usats són bisfeol A, parabens, 1,2,3 derivats del triazol, i 4-hidroxycumarina quan actuen com a donant de protons.

Un altre exemple seria un pigment termocròmic blanc (a temperatura normal es veu el color però per sota d'una certa temperatura desapareix) em-

prat en els gots termocròmics que, aplicat sobre una superfície blava:

- es pot veure blanc a temperatura ambient
- és blau quan baixem la temperatura afegint-hi un refresc de la nevera
- i blanc de nou quan agafem el got, gràcies a la temperatura de la nostra mà.

La base més recomanada per als pigments termocròmics que podem usar en ensenyament és l'acrílica, molt útil per l'aplicació sobre paper o tela i en plàstics. La majoria de les pintures acríliques suporten bé l'addició d'un pigment termocròmic, però en funció de l'aglutinant i la base d'aplicació trobarem experimentalment les proporcions més adequades. Recordem que en mesclar pigments normals amb termocròmics podrem obtenir infinitat de variacions (fig. 5).

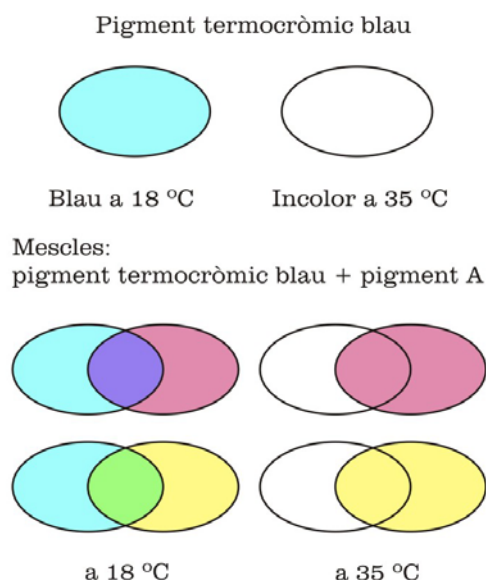


Figura 5. El pigment blau es combina amb altres colors de sota en fred i desapareix en calent.

Quin ús en podem fer?

L'anàlisi de l'ús de microencapsulats per als tints leuco ens permet il·lustrar a nivell de Batxillerat els conceptes següents:

- Contingut de la microcàpsula a "baixa" temperatura:
 - Lactona (forma leuco) → incolora
 - Sal dissociables → no dissolta
 - Dodecanol → sòlid, possible dissolvent de la sal

b) Increment de temperatura; seqüenciació:

- Dodecanol → passa a estat líquid i actua com a dissolvent
- Sal → es dissocia al dissoldre's i baixa el pH
- Lactona (forma leuco) → es protona degut a la baixada de pH i passa a la forma acolorida

Punts del currículum de batxillerat relacionats:

- compostos moleculars, enllaç covalent, punt de fusió baix, forces intermoleculars que mantenen els compostos moleculars en estat sòlid
- teoria cineticocorpuscular. Trencament de les forces intermoleculars dèbils amb l'augment de la temperatura
- dissociació de les sals en dissolució, enllaços polars i polaritat dels dissolvents
- acidesa de les dissolucions salines
- equilibri entre les dues formes de la lactona

Les figures que detecten el canvi de temps

Alguns records de viatge que es venien cap als anys 70 i 80 consistien en figuretes que canviaven la coloració de blava a rosada en funció de la humitat ambiental.

El clorur de cobalt(II) es presenta en forma de sòlid de color rosa-magenta, donat que l'hexahidrat té aquesta coloració, diferent de la coloració blava del clorur anhidre.

Podrem reproduir aquest fet preparant dibuixos sobre roba de les nines o sobre paper i pintant-los amb una solució rosada d'aquest clorur. Si posteriorment assequem el nostre dibuix amb un assecador de cabell potent podrem observar que les zones impregnades de clorur de cobalt passen a blau.

Es tracta d'un bon exemple per comentar en els primers cursos la importància de la bona conservació dels productes al laboratori, evitant, en cas necessari, la seva hidratació. Més endavant ens podríem referir al canvi d'estructura de l'hidrat i la seva relació amb els canvis de coloració. Aquests canvis no es donen només amb les sals d'aquest metall, sinó també amb altres com les sals hidratades de sulfat de ferro(II) monohidrat (verd) i el sulfat de coure(II) pentahidrat (blau), que passen a blanc al deshidratar-se.

Metalls de transició com el cobalt, el coure i el ferro poden donar lloc a enllaços de coordinació amb els parells d'electrons sense compartir de l'oxigen de l'aigua.

Podríem esmentar moltes més joguines que són vistoses pels seus canvis de color, com totes aque-

lles que es veuen afectades per la radiació ultravioleta i que s'acostumen a tractar dins de l'àmbit de la física. També és interessant cercar aplicacions dels canvis de color en usos quotidians com són les capses amb indicadors d'humitat, els bolquers amb indicador extern de presència d'orina, etc.

Valoració de l'efectivitat

L'ensenyament en general i el de les ciències en particular, ha seguit diverses tendències basades en propostes pedagògiques i recolzades per enfocaments didàctics en les que podem entreveure un rerefons ideològic en funció del marc socio-cultural de cada moment.

Les joguines, que s'han anat sofisticant amb el temps, no han estat usades en l'ensenyament secundari fins a aquests darrers anys, quan s'ha pogut comprovar que:

- Agraden i entretenen, actuen sobre les emocions i sobre la memòria.
- Alguns canvis causen sorpresa i estimulen la formulació de preguntes i la consolidació de conceptes. En concret, l'aprenentatge de les reaccions àcid-base i l'ús d'indicadors a un nivell elemental, l'estudi de l'equilibri químic i el seu desplaçament i l'anàlisi d'estructures i propietats a batxillerat.

En uns moments que l'estudi científic i la investigació capdavantera fa més visibles els avenços en ciències de la salut, deixant una mica oblidades les ciències bàsiques, treballar i discutir les bases de la química que es troba darrere d'objectes força

quotidians ens ajuda a ubicar les ciències correctament i a reforçar-ne la utilitat.

D'altra banda, la possibilitat de reproducció a l'aula o al laboratori d'algunes d'aquestes joguines allunya la nostra exemplificació de la pura anècdota i la converteix en una referència per consolidar els coneixements adquirits.

Referències bibliogràfiques

- BIEZEVELD, H. GARCIA, R. (2000) *Physics and Toys Physics on Stage* Publicació telemàtica
- COROMINAS J. (2006) *Recull de joguines científiques*. Per publicar
- DAWES L. (2008) *Encouraging students' contributions to dialogue during science*. SSR December 2008, 90 (331)
- DIVERSOS AUTORS (2001) A different way of learning Magazine for European Research. European Comission
- DIVERSOS AUTORS. (2002) *Teaching Chemistry with Toys* National Science Foundation
- ESTALELLA, J. (1918) *Ciencia Recreativa* Gustavo Gili Barcelona
- KATZ, D. A. (2006) *Disappearing Ink Science Communicator* Tucson (web accés 15-11-2010)
- MELIÀ R.M. (2010) *Joguines*. Curs de formació de professorat d'Ensenyament Secundari. Publicació telemàtica Col·legi de Doctors i Llicenciats (Ús restringit)
- MELIÀ R.M., MELIÀ J.A. (2011) *Màgia, joguines i aplicacions diverses; una altra forma d'apropar-nos a la química Actes I Trobada d'Educació Química Any Internacional de la Química: reptes actuals de l'educació química* Barcelona (del 24 al 26 de març del 2011)