

El *Global Experiment* de l'Any Internacional de la Química

## Destil·lador solar

Aquest document conté la descripció de l'activitat **Destil·lador solar**, que forma part del *Global Experiment* que s'està duent a terme durant l'Any Internacional de la Química 2011.

En aquesta activitat, els estudiants faran un destil·lador solar i mesuraran la seva eficàcia. Desenvoluparan la comprensió dels estats de l'aigua, líquid i gasós, i veuran com es pot utilitzar la destil·lació per purificar-la. Els estudiants tindran el repte de dissenyar un destil·lador solar per aconseguir-ne un que sigui el més eficient possible. Cada classe presentarà al *Global Experiment* el diagrama i la fotografia del destil·lador solar dissenyat, el més eficient de tots, juntament amb les dades de la seva eficiència.

L'activitat pot ser realitzada com a part del conjunt de les quatre activitats que conformen el *Global Experiment* o pot ser completada com una activitat individual que permeti als estudiants el fet de participar en l'Any Internacional de la Química.

### Contingut

- Instruccions per a l'enviament de resultats a la base de dades mundial 1
- Instruccions per desenvolupar l'activitat (alumnes) 3
- Full de resultats dels alumnes 5
- Notes del professor 7
- Funcionament del destil·lador solar 10
- Full de resultats dels alumnes (exemple) 11
- Disseny alternatiu d'un destil·lador solar utilitzant material de laboratori 13

### Instruccions per a l'enviament de resultats a la base de dades mundial

S'ha de presentar la informació següent a la base de dades mundial. Si les dades del centre escolar i de la localitat ja s'han presentat en altres activitats, aquests resultats s'han de vincular a la presentació anterior.

Data de mostreig: \_\_\_\_\_

Naturalesa de l'aigua: \_\_\_\_\_ (aixeta, riu, mar, etc.)

Nom de l'arxiu del diagrama: \_\_\_\_\_

Nom de l'arxiu de la fotografia: \_\_\_\_\_

Eficiència del destil·lador: \_\_\_\_\_

Número de registre del centre escolar/classe \_\_\_\_\_



---

Les activitats del *Global Experiment* han estat dissenyades per l'Equip del *Global Experiment* de l'Any Internacional de la Química.

Aquestes activitats estan disponibles sota la llicència Creative Commons Reconeixement-No Comercial-Compartir Igual (CC BY-NC-SA). Aquesta llicència permet a d'altres modificar i ampliar amb el seu treball per a fins no comercials, sempre que continguin el crèdit de l'Any Internacional de la Química i la llicència de les noves creacions en termes idèntics.

Aquestes activitats han estat traduïdes al català i editades en aquesta llengua per la Societat Catalana de Química (SCQ), filial de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC).

El CESIRE-CDEC del Departament d'Ensenyament, la Societat Catalana de Química (SCQ) i UNESCOCAT constitueixen la Comissió per al *Global Experiment* a Catalunya.

## Destil·lador solar

### El repte

En aquesta activitat s'ha de construir un destil·lador solar i esbrinar com es pot purificar l'aigua amb aquest mateix destil·lador. Els alumnes s'enfronten al repte d'utilitzar els seus coneixements per construir un destil·lador solar que sigui el més eficient possible.

L'aigua cobreix la major part de la Terra (al voltant del 70 %), però gairebé tota es troba en els oceans i, per tant, és salada. Una gran part de l'aigua que hi ha en terra o en el sòl també és salada o no apta per a l'ús humà. El repte de trobar formes de purificar aigua és cada vegada més gran a mesura que augmenta la població.

El destil·lador solar és un dispositiu que utilitza energia solar per purificar l'aigua. S'empren diferents versions de destil·lador per dessalar l'aigua del mar, al desert emprant equips de supervivència i equips de purificació d'aigua a la llar.

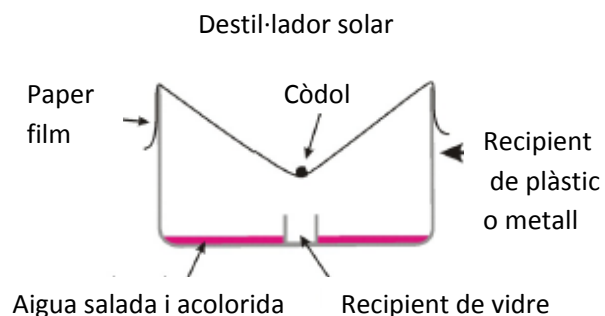
*(Al final del document s'inclou un mètode alternatiu per a la part A per a classes o grups que tinguin accés a material de laboratori.)*

### Mètode – Part A – Construcció d'un destil·lador solar

1. Mesurar un volum d'aigua calenta, anotar el volum i introduir-lo al recipient (aproximadament 1 cm d'alçada).
2. Afegir una mica de colorant alimentari i aproximadament una culleradeta de sal a l'aigua del recipient.
3. Col·locar tot l'equip en un lloc ben assolellat i anivellat.
4. Col·locar el vas de vidre poc profund al centre del recipient assegurant que no hi hagi esquitxades d'aigua a dins.
5. Cobrir el recipient amb paper film segellant la pel·lícula a la vora del recipient. (Utilitzar cinta adhesiva, si és necessari.)
6. Col·locar la pedra o còdol al centre de la pel·lícula de plàstic, per sobre del recipient.
7. Deixar-ho tot com a mínim durant una hora (com més de temps, millor) i

#### Equipament

- Recipient de plàstic o de metall gran.
- 1 recipient o vas de vidre poc profund (net).
- 1 proveta o gerra graduada.
- Quelcom per cobrir el recipient; per exemple, pel·lícules plàstiques o paper film (més ample que el recipient).
- Petites pedres (còdols).
- Aigua calenta.
- Colorant alimentari i sal.



després comprovar que hi ha una mica d'aigua al vas de vidre central.

8. Recollir el destil·lador solar del lloc on s'havia deixat, treure el paper film amb compte i treure el vas de vidre central evitant que s'esquitxi d'aigua per dins o per fora.
9. Mesurar el volum d'aigua que hi ha al recipient de vidre central.
10. Observar el color de l'aigua al recipient i comprovar-hi la presència de sal.
11. Calcular el percentatge d'aigua que s'ha purificat:

$$\% \text{ d'aigua purificada} = \frac{\text{volum recollit al final}}{\text{volum afegit inicialment}} \times 100$$

12. Analitzeu els resultats i intenteu explicar el que ha passat amb l'aigua. Per què es diu «aigua purificada»? Escriure els suggeriments al full de resultats responnent la pregunta 1.

### Part B – El repte del disseny

El repte consisteix a modificar o construir un destil·lador solar més eficient que el que s'ha preparat a la part A.

13. Escriure algunes idees sobre com es podria millorar el destil·lador. Per exemple, es pot provar d'utilitzar contenidors de diferents colors per saber quin d'ells absorbeix la llum del sol al més eficientment possible.



14. Discutir les idees i propostes amb el professor abans de dur a terme l'experiment.
15. Dur a terme l'experiment registrant el volum d'aigua inicial i el volum d'aigua que s'aconsegueix purificar.
16. Calcular el percentatge d'aigua purificada i anotar-ho a la taula de resultats.
17. Si es té temps, es pot anar millorant el disseny del destil·lador. Cal demanar permís al professor abans de cada experiment que es vulgui dur a terme.
18. Dibuixar el diagrama del destil·lador més eficaç, tot mostrant-hi per què és més eficient que el primer dissenyat. Fer una foto de cada destil·lador, si és possible.
19. Contestar les altres preguntes del full de resultats.
20. Entregar els resultats al professor, de manera que pugui triar el destil·lador més eficient dels que s'han construït a la classe i enviar-lo a la base de dades del *Global Experiment*.

## Full de resultats dels alumnes

Registreu els resultats a la taula i calculeu el percentatge d'aigua purificada.

| Assaig                       | Volum d'aigua afegit (mL) | Volum recollit (mL) | % d'aigua purificat |
|------------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Part A - Primer destil·lador |                           |                     |                     |
| Part B                       |                           |                     |                     |
|                              |                           |                     |                     |
|                              |                           |                     |                     |
|                              |                           |                     |                     |

### Part A

1. Expliqueu amb les vostres paraules com funciona el destil·lador construït.

2. Escriviu com es pot aconseguir que el destil·lador funcioni millor.



---

## Part B

3. Expliqueu el disseny d'un destil·lador que creieu que serà més eficient i que funcionarà millor que el de la part A; després, discutiu les idees amb el vostre professor.

4. (Després d'haver assajat el destil·lador nou.)  
Mostreu com funciona el nou destil·lador mitjançant un diagrama.

5. Enganxeu en aquest espai una fotografia del nou destil·lador.



# Notes del professor

## Instruccions per a l'activitat

En aquest document es presenten dos enfocaments diferents per a l'activitat. El primer és apropiat per a tots els alumnes: utilitza articles de la llar per a la fabricació del destil·lador solar, és fàcil de fer i també és fàcil d'emprar. El segon és apropiat per a estudiants més avançats, que poden tenir accés a material de vidre i a recursos de laboratori.

### Destil·lador solar – El repte

L'activitat és més efectiva si els alumnes treballen en parelles, però es pot dur a terme de forma individual.

En primer lloc, a la **part A**, els estudiants fan un destil·lador simple i l'utilitzen per purificar aigua. Se'ls demana fer la seva explicació de com funciona aquest destil·lador.

- Per finalitzar la part A, es proposa fer una discussió a classe sobre el funcionament del destil·lador i així arribar a extreure'n una explicació i la conclusió científica corresponent (vegeu-ho més endavant).

Després, a la **part B**, els estudiants tenen el repte de millorar el rendiment de purificació de l'aigua mitjançant la modificació del destil·lador o de la forma en què aquest s'utilitza.

- Cal comprovar que les modificacions proposades pels estudiants siguin segures i, d'altra banda, és convenient el fet de guiar-los per ajudar-los a desenvolupar els nous dissenys emprant els seus coneixements i la comprensió del funcionament del destil·lador solar.

Un cop assajat el nou destil·lador, cal que en dibuixin un diagrama explicant-ne el funcionament i com es pot millorar el rendiment de purificació de l'aigua, que és una mesura de l'eficiència del destil·lador. Si és possible, s'ha d'incloure una fotografia del destil·lador solar millorat.

- En finalitzar l'activitat, cal recollir el treball de tots els grups que han afrontat el repte de construir un destil·lador solar i la seva millora, i cal seleccionar el projecte guanyador. Si es considera oportú, això es pot fer en un esdeveniment especial del *Global Experiment* i la classe pot participar en la selecció.

### Seguretat

Hi ha molt poc risc involucrat en el fet de dur a terme l'activitat. Les normes estàndard de seguretat del laboratori suggereixen que els estudiants no han d'olorar ni tastar els productes que manipulen durant el desenvolupament de les activitats. Tanmateix, la prova més fàcil per identificar la sal comuna és tastar-la, i això es podrà fer si se segueixen les normes de seguretat i d'higiene típiques d'un laboratori casolà o d'una cuina casolana.

*El diagrama (i la fotografia adjunta) del destil·lador més eficient de tota la classe s'ha de presentar a la base de dades del Global Experiment.*



## Resultats de l'aprenentatge

Durant l'activitat, els alumnes:

- Aprenen sobre l'estat líquid i gasós de la matèria (l'aigua) i també respecte de la seva interconversió (evaporació i condensació).
- Aprenen sobre l'ús del procés de destil·lació per purificar aigua.
- Desenvolupen una explicació científica a un nivell adequat del procés de destil·lació.
- Utilitzen els seus coneixements sobre la destil·lació per dur a terme un procés tecnològic de millora de l'eficàcia d'un destil·lador solar.

## Consells per al bon funcionament del destil·lador solar a la part A:

- Cal dur a terme l'activitat en un dia clar, preferentment durant el migdia.
- El fet d'utilitzar aigua tèbia al principi disminueix el temps del procés, si no és que es realitza en un dia molt calorós.
- Cal ajudar els estudiants a assegurar-se que els seus destil·ladors són suficientment hermètics per evitar la pèrdua d'aigua.
- L'ús d'aigua salada de color permet visualitzar si el destil·lador està funcionant correctament.
- En el cas que no hi hagi llum solar, l'activitat es pot dur a terme utilitzant un recipient adequat, com una olla gran, i escalfant-lo suaument. En aquest cas, el recipient ha d'estar aïllat de la part inferior de la cassola.

## Millorant el disseny del destil·lador a la part B:

Aquesta part és una oportunitat perquè els estudiants utilitzin el seu enginy per millorar l'eficiència del destil·lador solar. Al mateix temps, els estudiants aprenen sobre la relació que hi ha entre la tecnologia i la ciència. El procés tecnològic en general requereix de criteris científics sota els quals el producte tecnològic pot ser jutjat.

En aquest cas, el criteri a seguir per assolir el repte del nou disseny s'ha d'explicar clarament. El criteri de millorar el percentatge d'aigua purificada pot ser un criteri suficient i simple per als alumnes de l'escola primària; ara bé, caldria un criteri més elaborat en el cas dels alumnes de secundària. Per exemple, el criteri de millora podria incloure la especificació del temps necessari per a la recollida d'aigua.

Així, els estudiants podrien investigar una atractiva gamma de factors, que, per exemple, poden incloure:

- El temps necessari per a la recollida d'aigua.
- El tipus de contenidor.
- El color de l'envàs.
- La quantitat d'aigua inicial.
- La forma del destil·lador.
- El mecanisme de recollida d'aigua.





## Funcionament del destil·lador

### Resum

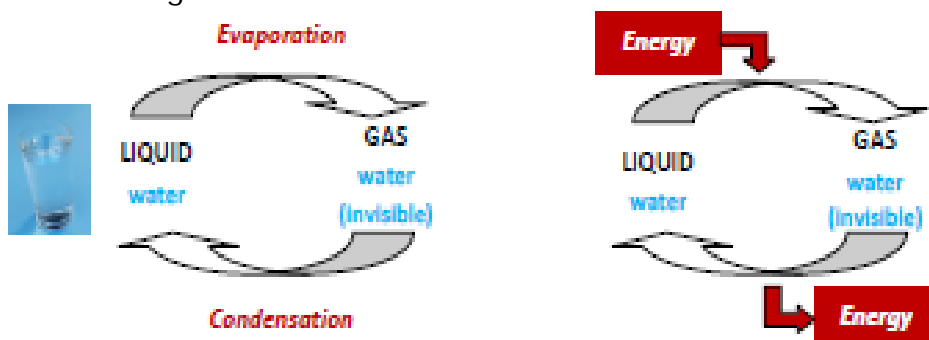
A mesura que l'aigua s'escalfa al destil·lador, cada vegada s'evapora més quantitat d'aigua. Aquesta aigua es condensa en les superfícies fredes, com, per exemple, a la pel·lícula de plàstic o paper film, convertint-se de nou en líquid. A mesura que el líquid es condensa a la pel·lícula, s'acumula en gotes i aquestes baixen de la pel·lícula cap al centre, sota el còdol, per acabar caient al recipient central.

El procés de purificació de l'aigua té lloc perquè tant la sal com els colorants alimentaris no s'evaporen.

Es pot arribar a un nivell més profund de l'explicació si els alumnes ja coneixen el model de partícules de la matèria i el concepte d'*energia*. La llum del sol entra al destil·lador, és absorbida per l'aigua i pel recipient. El resultat és que les molècules i els ions absorbeixen l'energia. Algunes de les molècules d'aigua absorbeixen prou energia com per què l'aigua líquida es transformi en aigua en estat gasós dins el contenidor. Algunes d'aquestes molècules en moviment xoquen amb la pel·lícula de plàstic, perden energia en el xoc i s'adhereixen a la pel·lícula. Les molècules d'aigua perden més energia a mesura que s'uneixen formant gotes d'aigua pura que acabaran caient dins del petit recipient central.

### Antecedents

Encara que l'activitat es desenvolupa en el context de la purificació de l'aigua, els estudiants han de ser conscients que el procés estudiat és de caràcter general per a líquids i gasos. Es tracta d'un exemple clau per poder arribar a comprendre una àmplia varietat d'esdeveniments quotidians que van des de per què sentim fred quan estem drets i hi ha vent fins a com funciona la nevera de casa o com s'obté aigua dolça seguint el cicle de l'aigua.



Una idea central per entendre el procés és el paper de l'energia que es requereix per a l'evaporació i la que s'allibera per la condensació. Per exemple, quan notem fred en bufar el vent, podem entendre l'efecte que el vent provoca, que és el d'evaporar la

humitat de la pell; l'energia per aconseguir-ho s'absorbeix del cos i per això ens fa sentir fred. En el cas del destil·lador solar, es requereix energia per evaporar l'aigua del muntatge experimental, de manera que aprofitem l'energia que prové del sol.

El fet de comprendre els processos d'evaporació i de condensació permet els alumnes d'analitzar adequadament el disseny del destil·lador solar i de generar idees sobre com es podria millorar (per a la part B, sobre la modificació i millora del destil·lador solar). De totes maneres, no proporciona una comprensió real de com es produeix la purificació de l'aigua.

La purificació d'aigua al destil·lador té lloc perquè algunes substàncies s'evaporen amb més facilitat que d'altres. La sal i els colorants alimentaris, per exemple, són gairebé impossibles d'evaporar, així com certs riscos biològics presents en l'aigua, com, per exemple, els bacteris i/o els virus, que tampoc no s'evaporen fàcilment. (No obstant això, altres substàncies que s'agreguen sovint a l'aigua, com, per exemple, l'alcohol, sí que s'evaporen fàcilment, de manera que cal dissenyar acuradament destil·ladors que permetin separar l'alcohol de l'aigua.)

El terme *volatilitat* s'utilitza per descriure la facilitat d'evaporació dels compostos; per exemple, la sal i els colorants alimentaris no són volàtils, mentre que l'alcohol i l'aigua són força volàtils. Les raons d'aquests comportaments diferents poden ser fàcilment comprensibles si s'examinen les substàncies a nivell molecular.

A nivell molecular, les sals estan formades per ions i es requereixen grans quantitats d'energia per separar aquests ions, de manera que l'evaporació és gairebé impossible. En el cas dels colorants alimentaris, les molècules són grans i amb fortes interaccions, per la qual cosa són compostos també no volàtils.

L'aigua és menys volàtil que l'alcohol (etanol), un fet que pot semblar sorprenent, perquè les molècules d'aigua tenen menys massa molecular que les molècules d'alcohol. No obstant això, les molècules d'aigua interaccionen entre si d'una manera particularment forta. Els químics anomenen aquesta interacció *enllaç d'hidrogen* i és la responsable de moltes de les propietats importants de l'aigua. Així, en el cas de l'evaporació de l'aigua es necessita més energia a causa d'aquestes interaccions per enllaços d'hidrogen entre molècules d'aigua.

### Abordar el repte

El repte es planteja perquè l'eficiència del destil·lador depèn d'una sèrie de variables. L'amplitud del temps d'exposició del destil·lador al sol és crítica, de manera que caldrà fixar-la, si és possible, al voltant de 3 o 4 hores, per tal de poder escollir fàcilment quin és el destil·lador més eficient de tots els dissenyats. Hi ha altres factors que són més subtils però també importants. Per exemple, una característica del disseny de la majoria dels destil·ladors comercials és la separació de l'etapa d'evaporació i de condensació, ja que es porten a terme en diferents parts de l'equip.



## Full de resultats dels alumnes (exemple)

Registreu els resultats i calculeu el percentatge d'aigua purificada.

| Assaig                                   | Volum d'aigua afegit (mL) | Volum recollit (mL) | % d'aigua purificat |
|--|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Part A - Primer destil·lador             | 100                       | 12                  | 12                  |
| Part B – Segon assaig<br>1r destil·lador | 50                        | 16                  | 32                  |
| Tercer assaig 1r destil·lador            | 50                        | 22                  | 44                  |
| Segon destil·lador                       | 50                        | 27                  | 54                  |
|  |                           |                     |                     |

### Part A

1. Expliqueu amb les vostres paraules com funciona el destil·lador.

*El destil·lador funciona permetent que els raigs del sol escalfin l'aigua. Part de l'aigua va cap a l'aire, però no ho podem veure perquè es tracta d'un gas i no pas d'un líquid. L'aigua es torna líquida quan toca el plàstic i es pot veure com van baixant les gotes formades fins a la posició del còdol i com van caient al vaset central.*

2. Escriviu una forma per aconseguir millorar l'eficiència del vostre destil·lador.

*Podríem aconseguir un millor rendiment del destil·lador començant amb menys aigua. Va costar molt que comencessin a formar-se les primeres gotes perquè el cel estava una mica ennuvolat i el sol no escalfava gaire. Quantitats més petites d'aigua s'escalfarien més ràpidament.*



## Part B

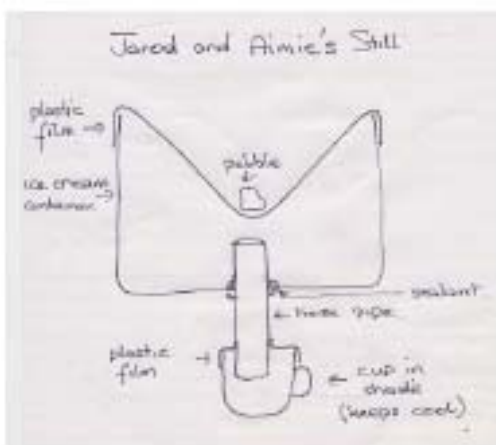
3. Expliqueu el disseny d'un destil·lador que funcioni millor que l'emprat a la part A i discutiu les vostres idees amb el professor.

*En primer lloc, vam tractar de fer el destil·lador més eficient utilitzant menys aigua i així s'escalfà més ràpidament, i després ens vam assegurar del fet de tenir l'aigua tèbia abans de començar. Amb aquests dos canvis realitzats, el destil·lador va treballar de manera més eficient.*

*Després vam tallar un forat a la part inferior del recipient (que és un cartró de gelat) i vam posar un tros de mànega pel forat. Vam eliminar les fuites de la connexió amb un segellador adequat i després vam recollir l'aigua sortint de la mànega en una tassa o vaset, que es mantingué fred al costat del recipient. En aquest cas, vam ser capaços de recollir més de la meitat de l'aigua que havíem posat inicialment.*

4. (Un cop hagueu acabat de provar el nou destil·lador.)

Dibuixeu un diagrama per mostrar com funciona aquest nou destil·lador.



*Es van utilitzar dues cadires, es va col·locar el destil·lador al damunt i es va posar la mànega al mig de les cadires. Vam posar el vas sobre una pila de llibres (per enlairar-lo i ser més a prop de la mànega i no perdre gens d'aigua destil·lada).*

5. Enganxeu en aquest espai una fotografia del nou destil·lador.

*(Vegeu més avall per trobar un exemple d'un destil·lador construït amb material de vidre de laboratori.)*



## Un disseny alternatiu per al destil·lador solar amb aparells de laboratori

Si disposem de material de laboratori, els estudiants tenen un marge més gran per fer un rang més ampli de dissenys. Per exemple, el mètode següent descriu un disseny que utilitza un embut gran i una placa de Petri.

(El disseny pot servir als estudiants per completar l'activitat de mesurament de la salinitat de **Les aigües salades**. Vegeu-ho més endavant.)

### Mètode

- Preneu l'embut de vidre i tapeu l'orifici amb el tap de goma.
- Agafeu el tub de plàstic i talleu-lo verticalment al llarg dels 50 cm de longitud.
- Encaixeu el tub de plàstic al voltant de l'extrem de l'embut.
- Afegiu un volum mesurat d'aigua a la placa de Petri (al voltant de 100 mL).
- Cobriu la placa de Petri amb l'embut invertit i segelleu-lo amb cinta adhesiva.
- Col·loqueu la placa de Petri al full de color negre.
- Col·loqueu-ho a la llum del sol fins que el nivell d'aigua de la placa de Petri hagi canviat significativament.
- Retireu amb compte l'embut i traieu el tub on l'aigua evaporada s'ha condensat.
- Aboqueu l'aigua dessalinitzada en un got o cilindre graduat i mesureu-ne el volum.
- Calculeu el percentatge d'aigua que s'ha recollit.

### Equipament

- Un recipient de gran superfície, per exemple una placa de Petri de 15 cm de diàmetre.
- 1 embut de vidre de 15 cm de diàmetre.
- 1 tap de goma per tapar la sortida de l'embut.
- 1 tub de plàstic de 2 cm de diàmetre i 50 cm de llarg.
- 1 full de plàstic negre.
- Cinta adhesiva.
- 1 proveta per mesurar els volums d'aigua.



### Notes

1. Aquest mètode substitueix la part A (la construcció d'un destil·lador solar descrita anteriorment).

2. Aquest destil·lador també es pot utilitzar per a la investigació de la salinitat que es descriu a l'activitat **Les aigües salades**. Les dues activitats es poden dur a terme de forma seqüencial o combinades, però, en aquest últim cas, el mètode emprat hauria de ser el descrit a l'activitat **Les aigües salades**.

