

## Descripció i mapa curricular

L'experiència reflexiona sobre el canvi de propietats dels materials a la nanoescala. Un material com la plata, innòcua en la macroescala, pot tenir gran toxicitat per a bacteris i éssers aquàtics quan es troba en forma de nanopartícula. Així, la seqüència d'activitats proposada comença relacionant les propietats de les diferents formes de plata amb la seva estructura interna, i la seva capacitat per penetrar en les cèl·lules i dispersar-se en medis aquàtics. L'alumnat haurà de dissenyar i realitzar un experiment per provar la toxicitat de les nanopartícules de Ag, la possible relació amb la seva concentració, i extreure conclusions basades en les evidències obtingudes. Finalment, hauran d'avaluar els avantatges i inconvenients de l'ús de les nanopartícules de Ag en productes comercials.

	1r ESO	2n ESO	3r ESO	4t ESO	1r BTX	2n BTX
Ciències de la naturalesa: biologia i geologia						
Ciències de la naturalesa: física i química						
Biologia i Geologia						
Física i Química						
Biologia i Geologia + ciències aplicades						
Física i Química + ciències aplicades						
Cultura científica						
Física						
Química						
Biologia						
Ciències de la Terra i el Medi Ambient						
Ciències per al Món Contemporani						
Tecnologia						
Tecnologia Industrial I						
Matemàtiques						
Matemàtiques aplicades a les CCSS						

## Continguts treballats

Matèria	Bloc Curricular	Contingut Curricular
Ciències de la naturalesa: Biologia i Geologia (1r ESO)	Investigació i experimentació (CC15)  La vida a la Terra (CC9, CC10)	Identificació i resolució de problemes. Fases d'una investigació. Plantejament de preguntes sobre les característiques de fenòmens o éssers vius i valoració del seu interès per ser investigades. Identificació de variables per obtenir evidències sobre com es produeixen fenòmens geològics o com fan les funcions els éssers vius. Cerca de dades en diferents fonts i anàlisi crítica de la informació trobada. El treball experimental: planificació, normes de seguretat i higiene, instruments òptics, elaboració d'informes  Trets comuns dels éssers vius. Nutrició, relació, reproducció i estructura cel·lular. La cèl·lula, unitat estructural i funcional
Ciències de la naturalesa: Física i Química (2n ESO)		La matèria. Mescles: Coloides.
Ciències de la Naturalesa: Biologia i Geologia (3r ESO)	Investigació i experimentació (CC15)  Ecosistemes i activitat humana (CC12, CC26, CC27)	Fases d'una investigació. Disseny d'un procediment experimental. Plantejament de preguntes i identificació dels models científics teòrics que poden ser més útils per respondre-les. Disseny d'investigacions per validar hipòtesis que comportin controlar variables. Argumentació de les conclusions.  Ecosistemes. Paper dels elements que el configuren. Conseqüències de la seva modificació en termes de transferència de matèria i energia. Impactes de l'activitat humana sobre l'atmosfera, la hidrosfera i el sòl. Diferenciació entre contaminació i contaminant; impacte d'alguns contaminants. Anàlisi d'alguns problemes ambientals Argumentació de mesures preventives i correctores i concreció de propostes d'actuació a l'entorn proper
Ciències de la Naturalesa: Física i Química (3r ESO)		
Biologia i Geologia (4t ESO)	Investigació i experimentació  La vida, conservació i canvi	Possibles estratègies per afrontar la recerca de respostes a una pregunta en l'àmbit científic escolar: formulació de preguntes investigables,

	Ecologia i medi ambient	<p>hipòtesis, disseny experimental, obtenció de dades, resultats i conclusions.</p> <p>La cèl·lula. Estructura, tipus.</p> <p>Impacte de l'activitat humana en el medi ambient.</p>
Física i Química (4t ESO)		
Física i Química i ciències aplicades (4t ESO)		
Ciències aplicades (4t ESO)	<p>El treball al laboratori</p> <p>Activitat humana i medi ambient</p>	<p>Tècniques experimentals en ciències.</p> <p>Impacte de l'activitat humana en el medi ambient. Contaminants atmosfèrics i efectes de la qualitat de l'aire sobre la salut.</p>
Biologia i Geologia i ciències aplicades (4t ESO)	<p>El treball dels científics.</p> <p>La vida, conservació i canvi.</p> <p>Ecologia i medi ambient</p>	<p>El treball al laboratori: Organització, materials (productes químics, utilatge i instruments). Normes de seguretat i higiene ; Recollida i tractament de dades; Tècniques experimentals en ciències</p> <p>La cèl·lula. Estructura, tipus</p> <p>Impacte de l'activitat humana en el medi ambient. Contaminants atmosfèrics i efectes de la qualitat de l'aire sobre la salut.</p>
Biologia (1r de batxillerat)	D'una cèl·lula a un organisme	Reconeixement de l'estructura i funció dels òrgans cel·lulars
Biologia (2n de batxillerat)	La biodiversitat	Reflexió i debat sobre algun problema ambiental
Química (1r i 2n de batxillerat)	Les reaccions químiques.	Factors que influeixen en les reaccions químiques.



<p>Ciències de la Terra i el Medi Ambient (1r de batxillerat)</p>	<p>El sistema Terra i el mediambient</p>	<p>Definició del concepte d'impacte ambiental.            Caracterització d'alguns impactes ambientals a diferents escales.            Caracterització del concepte de gestió ambiental.            Valoració de les conseqüències de les accions humanes sobre el medi ambient. Identificació de diferents postures ideològiques davant els problemes ambientals.            Relació entre creixement econòmic i problemes ambientals: comparació entre el conservacionisme i el desenvolupament sostenible.</p>
<p>Ciències de la Terra i el Medi Ambient (2n de batxillerat)</p>	<p>Les capes fluides de la Terra</p> <p>Gestió ambiental i desenvolupament sostenible</p>	<p>Identificació dels impactes a la hidrosfera.            Anàlisi de la contaminació de l'aigua continental superficial i de les subterrànies. Valoració de l'impacte de la sobreexplotació i contaminació dels aqüífers. Identificació de l'origen de les aigües residuals i esquematització del procés de depuració. Descripció del procés de potabilització i dels mètodes de control de la qualitat de l'aigua. Anàlisi de la contaminació de les aigües marines: marees negres.            Debat sobre la gestió sostenible de l'aigua.            Determinació en el camp o laboratori de la qualitat de l'aigua</p> <p>Definició del concepte de residus sòlids.            Identificació i caracterització dels residus: urbans, agrícoles, ramaders, forestals, sanitaris, industrials i radioactius.            Exposició i debat dels problemes que presenta el tractament dels residus i la seva gestió. Anàlisi de la producció i gestió dels residus urbans en una ciutat.</p> <p>Exposició i comprensió del concepte de gestió ambiental i dels seus instruments. Descripció i aplicació de mesures preventives: ús de les normatives i aplicació a un estudi de cas per avaluar l'impacte ambiental.            Anàlisi d'algun exemple de gestió ambiental. Identificació i valoració dels instruments de política ambiental a l'Estat espanyol i a Catalunya. Anàlisi de la relació entre la conservació i preservació del medi i la millora de la qualitat de vida. Evidència de la necessitat de preservació de la biodiversitat i els espais naturals.            Valoració del conflicte entre alguns sistemes</p>

		econòmics i el desenvolupament sostenible. Caracterització dels trets bàsics de l'educació ambiental i en la sostenibilitat. Anàlisi crítica d'algunes cimeres internacionals sobre el desenvolupament sostenible i de la viabilitat dels acords presos.
Matemàtiques	Funcions lineals i de proporcionalitat inversa (CC4, CC5, CC6) Gràfiques estadístiques (CC14)	Relació entre quantitats variables. Expressió simbòlica. Ús de les funcions per a la resolució de problemes en contextos diversos. Recursos digitals per a la realització i comprovació de càlculs numèrics, calculadores Histogrames i polígons de freqüències.
Tecnologia Industrial I	El procés tecnològic i la producció industrial	Disseny, innovació i millora de productes. Valoració crítica del paper de les noves tecnologies.
Tecnologia Industrial I	Processos de fabricació	Valoració de l'impacte ambiental dels procediments de fabricació. Determinació dels tractaments dels residus industrials

NOTA: Aquestes orientacions són indicatives. Els continguts relacionats amb la nanotecnologia presents a la fitxa poden permetre la seva aplicació a d'altres àrees i nivells, a partir d'adaptacions específiques.

Finançat per:



NanoEduca som:





Per a què dissenyem aquests materials?

La finalitat última és que l'alumnat sigui capaç de resoldre problemes reals aplicant coneixements científics.

Què volem que aprenguin els alumnes amb aquest material?

*(Els objectius han d'estar associats a les activitats. Cada activitat no hauria d'estar relacionada amb més de dos objectius)*

1. Relacionar les propietats de diferents formes de plata amb la seva estructura metàl·lica, iònica o col·loïdal (dispersió de nanopartícules)
2. Relacionar la capacitat de diferents formes de plata de penetrar en les cèl·lules i de contaminar les aigües superficials i subterrànies, amb la seva estructura (manera d'agrupar-se i ordenar-se els àtoms)
3. Dissenyar un experiment per provar la toxicitat de les nanopartícules de plata (Ag), fer-lo i extreure'n conclusions basades en evidències

4. Relacionar la toxicitat de la plata amb la seva concentració

5. Identificar com afecten les nanopartícules de plata les cèl·lules procariotes i eucariotes

6. Avaluar els avantatges i els inconvenients de l'ús de les nanopartícules de plata en productes comercials

Quina és la situació de partida o el context? *(Una situació real o un problema inicial fa més evident la funcionalitat de l'aprenentatge)*

<http://www.agenciasinc.es/Noticias/Envases-de-plastico-fabricados-en-Corea-liberan-nanopartículas-de-plata-nocivas>

Envasos de plàstic fabricats a Corea alliberen nanopartícules de plata nocives

La lectura d'aquesta notícia suscita un diàleg entre dues alumnes:

## Seqüència de demostracions

### activitat 1



*(relacionada amb obj. 1 i 2)*

- Tres tubs d'assaig amb mostres de Ag metàl·lica, iònica i col·loïdal, que s'identifiquen a partir de l'observació simple i mitjançant l'efecte Tyndall.
- Un cop caracteritzades segons la seva solubilitat, els alumnes hauran de raonar que només poden ser tòxics els materials solubles o dispersos en medi aquós.

## activitat 2



*(relacionada amb obj. 3, 4 i 5)*

- A partir del material proporcionat en l'equip, els alumnes hauran de dissenyar un experiment per comprovar la toxicitat de la dispersió col·loïdal i les dissolucions de plata, i la seva relació amb la concentració d'aquestes.
- Posteriorment, els alumnes hauran d'elaborar conclusions basades en els resultats obtinguts.

*(Cal incloure una activitat que permeti que tant el professor com els alumnes identifiquin l'aprenentatge)*

## activitat 3



*(relacionada amb obj. 6)*

A partir de la presentació de diferents casos relacionats amb aplicacions comercials de les nanopartícules de plata, els alumnes hauran de presentar arguments científics relacionats amb les activitats anteriors per a l'ús de les nanopartícules (NP) de Ag basats en consideracions sobre: efectes mediambientals, sobre la salut, la sostenibilitat...

## activitat 4



*(La seqüència s'ha de tancar donant resposta a la situació de partida o context inicial)*

*(relacionada amb la situació inicial)*

L'alumne haurà de valorar els possibles riscos i avantatges de l'ús dels envasos de plàstic que incorporen nanopartícules de Ag, i justificar la no-toxicitat de les joies de plata.



# introducció

Has vist aquest article que ens han passat a l'escola <http://bit.ly/209OKyi> ???

No... Què diu?

Que hi ha tappers que porten plata i que són tòxics.

No pot ser! Si jo porto els pírcings de plata perquè són els que no em provoquen al·lèrgia!

Doncs aquesta gent és de la universitat...

Que et dic que no!

Bé, jo m'ho miraré i et dic alguna cosa

Oks!

(Comiat)

(Comiat)

## activitat 1



**Objectius:**

1. Relacionar les propietats de diferents formes de plata amb la seva estructura metàl·lica, iònica o col·loidal (dispersió de nanopartícules)
2. Relacionar la capacitat de diferents formes de plata de penetrar en les cèl·lules i de contaminar les aigües superficials i subterrànies, amb la seva estructura (manera d'agrupar-se i ordenar-se els àtoms)

*Es tracta de relacionar els nous aprenentatges sobre dispersions de nanopartícules amb el coneixement previ dels alumnes i amb continguts curriculars (mescles homogènies, heterogènies, col·loide, àtom, ió, enllaç químic, relació entre propietats de les substàncies i la seva estructura...).*



La vostra tasca és fer els assaigs de laboratori necessaris per investigar:

- la solubilitat en aigua de la plata metàl·lica, d'una sal de plata i de la plata col·loidal
- l'efecte del pas d'un raig làser a través de mostres d'una sal de plata dissolta en aigua i de la plata col·loidal.

Disposeu de tubs d'assaig, espàtula, aigua desionitzada, làser i les mostres següents:

- Plata metàl·lica
- Nitrat de plata
- Plata col·loidal (dispersió de nanopartícules de plata).

Abans de fer els assaigs, heu de respondre, primer individualment i després en grup, a les preguntes següents:

- Què passarà si introduïm la plata metàl·lica en aigua? Per què?
- Què passarà si introduïm una petita quantitat de nitrat de plata en aigua? Per què?
- Què passarà si introduïm unes gotes de la dispersió de nanopartícules de plata en aigua (plata col·loidal)? Per què?

Feu els assaigs per investigar la solubilitat en aigua de la plata metàl·lica i de la plata iònica en aigua. Contrasteu els resultats experimentals amb les vostres prediccions i proposeu una explicació dels resultats a partir dels vostres coneixements sobre la seva estructura.



Discutiu en grup què creieu que passaria en el cas de la plata col·loidal i relacioneu-ho amb el concepte de col·loide.

Responen primer individualment i després en grup:

- Què passarà quan un raig làser travessi la solució de la sal de plata en aigua?
- Què passarà quan un raig làser travessi la dispersió de nanopartícules de plata?

Feu els experiments per detectar possibles diferències en el pas del raig làser pel medi, compareu els resultats amb les vostres prediccions i proposeu una explicació.

La taula mostra dades de conductivitat de les dispersions de nanopartícules de plata, una dissolució de nitrat de plata i la plata metàl·lica.

- Quines formes de plata (plata metàl·lica, dissolució de nitrat de plata, dispersió de nanopartícules de plata) són conductores del corrent elèctric?
- Per què la plata metàl·lica és conductora? Explica-ho basant-te en la seva estructura.
- Per què les dissolucions aquoses de plata iònica són conductores de l'electricitat? Explica-ho basant-te en la seva estructura.
- Suggeriu com podríeu interpretar la conductivitat de les dispersions en aigua de nanopartícules de plata.

Com us imagineu aquestes estructures? Representeu de forma esquemàtica un model per a:

- les estructures dels metalls

- les solucions d'una sal soluble en aigua
- les dispersions de nanopartícules

Expliqueu què representen les entitats que componen la vostra representació.

Expliqueu el significat dels vostres models als companys de grup i trieu el que us sembli més apropiat.

- En quin lloc situaríeu les nanopartícules, els àtoms i els ions en l'escala de mides "del macro al nano"? Raoneu la vostra decisió.
- És exactament el mateix la plata col·loïdal que una dispersió de nanopartícules?
- Compareu les vostres representacions amb representacions de nanopartícules de plata de diferents mides.

## Motiu de les accions i orientacions per al professorat

Es proposa als alumnes que facin les proves experimentals necessàries per donar resposta a preguntes inicials sobre la solubilitat en aigua i el comportament en incidir un raig làser (efecte Tyndall) en diferents formes de plata. L'alumnat ha de respondre a les preguntes individualment, discutir-les i consensuar-les en grup. Es tracta que els alumnes s'apropiïn de la idea que, tot i que en els tres casos les mostres estiguin formades pel mateix element (Ag), és a dir, continguin àtoms de plata, la forma com estan units els àtoms i la mida d'aquests agregats determina les seves propietats. És a dir, encara que en tots els casos està present l'element plata, en un cas tenim la substància simple plata metàl·lica, en un altre una solució d'ions plata (que també conté ions hidrat) i en l'últim, agrupacions d'uns quants àtoms de plata de mida nanomètrica, dissolts en aigua.

La idea de relacionar l'estructura amb les propietats s'inclou en el currículum de l'ESO i del batxillerat, i es tractarà amb més o menys profunditat segons el nivell dels alumnes i si l'activitat s'utilitza per aplicar els conceptes o per ajudar els alumnes a construir-los.

Els alumnes:

- han d'activar o construir i utilitzar el seu coneixement sobre les propietats dels metalls, dels compostos iònics

i dels col·loïdes per predir el resultat dels assaigs, i relacionar les propietats dels materials (sòlids metàl·lics, dissolucions aquoses de compostos iònics) amb la seva estructura.

- en les seves explicacions per a l'assaig de solubilitat, han de relacionar la insolubilitat de la plata en aigua amb les característiques de l'enllaç metàl·lic, la solubilitat del nitrat de plata amb la de l'enllaç iònic i han d'identificar la plata col·loïdal amb una dispersió en la qual la fase externa és aigua.

- en les seves explicacions per a l'assaig del raig làser, han de relacionar la dispersió o no-dispersió del raig làser en el medi amb la mida de les partícules i indicar que en el cas d'una dissolució, la mida és més petita i per aquest motiu la llum no es dispersa.

Es proporciona als alumnes una taula amb informació de la conductivitat de la plata metàl·lica, d'una dissolució d'ions plata i de nanopartícules de plata. Es proposa que interpretin les dades i les relacionin amb l'estructura i els enllaços metàl·lic i iònic i les dispersions de nanopartícules de plata.

Els alumnes utilitzaran més endavant aquesta informació i explicacions per relacionar-la amb l'acció de les nanopartícules en els éssers vius.



Els alumnes hauran de respondre a les preguntes amb la informació de la taula, primer individualment i després discutir-les i consensuar-les en grup.

Els alumnes han de representar un model d'estructura per a les diferents estructures. En les estructures de la plata metàl·lica han de representar els àtoms de plata sense els electrons de valència que estan compartits entre tots els àtoms i explicar que el desplaçament dels electrons en presència d'una diferència de potencial explica la conductivitat dels metalls. En les dissolucions iòniques han de representar els ions positius i negatius i les molècules d'aigua. La mobilitat dels ions explica la seva conductivitat.

Per a la dispersió de nanopartícules de plata s'espera que representin agrupacions d'àtoms de plata.

Hauran de situar les nanopartícules de plata de mida més gran que els àtoms i els ions, i de mida

més petita que altres estructures, com per exemple les macromolècules, els virus i les cèl·lules; és a dir, en el rang de les partícules col·loïdals.

Opcional: Se suggereix una imatge com la que es mostra a *Superficies y Vacío 21(1)*, 20-25, març de 2008 ©Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales per tal que els alumnes vegin l'aspecte de diferents nanopartícules a microscopi MET

S'espera també que amb la imatge en la qual es representen dispersions de nanopartícules de diferents mides, els alumnes expliquin la diferència entre les nanopartícules de plata i els col·loïdes com la plata col·loïdal, en la qual hi ha una varietat de mides (conté nanopartícules de diferents grandàries, formades per agregats amb un nombre divers d'àtoms) i les dispersions de nanopartícules, en què totes les partícules tenen la mateixa mida.

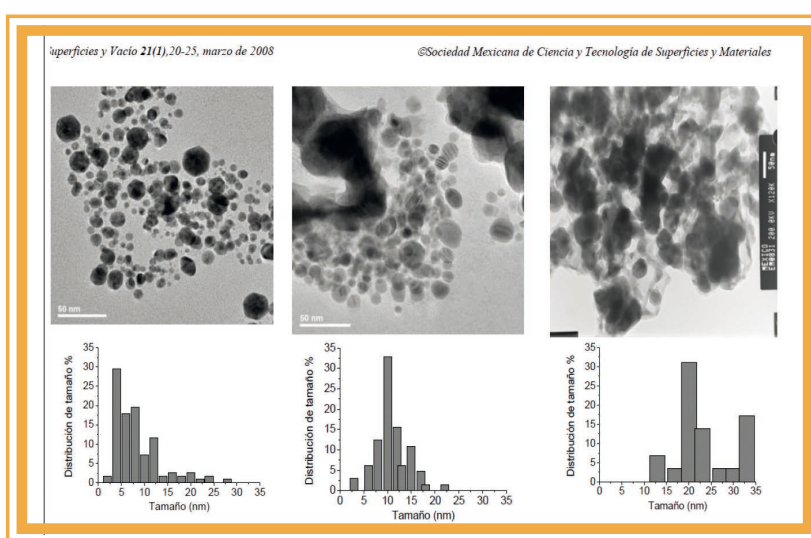
Els alumnes hauran d'argumentar que, malgrat que es tracti del mateix element, la possibilitat que es trobin en el medi cel·lular o com a contaminant en les aigües depèn de la seva estructura (metall, solució iònica o

nanopartícules), per això la plata metàl·lica, encara que estigui en contacte amb la pell o l'aigua, no es dissol ni s'hi dispersa.

Les explicacions hauran de relacionar la solubilitat o la dispersió

en medi aquós i la mida de les partícules amb el fet que puguin actuar en els éssers vius, i la seva capacitat d'interacció i transformació en el medi ambient quan es converteixen en rebuig/residu.

D'aquesta manera, com que les nanopartícules es troben en medi aquós poden arribar a les estructures dels éssers vius (cèl·lula) i també a les aigües dels rius... quan es converteixen en residu.



## activitat 2



**Objectius:**

3. Dissenyar un experiment per provar la toxicitat de les nanopartícules de plata (Ag), fer-lo i extreure'n conclusions basades en evidències
4. Relacionar la toxicitat de la plata amb la seva concentració
5. Identificar com afecten les nanopartícules de plata les cèl·lules procariotes i eucariotes

La vostra tasca és dissenyar un experiment per comprovar el suposat efecte tòxic de les nanopartícules de plata.

Disposeu del material següent:

- 4 Erlenmeyers
- Globus
- Llevat
- Aigua i sucre
- Solució amb nanopartícules de plata (Ag)

Abans de dissenyar el vostre experiment heu de tenir en compte el que sabeu sobre el llevat:

Què és el llevat?

Què creieu que hauria de passar si es posa en contacte el llevat amb una solució de sucre? Per què?

Com podríem visualitzar l'activitat del llevat?

Si les nanopartícules de plata són tòxiques, què hauríem d'observar? Formuleu la resposta a aquesta pregunta en forma de deducció:

Si les nanopartícules de plata són tòxiques, llavors...

Escriviu ara el vostre disseny experimental i compartiu-lo amb el vostre professor/a abans de fer-lo.

Quina és la variable independent en aquest experiment?

Quina és la variable dependent?

Quin és el control d'aquest experiment? Per a què serveix?



Dissenyu un altre experiment per comprovar si la concentració de nanopartícules de plata té cap influència en la toxicitat.

Si la concentració de la solució de nanopartícules té efecte, què hauríem d'observar? Formuleu la resposta a aquesta pregunta en forma de deducció:



Si la concentració de nanopartícules de plata té efecte en la toxicitat, en posar en contacte llevat amb sucre amb solucions de nanopartícules de concentracions diferents, llavors...

Quina és la variable independent en aquest experiment?

Quina és la variable dependent?

Quin és el control d'aquest experiment?

Feu els experiments.



Anoteu els resultats obtinguts i escriviu les conclusions:

Les conclusions del nostre experiment són..., ens basem en l'evidència... ja que...

### **Ampliació:**

**Però... per què són tòxiques les nanopartícules de plata? Quin efecte tenen sobre les cèl·lules?**

Et proposem llegir el text següent i, a continuació, respondre a aquestes preguntes:

Podries explicar per què els llevats produeixen menys  $\text{CO}_2$  quan estan en contacte amb nanopartícules de plata?

Podries explicar per què les nanopartícules de plata tenen un efecte bactericida?

Les propietats antisèptiques de les sals de plata s'han emprat durant segles per a ús extern en el tractament de mals o com a desinfectant de superfícies de materials. Actualment, hi ha persones que utilitzen les nanopartícules de plata per elaborar remeis casolans amb la finalitat de combatre infeccions i malalties com el càncer i la sida, tot i que en alguns casos, l'única cosa que aconseguen és argíria o pell blavosa. <http://www.agenciasinc.es/Opinion/La-plata-coloidal-y-el-principio-de-precaucion>. Les autoritats sanitàries adverteixen que no hi ha evidències científiques que sostinguin l'eficàcia terapèutica de la plata col·loïdal i, de fet, en alguns països com els EUA la seva ingesta està prohibida. Per contra, són nombrosos els estudis que demostren la toxicitat de les nanopartícules de plata a escala cel·lular.

"Hem observat que només quan les nanopartícules de plata entren dins les cèl·lules els produeixen danys greus, i que la seva toxicitat és deguda bàsicament a l'estrès oxidatiu que originen", explica el químic espanyol Guillermo Orts-Gil.

Per als científics és difícil interpretar si la toxicitat de les nanopartícules de Ag observada es produeix a causa de les nanopartícules mateixes o pels ions  $\text{Ag}^+$  alliberats, ja que tots dos presenten una resposta biològica similar.

El que sí que està clar és que els mitocondris són una diana sensible a la toxicitat de les nanopartícules de plata. La toxicitat sembla estar associada al seu comportament oxidatiu i inflamatori.

En els mitocondris de totes les cèl·lules eucariotes es generen, com a conseqüència del metabolisme respiratori, les anomenades "espècies reactives d'oxigen" (ERE). Les ERE són ions d'oxigen, radicals lliures i peròxids, altament reactius a causa de la presència d'una capa d'electrons de valència no aparellada. Aquestes espècies es formen de manera natural com a subproducte del metabolisme mitocondrial normal. Tanmateix, si els seus nivells augmenten poden produir danys significatius a les estructures cel·lulars. Això porta a una situació coneguda com a estrès oxidatiu. Sembla ser que en els mitocondris de les cèl·lules eucariotes, les nanopartícules de plata interaccionen amb les

proteïnes que estan involucrades en la neutralització de les ERE, de manera que interfereixen en l'acció reparadora d'aquestes. És particularment important la interferència de les nanopartícules o els ions de plata amb mecanismes de reparació de l'ADN.

Les nanopartícules de Ag també provoquen la pèrdua de potencial de membrana mitocondrial. El resultat final és que acaben destruint el mitocondri i causant l'alliberament del citocrom c al citosol. La destrucció dels mitocondris és, al seu torn, un senyal que activa el procés d'apoptosi (mort cel·lular programada).

També s'ha observat que l'exposició a les nanopartícules de plata indueix l'alliberament de marcadors proinflamatoris. En el cas de les cèl·lules procariotes, les nanopartícules de Ag actuen en l'àmbit de paret i provoquen danys a causa de l'estrès oxidatiu. Dins de la cèl·lula afecten la permeabilitat de la membrana, interaccionen amb proteïnes respiratòries i l'ADN, cosa que provoca lisi i mort de la cèl·lula.

Adaptat de:

<http://www.agenciasinc.es/Noticias/Un-poco-de-azucar-en-las-nanoparticulas-de-plata-para-modular-su-toxicidad>

Ávalos, A., Haza, A. I., Mateo, D., & Morales, P. (2013). NANOPARTÍCULAS DE PLATA: APLICACIONES Y RIESGOS TÓXICOS PARA LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE/SILVER NANOPARTICLES: APPLICATIONS AND TOXIC RISKS TO HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 7(2), 1.

## Motiu de les accions i orientacions per al professorat

La idea és que l'alumnat activi els seus coneixements sobre el llevat. Es recomana que després de deixar uns quants minuts per a la resposta individual, es posi en comú el coneixement amb tota la classe. És important que s'identifiqui el llevat com un ésser viu. Es recomana utilitzar llevat fresc i raonar amb l'alumnat que el llevat es conserva a la nevera i sense aliment per mantenir-lo inactiu. També es pot utilitzar llevat liofilitzat.

Quan hi afegim sucre i el situem en un lloc càlid, esperem que el llevat s'activi i comenci a alimentar-se del sucre. Això suposa que es posen en funcionament tota una sèrie de reaccions químiques (fermentació alcohòlica) catalitzades enzimàticament que produeixen CO<sub>2</sub> i alcohol com a productes últims.

És important deixar clar que l'existència d'aquesta activitat és imprescindible per a la vida. Si no hi ha producció de CO<sub>2</sub> es podrà interpretar que el llevat ja no és viu, ja que l'oxidació de nutrients és la manera d'obtenir

l'energia necessària per dur a terme les funcions vitals que tenen tots els organismes.

La producció de CO<sub>2</sub> es pot posar de manifest tapant els Erlenmeyers amb els globus i observant com s'inflen.

La formulació de la deducció (Si les nanopartícules de plata són tòxiques, llavors si poso en contacte el llevat amb aquestes partícules l'activitat del llevat s'hauria de veure afectat) ajudarà a elaborar el disseny experimental.

- Posem la mateixa quantitat de llevat en dos Erlenmeyers i els numerem (1 i 2).

- Afegim als dos la mateixa quantitat d'aigua i sucre.

- Afegim només al tub 2 una solució de partícules de Ag. El tub 1 serà el control.

- Posem els globus a les boques dels dos Erlenmeyers.

- Deixem passar una estona, observem i comparem els dos muntatges. El globus més inflat indicarà més activitat.



- La variable independent serà la presència o no de nanopartícules i la dependent, la quantitat de  $\text{CO}_2$  produïda.

Ara caldrà modificar l'experiment afegint almenys un Erlenmeyer més amb una concentració de nanopartícules diferent. Per exemple, es pot diluir a la meitat la concentració de l'experiment anterior.

Cal fer èmfasi en el fet que, ara, la variable independent és la concentració de nanopartícules.

Se suggereix fer els dos dissenys experimentals seguits i posteriorment que un dels grups de la classe faci l'un o l'altre i posteriorment en comparteixin els resultats. També es poden unir els dos experiments en un de sol.

Aquí caldrà donar alguna referència de quantitats (sobretot quant a la quantitat de nanopartícules que es podran utilitzar).

Posem les frases començades perquè es pretén reforçar la idea que els experiments no proporcionen una resposta directa, sinó que ens permeten disposar d'unes dades (evidències) que són coherents (o no) amb l'explicació que proposem. Així, esperem que els alumnes relacionin la menor producció de  $\text{CO}_2$  amb la presència (o la concentració més elevada) de nanopartícules de Ag.

Concloure que les nanopartícules de plata tenen un efecte tòxic significa fer inferències basades en la teoria que es coneix. D'aquesta manera, cal relacionar la

producció de  $\text{CO}_2$  amb el procés metabòlic que fan els llevats, consistent en l'oxidació del sucre fins a  $\text{CO}_2$ , etanol i  $\text{H}_2\text{O}$ , amb el conseqüent alliberament d'energia que els permetrà dur a terme les funcions vitals. En conseqüència, si observem que els llevats deixen de produir  $\text{CO}_2$  podrem inferir que han mort (o almenys que han reduït la seva activitat).

És molt possible que els alumnes es preguntin sobre l'efecte que causen les nanopartícules de plata en els organismes. La resposta no és fàcil. D'una banda perquè involucra aspectes del metabolisme que poden no haver-se treballat amb alumnes d'ESO i, de l'altra, perquè tampoc no estan del tot clares les causes últimes de la toxicitat.

Suggerim relacionar l'efecte amb l'activitat enzimàtica. Una explicació raonable per als alumnes d'ESO pot ser que les nanopartícules impedeixen el funcionament correcte dels enzims que catalitzen les reaccions d'oxidació dels nutrients. També és important reflexionar amb ells sobre la importància que té el fet que les nanopartícules estiguin en medi aquós, ja que així és l'única manera que arribin a l'interior de les cèl·lules. De fet, moltes accions per minimitzar els efectes de substàncies tòxiques consisteixen a afavorir la seva precipitació.

Si el professor/a ho considera oportú, en funció del nivell de l'alumne, es pot proposar la lectura del text.



## activitat 3



### Objectius:

#### 6. Avaluar els avantatges i els inconvenients de l'ús de les nanopartícules de plata en productes comercials

La tasca consistirà a presentar arguments científics relacionats amb les conclusions que hàgiu extret de les activitats anteriors, a favor o en contra de l'ús de determinats productes que contenen nanopartícules de plata.

Haureu de tenir en compte consideracions sobre aspectes com: efectes mediambientals, efectes sobre la salut, tractament de residus i sostenibilitat, etcètera. Per fer-ho, us pot servir d'ajuda donar resposta a les qüestions següents:

- Quins són els motius d'introduir nanopartícules de plata en el producte? En què millora l'ús de l'article?
- Fer una valoració justificada de si el suposat benefici que aporten les nanopartícules de plata és superior als possibles riscos derivats de la seva presència, ja sigui a causa de la freqüència d'ús, de la dificultat de recuperació de les nanopartícules (NP), l'impacte en el medi ambient...
- Quins són els possibles efectes sobre el medi ambient? En funció de la manera en què es trobin presents les NP de Ag en el producte, fer una previsió sobre els riscos mediambientals o sobre la salut.
- Com es podrien reduir els riscos anteriors? Dissenyar propostes d'accions que els minimitzin.

#### • Cas 1:

Els veïns han comprat un frigorífic que utilitza una tecnologia en la qual les partícules de plata es barregen amb la resina de l'interior de l'electrodomèstic, de manera que «restringeix el creixement i el desenvolupament d'una gran varietat de bacteris i suprimeix les males olors».

<http://www.samsung.com/za/consumer/home-appliances/refrigerators/bottom-mount-freezer/RL48RWCIH1/XFA>



#### • Cas 2:

Avui ens han donat a provar un nou col·lutori bucal, recomanat per prendre'l després de l'esmorzar i abans d'anar a dormir durant 30 segons, i que conté nanopartícules de plata.

[http://nanocare.kr/sub03/sub4\\_2](http://nanocare.kr/sub03/sub4_2)



- Cas 3:

L'àvia fa uns quants dies que està ingressada a l'hospital sense poder-se aixecar del llit, i li han començat a sortir llagues en algunes parts del cos. El metge li proposa l'ús d'apòsits amb partícules de plata per prevenir possibles infeccions.

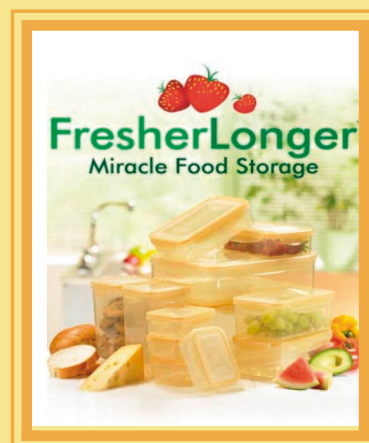
<http://int.hansaplast.com/Products/wound-care/sensitive-antibacterial-xxl>



- Cas 4:

En una campanya per evitar que es desaprofitin aliments a l'escola comenten que a internet es poden comprar envasos de plàstic (tuppers) que mantenen els aliments frescos durant més temps gràcies al fet que el material incorpora nanopartícules de plata.

[http://web.archive.org/web/20060428143835/http://www.sharperimage.com/us/en/catalog/productdetails/sku\\_ZN020](http://web.archive.org/web/20060428143835/http://www.sharperimage.com/us/en/catalog/productdetails/sku_ZN020)



- Caso 5:

Al club esportiu on entreneu han arribat mostres d'un producte que conté nanopartícules de plata i es comercialitza en forma de gel. La recomanació que us fan és que l'apliqueu de manera periòdica (un o dos cops al dia) en petites ferides, talls, laceracions, cremades o irritacions.

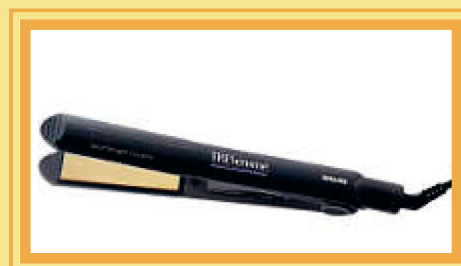
<https://armor-gel.com/>



- Cas 6:

Estàs passant el cap de setmana a casa d'uns cosins, i la teva cosina t'explica que la seva planxa de cabells incorpora nano-plata, perquè proporciona protecció antibacteriana amb un efecte desinfectant que elimina les olors dels cabells.

<http://www.p4c.philips.com/cgi-bin/dcbint/cpindex.pl?ct-n=HP4642/77&scy=gb&slg=en>



## Motiu de les accions i orientacions per al professorat

Els alumnes haurien d'analitzar els aspectes indicats de cada una de les aplicacions. Per fer-ho, i en vista dels resultats obtinguts anteriorment, hauran de fer referència a:

- la freqüència d'ús del producte.
- la vida útil.
- la manera en què les NP de Ag estan presents en l'aplicació, i especialment en els casos en què estiguin en medi aquós.
- les possibilitats de recuperació de les NP de Ag en el procés de reciclatge.

També seria interessant que se'ls plantegés alguna reflexió pel que fa als riscos de compra de productes com els que s'han presentat aquí, o semblants. En molts casos, aquesta adquisició es pot fer a través de plataformes de compra en línia, amb una oferta de productes que no sempre s'ajusta a la regulació europea.

La formulació dels arguments es podria redactar a partir d'expressions com:

Sobre..., seria recomanable...

En relació amb l'ús de...

És per això que l'ús de...

A causa de..., l'ús de...

Altres possibles aplicacions:

- Recobriments de superfícies (fustes i marbres de cuina / espais hospitalaris)
- Estris de perruqueria i estètica (tall de cabells, ungles,...)
- Instrumental mèdic i quirúrgic (odontologia)
- Pasta i raspalls de dents, tovalloletes humides

### activitat 4



Torna a llegir el diàleg amb el qual es presentava la seqüència didàctica i redacta'n un de semblant entre les dues protagonistes, en què s'argumenti sobre la toxicitat de la plata en les dues situacions que s'exposen.

Per elaborar-lo, ocupa tu el paper de la persona A i inclou arguments i reflexions basades en les evidències obtingudes de les activitats que has fet.

## Motiu de les accions i orientacions per al professorat

L'alumnat haurà de valorar els possibles riscos i avantatges de l'ús dels envasos de plàstic que incorporen nanopartícules de Ag i justificar la no-toxicitat de les joies de plata. Els aspectes bàsics que s'haurien de reflectir en la proposta de diàleg serien:

- com la solubilitat de les nanopartícules de plata (en dissolució o en dispersió col·loïdal) possibilita la seva interacció a escala cel·lular, en contraposició a la plata metàl·lica, que malgrat estar en contacte amb aigua, la

seva estructura no li permet dissoldre's o dispersar-se.

- en el cas dels envasos de plàstic, el recobriments de plata impedeix la proliferació de bacteris i fongs, però el contacte prolongat amb els medis aquosos que constitueixen la base de la major part dels aliments que s'hi emmagatzemen, afavoreix la degradació dels polímers amb els qual es fabriquen. Aquesta degradació fa possible la transferència de les nanopartícules de plata a l'aliment.

Finançat per:



NanoEduca som:

