

PROCESOS DE SEPARACIÓN

GUÍA
PRÁCTICA





PROCESOS **DE SEPARACIÓN**

GUÍA PRÁCTICA

Ángeles Domínguez Santiago, Universidade de Vigo

Área de Normalización Lingüística
Universidade de Vigo

© do texto, a autora

Edición: Universidade de Vigo, 2021

Deseño: Catro Ventos Editora

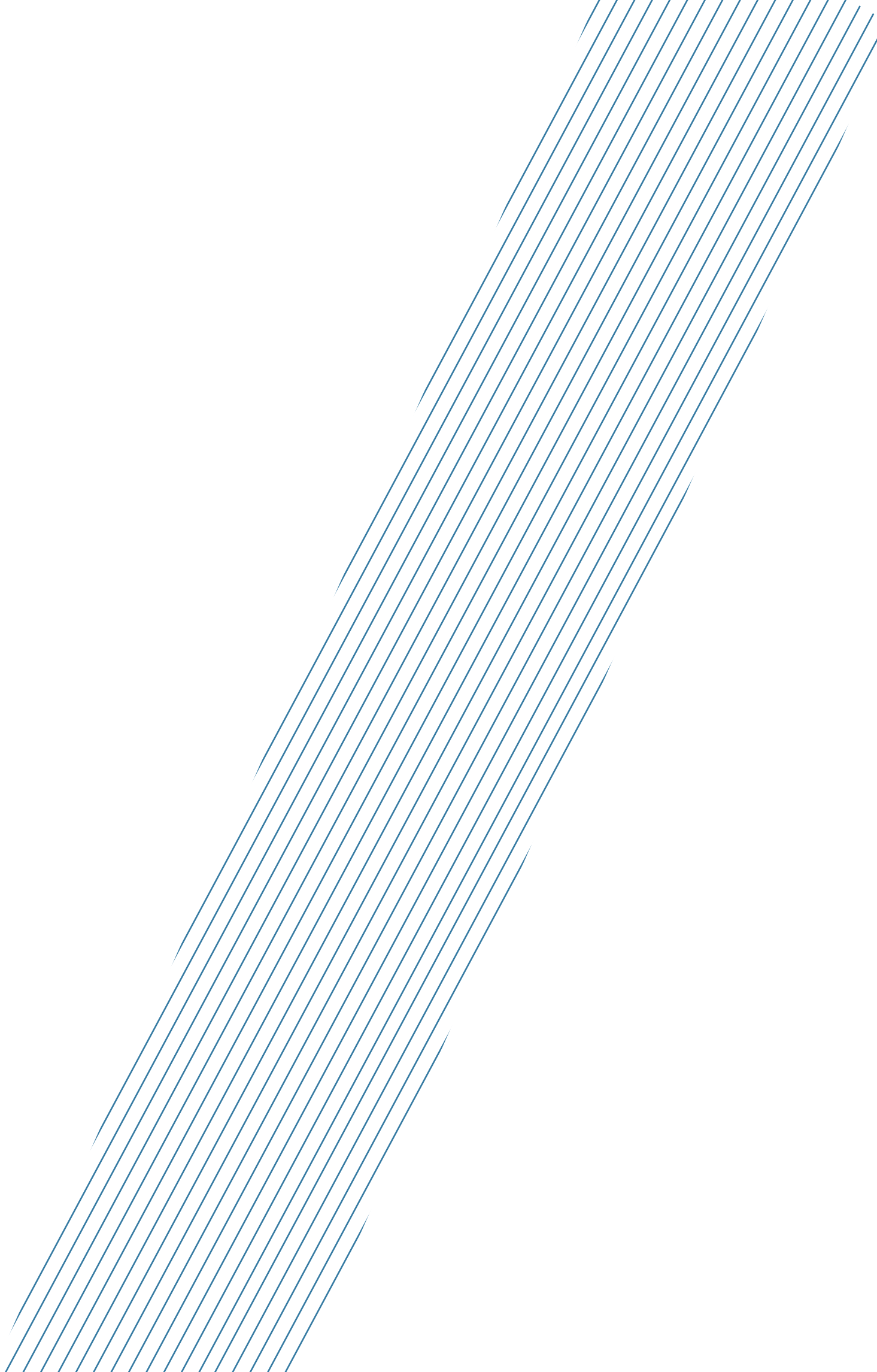
Impresión: Jadfel Artes Gráficas

ISBN: 978-84-123028-1-3

Depósito legal: VG 611-2020

Índice

Limiar.....	5
1. INTRODUCCIÓN XERAL ÁS OPERACIÓNS DE SEPARACIÓN	6
1.1. Operacións de separación.....	6
1.2. Tipos de operacións de separación.....	10
Operacións mecánicas.....	10
Operacións baseadas na transferencia de materia.....	11
2. ESTUDO DALGUNHAS OPERACIÓNS DE SEPARACIÓN.....	12
2.1. Separacións mecánicas.....	12
Separación de sólidos.....	12
Separación de sólidos suspendidos en líquidos ou en gases.....	13
Separación de líquidos inmiscibles.....	15
2.2. Separacións baseadas na transferencia de materia.....	16
Procesos de separación baseados en quecemento ou en arrefriado.....	16
Procesos de separación que empregan un composto como axente separador.....	20
3. ACTIVIDADES DIDÁCTICAS	24
Glosario.....	32
Bibliografía.....	32



LIMIAR

De acordo cos seus estatutos, a Universidade de Vigo ten como un dos seus fins «contribuír ao progreso e ao benestar da sociedade mediante a produción, a transferencia e a aplicación do coñecemento e a proxección social da súa actividade, con especial atención á realidade de Galicia, á súa cultura e á súa lingua» (artigo 2.4).

Desde a Área de Normalización Lingüística, como a unidade de traballo encargada de promover e darlle soporte técnico ao proceso de extensión do uso da lingua galega no ámbito docente, investigador, administrativo e de servizos, acreditamos firmemente na necesidade de promover a divulgación científica en lingua galega, tanto pola súa achega á dignificación do idioma coma pola relevancia que ten no necesario proceso normalizador, dentro da propia institución e no conxunto da sociedade actual.

A ciencia, en tanto que contribución humana determinante para mellorar as condicións de vida das persoas, constitúe unha fiestra clave para as linguas minoradas. Todos os desvelos que implica a divulgación científica teñen como finalidade afondar no elo que a universidade establece coa sociedade, a quen se debe. Por iso, tamén é responsabilidade das científicas e científicos axudar a protexer o patrimonio inmaterial que supón unha lingua en situación de vulnerabilidade.

Con estas guías prácticas pretendemos achegarnos a ese fin, pois están pensadas e deseñadas para usalas nos centros de educación secundaria de Galicia. Asemade, desexamos que sirvan para divulgar algúns dos resultados da investigación levada a cabo na Universidade de Vigo, en diversos ámbitos e áreas de coñecemento.

Queremos agradecer a axuda que a Unidade de Cultura Científica da Universidade de Vigo nos proporcionou coas súas suxestións e ideas, alén da eficaz comunicación cos grupos de investigación da Universidade de Vigo. E este agradecemento non podemos máis que estendelo ás persoas que forman parte dos grupos cuxas guías presentamos nesta primeira achega. Sen o seu traballo, entusiasmo, dedicación e paciencia, este proxecto, que agardamos que teña continuidade nos próximos anos, non tería sentido.

Fernando Ramallo

Director da Área de Normalización Lingüística

Universidade de Vigo

1. INTRODUCCIÓN XERAL ÁS OPERACIÓNS DE SEPARACIÓN

1.1. OPERACIÓNS DE SEPARACIÓN

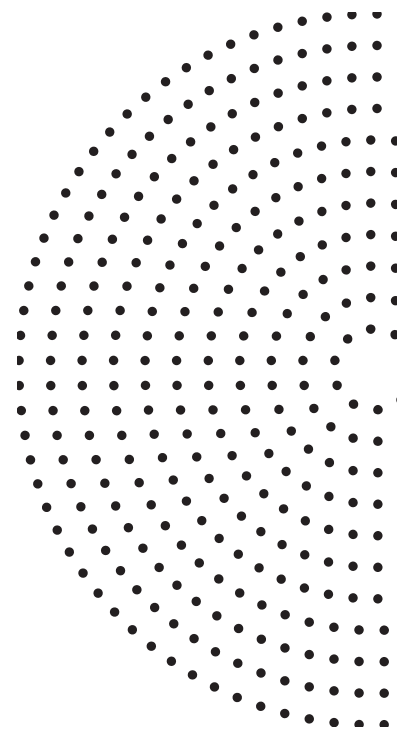
A fabricación de calquera produto lévase a cabo mediante unha serie de etapas e, nalgún momento da produción, necesitarase separar mesturas nos seus compoñentes ou en fraccións formadas por compoñentes cunhas propiedades (tamaño, temperatura de ebulición, densidade, propiedades químicas etc.) similares. Esta separación pode ser necesaria ao principio do proceso para preparar a materia prima que usa a industria, en etapas intermedias da produción ou ao final do proceso para obter un produto cunhas características determinadas de pureza (figura 1).



Figura 1. Partes dun proceso de produción

Por exemplo, os minerais extraídos da mina teñen que tratarse para eliminar todas as impurezas e a materia inerte non-aproveitable; o petróleo divídese en distintas correntes, cunha temperatura de ebulición similar, como primeiro paso para obter os combustibles que utilizamos; os produtos obtidos mediante reaccións químicas son xeralmente mesturas de substancias que teñen que ser separadas para obter o produto puro e, tamén, os reactivos que non reaccionasen e que poidan volver introducirse no equipo no que se realiza a reacción.

Por outra parte, as mesmas empresas ou outras especializadas van ter que tratar os residuos producidos durante o proceso de fabricación, separando os compostos contaminantes e recuperando o que se poida reutilizar.



Existe un gran número de técnicas, que se coñecen como *operacións de separación*, para levar a cabo estas separacións. É tarefa do enxeñeiro/a químico ou o enxeñeiro/a en química industrial seleccionar, en cada caso, o método máis conveniente. Esta selección non é sinxela, xa que hai que ter en conta varios factores e pode haber varias alternativas posibles.

Entre os factores que debemos ter en conta ao elixir posibles métodos de separación poderíamos sinalar os seguintes (figura 2):

- ▶ Que propiedades físicas ou químicas do compoñente que quero separar son o bastante distintas das do resto dos compoñentes da mestura?
- ▶ Con cantos pureza necesito obter o meu composto?
- ▶ Canto me vai custar o proceso?
- ▶ Vou empregar algunha substancia para favorecer a separación? Esta substancia pode causarlle algún tipo de dano á saúde ou ao medio ambiente?




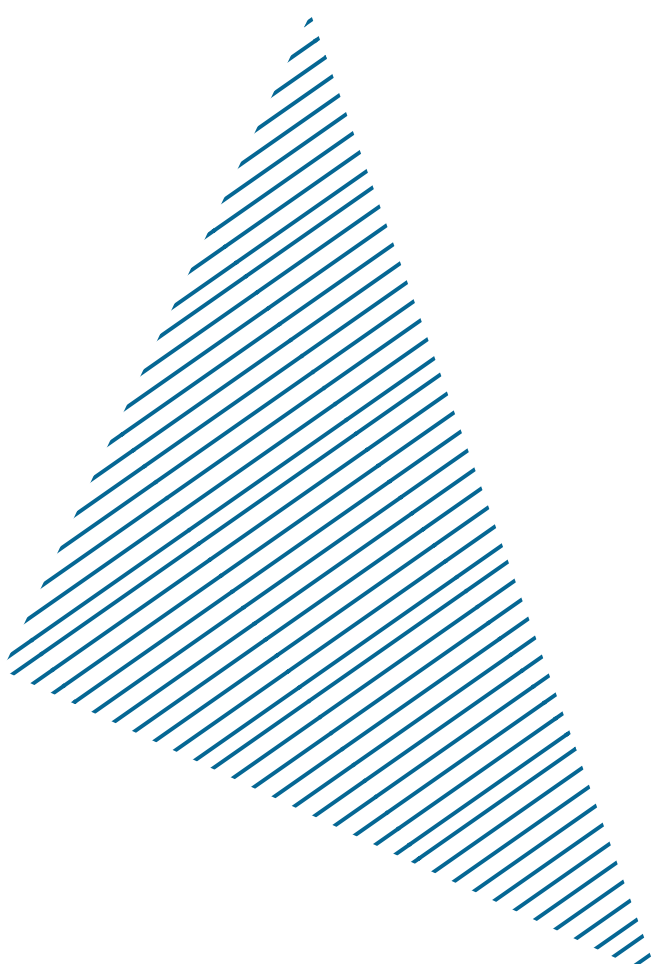
Figura 2. Como elixir a operación de separación máis axeitada

A resposta que lle demos á primeira pregunta xa nos vai dar idea do proceso que podemos utilizar; por exemplo, se existe unha diferenza grande de densidade pode pensar nunha **sedimentación** para separar un sólido dun líquido ou unha **decantación** para separar dous líquidos, como a auga e o aceite, ou mesmo para separar dous sólidos, como cando se botaban ao aire os cereais para que caesen separados o gran e a palla.

No caso de querer separar un sólido menos denso ca o líquido co que está mesturado, pode separalo por **flotación**. Se a diferenza é o tamaño, poderíamos solucionar o noso problema cunha **filtración** (separar un sólido dun líquido) ou, se necesitamos separar sólidos, unha serie de separacións con peneiras metálicas con distinto tamaño de buraco (**peneirado**). Este método emprégase nalgúns empresas para separar a froita máis grande para vender da máis pequena para facer outros produtos como marmelada. No caso do petróleo, sepárase en distintas correntes por **destilación**, aproveitando as distintas temperaturas ás que ferveren os compostos que forman o petróleo.

Non só a **temperatura de ebulición** pode utilizarse para separar compostos, senón tamén a temperatura á que conxelan (**temperatura de fusión**); por exemplo, para purificar colorantes, disólvese en auga e arrefriase a disolución aos poucos para que solidifique o colorante, eliminando as impurezas que quedan disoltas na auga. Como normalmente o composto que solidifica forma cristais, a esta técnica chámase **crystalización** e é un método habitual de purificación de substancias sólidas usado tanto na industria coma nos laboratorios químicos. Estas operacións de separación verémolas con detalle máis adiante.

Se temos varias posibilidades para separar o que nos interesa, a pureza coa que temos que obter o noso produto axudaranos a saber cal é a opción máis adecuada, xa que non todos os procesos de separación son igual de eficaces. Tamén temos que ter en conta que podemos repetir unha operación de separación varias veces seguidas para mellorar o rendemento ou combinar distintas operacións que se complementen.



A pureza do produto e o custo do proceso normalmente están directamente relacionadas xa que, canto máis puro o necesite, maior será o custo de todo o proceso de produción e separación. As operacións de separación baseadas en diferenzas de temperatura de ebulición ou de fusión, ou en procesos mecánicos como a filtración, permiten obter purezas máis altas ca nas que hai que engadir outra substancia (**axente de separación**) para provocar a separación.

Nestes últimos casos hai que coñecer as propiedades do axente de separación que poidan causar problemas técnicos (reaccións con outras substancias, corrosión de tubaxes ou equipos etc.), de saúde ou de contaminación. Ademais, o axente de separación ten que poder recuperarse con facilidade para volvelo utilizar. Amais, o custo está directamente relacionado coas condicións de operación, xa que, se traballamos a temperaturas moi altas ou moi baixas, gastaremos máis enerxía (quentando ou arrefriando) ca se traballamos a temperatura ambiente; e se traballamos a altas ou a baixas presións, os nosos equipos probablemente terán que ter características especiais de construción para que sexan resistentes á diferenza entre a presión de fóra e de dentro do equipo.

Debido a que en moitos casos hai que engadir un axente de separación para conseguir extraer o noso produto da mestura con outros compostos, unha das áreas de investigación de interese mundial é a procura de axentes de separación que poidan substituír os que se usan habitualmente na industria, conseguindo un maior rendemento, menos consumo de enerxía e menos contaminación.

Nalgunhas ocasións, se o que nos interesa é separar unha substancia porque é prexudicial, pódense utilizar outro tipo de técnicas que destrúan o contaminante ou que o convertan noutras substancias non-prexudiciais. Isto é o que pasa nas depuradoras de auga onde algúns contaminantes se separan desta e outros son destruídos por microorganismos (principalmente bacterias) para obter auga limpa. Con todo, hai que ter en conta que unha

substancia é contaminante porque está nun medio (aire, auga ou solo) onde afecta a saúde e o medio ambiente, pero se, no canto de destruír esa substancia, optamos por separala e recuperala, poderemos volver utilizala.

Neste senso, os procesos de separación permítenos recuperar substancias e volver utilizalas, diminuindo a cantidade de residuos e convertendo en aproveitable algo que antes non o era. Aínda que non sempre é fácil esta recuperación, a investigación que se está facendo na actualidade diríxese nesta dirección a desenvolver procesos de separación que permitan un aproveitamento de todas as substancias e o seu posterior uso, co obxectivo de chegar ao que se coñece como **economía circular** (figura 3). O obxectivo é reducir tanto o consumo de materias primas coma a produción de residuos, de forma que todo cumpra a súa función de maneira continua, como ocorre na natureza, e poidan aproveitarse substancias consideradas ata agora residuos. Para chegar a este fin hai que comezar redeseñando os procesos de produción, reducindo a cantidade de residuos, deseñando os bens de consumo para que teñan unha vida útil máis longa e poidan repararse e reutilizarse, e reciclado e recuperando os materiais para que volvan utilizarse na produción de novos obxectos. Tanto na redución de residuos coma na reciclaxe de materiais e na recuperación das materias primas, as operacións de separación son fundamentais, xa que permiten recuperar as substancias para que poidan usarse de novo.

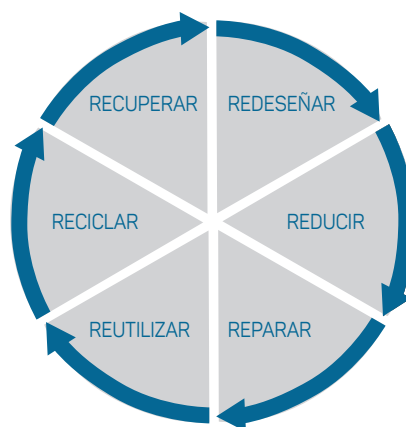


Figura 3. Etapas para conseguir unha economía circular

1.2. TIPOS DE OPERACIÓNS DE SEPARACIÓN

As operacións de separación poden agruparse tendo en conta operacións mecánicas e operacións baseadas na transferencia de materia (figura 4).

Separacións mecánicas	Separacións baseadas na transferencia de materia
PENEIRADO	EVAPORACIÓN
FILTRACIÓN	DESTILACIÓN
SEDIMENTACIÓN	CRISTALIZACIÓN
DECANTACIÓN	LIXIVIACIÓN
	EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO
	ABSORCIÓN
	ADSORCIÓN
	CROMATOGRAFÍA

Figura 4. Tipos de operación de separación

Operacións mecánicas

Baséanse principalmente en diferenzas de densidade, de tamaño ou de forma das partículas. Aplícanse para separar mesturas heteroxéneas, como líquidos ou sólidos de gases, sólidos contidos nuns líquidos ou sólidos distintos.

Existen dous métodos xerais: os que empregan un filtro, criba ou membrana que deixa pasar un dos compoñentes e retén o outro (figura 5a), e os que utilizan a forza da gravidade e a diferenza de densidade entre os compostos que fai que unhas partículas sedimenten ou decanten e outras non.

Se a forza da gravidade non é suficiente, pódense empregar centrífugas que someten as mostras a unha aceleración moitas veces superior á gravidade para provocar a separación de sólidos e de líquidos (figura 5b). Unha mestura de filtrado e de **centrifugación** é o que se usa nas lavadoras para quitar a maior parte da auga da roupa; o rápido movemento do tambor fai que as pingas de auga se despracen cara a fóra e pasen a través dos buracos do tambor, mentres que a roupa queda retida dentro.

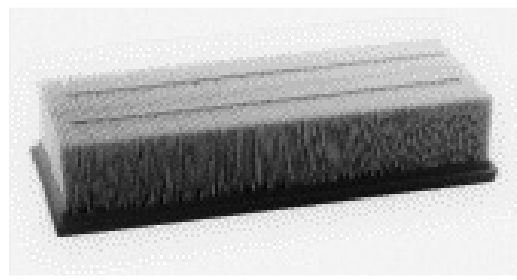


Figura 5a. Filtro de aire do coche



Figura 5b. Centrífuga de laboratorio

Operacións baseadas na transferencia de materia

Nestas operacións de separación favorécese o paso do composto que queremos separar dunha fase líquida, gas ou sólida na que está mesturada cos outros compostos a outra fase diferente. Se temos o composto que queremos separar en fase líquida, podemos facelo pasar a outra fase (vapor, líquida, sólida) quentando, arrefriando ou engadindo outra substancia, chamada axente de separación, que a separe. Esta separación nunca é total: non se consegue pasar o 100 % do composto dunha fase a outra, pero si se poden conseguir boas porcentaxes de separación.

Ata onde imos poder separar? Se temos un colorante en auga e queremos eliminalo, podemos engadir outro composto, un axente de separación que sexa inmiscible coa auga e que disolva o colorante. Se axitamos e logo deixamos repousar, fórmanse dúas fases: a auga con menos cor e o axente de separación no que se dissolveu parte do colorante (figura 6). Despois dun tempo, chégase

ao equilibrio e a concentración do colorante nas dúas fases mantense constante, e conseguimos a máxima separación posible. Se queremos conseguir unha separación mellor, temos que cambiar as condicións de operación (presión e temperatura) ou o **axente de separación**.

Aínda que non utilizemos un axente de separación e só quentemos ou arrefriemos para lograr a separación, tamén neste caso chegaremos a unha composición de equilibrio que será a máxima separación que poidamos lograr. Se pomos a secar algo, por exemplo, roupa, ao aire, esta secará mellor se é un día de sol ca se é un día de choiva, aínda que a temperatura sexa a mesma. A cantidade de vapor de auga que pode haber no aire depende da temperatura e, se o día é seco, o aire pode absorber a auga da roupa e esta seca. Se o día é húmido, o aire xa ten un contido en vapor de auga igual ou moi próximo ao máximo que pode absorber esa temperatura e, por iso, a roupa non seca.

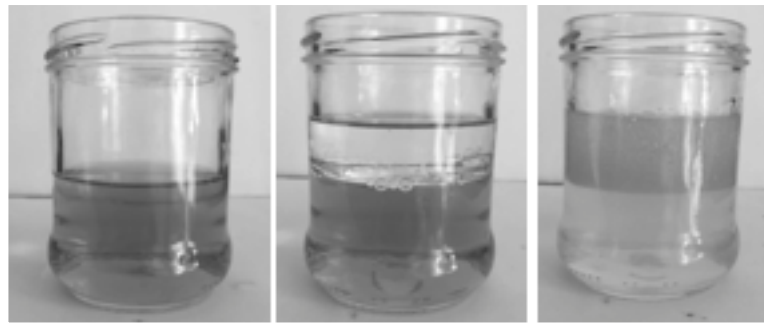


Figura 6.
Eliminación da cor da auga empregando outro líquido inmiscible coa auga

Entre outras, son operacións de separación baseadas na transferencia de materia a **extracción sólido-líquido** ou lixiviación, na que un compoñente dun sólido pasa a unha fase líquida; a **absorción**, na que unha substancia pasa dun gas a un líquido, ou a **adsorción**, na que un composto presente nun líquido ou nun gas queda retido nun sólido.

2. ESTUDO DALGUNHAS OPERACIÓNS DE SEPARACIÓN

2.1. SEPARACIÓNS MECÁNICAS

Nas separacións mecánicas podemos separar sólidos de sólidos, sólidos de líquidos, sólidos de gases ou dous líquidos sempre que sexan inmiscibles.

Separación de sólidos

► Peneirado

O peneirado é un proceso de separación baseado na diferenza de tamaño das partículas que forman un sólido, que emprega un **baruto** de forma que as partículas máis finas pasen polos ocos do baruto e as máis grosas queden retidas. Cun só baruto podemos separar en dúas fraccións, pero, se utilizamos unha serie de barutos de diferentes tamaños, pódense obter varias fraccións e unha clasificación por tamaños.

Os barutos ou as cribas industriais constrúense de tea metálica, placas metálicas ou arames dispostos en sección transversal triangular. Os ocos das mallas poden variar moito, de varios milímetros (ata 200 mm) a micras. Na maioría dos barutos, as partículas caen a través das aberturas por gravidade, pero nalgúns as sacudidas ou as vibracións mecánicas (figura 7) favorecen o paso a través da malla.



Figura 7. Peneirado por vibración e barutos de diferente tamaño de malla

O peneirado empregábase habitualmente para separar a palla do gran e séguese empregando na cociña, onde se peneira a fariña para conseguir un po máis fino e sen grumos. Na industria alimentaria emprégase habitualmente, por exemplo, nas empresas que empaquetan noces peladas na clasificación por tamaños e, unha vez peladas, a separación da casca faise mediante barutos de diferentes tamaños.

Separación de sólidos suspendidos en líquidos ou en gases

► Filtración

A filtración consiste na separación dun sólido dun líquido ou dun gas empregando un material (filtro) que retén o sólido e deixa pasar o líquido ou o gas.

Dependendo do tamaño do sólido, as características do material filtrante varían. Cando o que se quere reter son sólidos grandes, por exemplo, na auga da rede de sumidoiros que chega a unha estación depuradora de augas residuais (EDAR), empréganse reixas metálicas e a operación chámase *desbaste*.

Para separar sólidos máis pequenos, os filtros poden ser de diversos materiais, como tea ou papel, e cunha gran variedade de tamaño do poro que dependerá do tamaño dos sólidos que queiramos reter.

Nun filtro como o que aparece na figura 8, os sólidos van depositándose formando unha capa de sólidos que se chama *torta* e que actúa tamén como medio filtrante. Ao ir aumentando o espesor, o líquido ten maior dificultade para atravesar a torta e o filtro, e o proceso faise máis

lento, polo que é preciso deter o proceso e limpar o filtro ou poñer un

limpo. Unha maneira de favorecer o paso do líquido a

través da torta e do filtro é facer baleiro

na zona inferior, de maneira que

a diferenza de presión a ambos

os lados do filtro axude o movemento do líquido.

Nunha filtración, a substancia valiosa pode ser o sólido ou o líquido, ou poida que simplemente interese a separación para facer un tratamento posterior distinto aos sólidos e ao líquido.

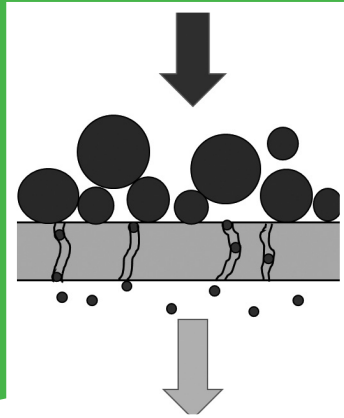


Figura 8.
Filtración cun material poroso

Aínda que o máis habitual é separar sólidos de líquidos, tamén interesa algunhas veces separar sólidos de gases, xeralmente para limpar os gases, como no caso do filtro de aire dun coche, que retén partículas suspendidas no aire que poden danar o motor, ou o filtro antipole, especialmente útil para persoas alérxicas ou asmáticas e que tamén os incorporan os coches para limpar o aire que entra no coche.

En todos os casos, o medio filtrante que elixamos debería cumprir unha serie de requisitos:

- Reter os sólidos.
- Non obstruírse.
- Non reaccionar con ningún composto da mestura filtrada nin romper.
- Permitir que a torta formada se desprenda totalmente e con facilidade.
- Non ser caro.

Na industria úsase moito a tea de lona como medio filtrante, xa que as hai con diferentes tecidos que permiten a súa aplicación a diferentes mesturas. Se as mesturas filtradas son corrosivas, adóitanse usar filtros de metal, aceiro inoxidable ou vidro. No laboratorio utilízanse fundamentalmente filtros de papel.

No caso da limpeza de gases pódese utilizar algodón, feltro e fibra de vidro entre outros e, nalgúns casos, o filtro recóbrese dun aceite viscoso para reter o po.

Cando o contido en sólidos é moi baixo (máximo 0,1 %), úsase un filtro de forma que os sólidos quedan retidos no interior do filtro, pero non se forma torta. O proceso chámase **clarificación** (figura 9) e emprégase en etapas finais na preparación de produtos farmacéuticos, bebidas, combustibles do petróleo etc.

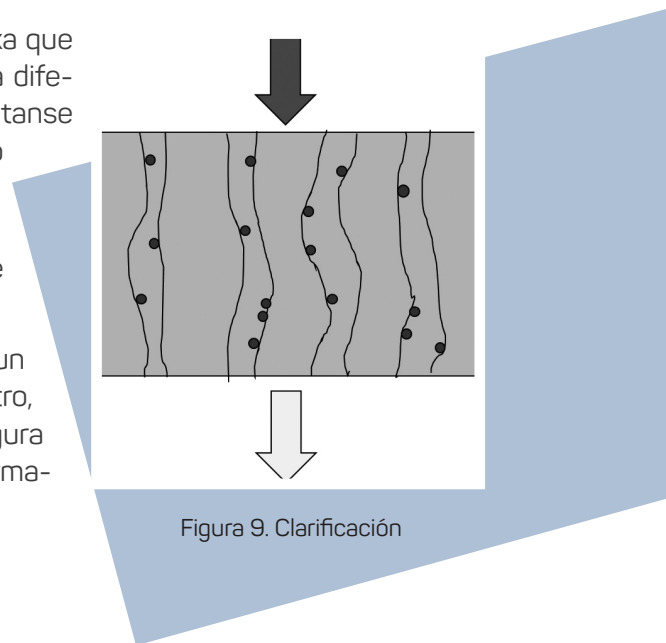


Figura 9. Clarificación

► Sedimentación

Neste caso non se utiliza ningún medio filtrante: os sólidos suspendidos no fluído deposítanse por gravidade. Nas estacións depuradoras de augas residuais (EDAR) utilízanse grandes tanques de sedimentación en varias partes do proceso; de feito, é fácil recoñecer unha EDAR desde un avión polos grandes tanques circulares como os da figura 10.

Os sólidos, máis densos ca o fluído, teñen velocidades de sedimentación distintas segundo o seu diámetro e poden variar desde 1 m/s para grava cun diámetro de 10 mm, a 0,0002 m/s para area fina de 0,01 mm de diámetro. No caso de partículas máis pequenas, a velocidade de sedimentación é tan pequena que o proceso non é útil, xa que levaría moito tempo. Neste caso, poden engadirse substancias químicas chamadas coagulantes e floculantes que provocan que as partículas se xunten unhas a outras formando grupos dun tamaño tal que a sedimentación xa é posible. Case todos os sedimentadores industriais teñen un sistema para a separación continua dos sólidos sedimentados polo fondo, mentres que a auga limpa sae pola parte de arriba do sedimentador.

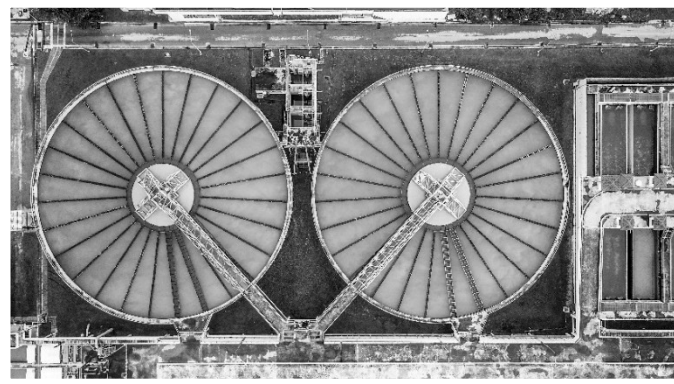


Figura 10. Vista aérea dos tanques sedimentadores dunha EDAR

Nalgúns casos, como en minaría, emprégase un fluído de densidade intermedia para separar o mineral da ganga (material que acompaña o mineral e que non interesa). Empregando disolucións de magnetita coa concentración adecuada, conséguese separar a ganga, máis pesada, que sedimenta, do mineral, menos denso, que flota.

Posto que os sólidos sedimentan debido á forza da gravidade, se as partículas son moi pequenas e a velocidade de sedimentación demasiado lenta, pódese utilizar un separador centrífugo no que as partículas se someten a forzas centrífugas moito maiores ca a gravidade. Por exemplo, nos hospitais centrifugan o sangue para separar os seus compoñentes (figura 11).

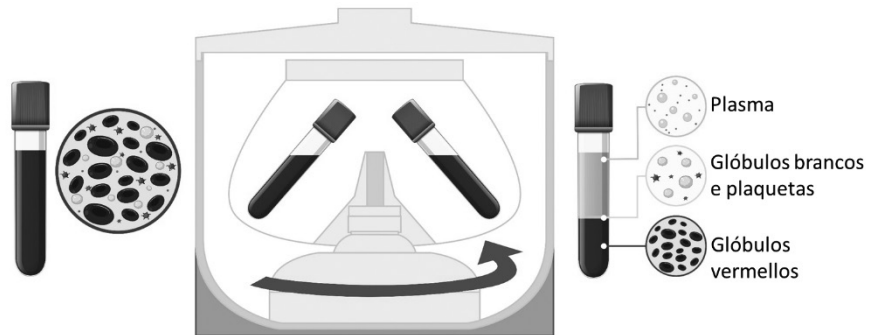


Figura 11. Centrifugación do sangue

Separación de líquidos inmiscibles

► Decantación

A decantación úsase para separar dous líquidos **inmiscibles** (como a auga e o aceite) aproveitando a diferenza de densidade entre ambos os líquidos, de forma que o máis denso queda na parte inferior e o menos denso na superior. É similar á sedimentación, xa que o máis pesado se separa por abaixo, e o máis lixeiro, por encima. Por outra parte, se o proceso de separación dos dous líquidos é moi lento, pódese empregar unha centrífuga igual ca para separar sólidos de líquidos.

Emprégase habitualmente no laboratorio para separar auga e moitos compostos orgánicos que son inmiscibles e, tanto no laboratorio coma na industria, adoita ser unha etapa dentro doutro proceso de separación que veremos máis adiante: a extracción líquido-líquido. Para separar con máis facilidade as dúas fases líquidas emprégase un embude de decantación como o da figura 12.



Figura 12.
Embude de decantación

2.2. SEPARACIÓNS BASEADAS NA TRANSFERENCIA DE MATERIA

En todas as operacións de separación que veremos deseguido, a separación de compoñentes da mestura está baseada na transferencia de materia dunha fase a outra. Mentres que as operacións de separación mecánicas están baseadas en diferenzas de tamaño ou de densidade, estas operacións baséanse en diferenzas na **presión de vapor**, solubilidade ou velocidade de **difusión** entre compoñentes da mestura homoxénea.

O paso dun compoñente da mestura dunha fase a outra non é un proceso espontáneo, senón que necesita dun axente de separación para que teña lugar. Este axente de separación pode ser calor (quentando ata que se forme unha fase de vapor ou arrefriando ata que se forme unha fase sólida) ou pode ser outro composto que favoreza a separación dun dos compoñentes da mestura.

Procesos de separación baseados en quecemento ou en arrefriado

► Evaporación

A evaporación utilízase para concentrar unha disolución consistente nun disolvente **volátil** e un disolvente non-volátil. Na maioría dos casos, o disolvente que se evapora é auga, quedando unha disolución moi concentrada e viscosa. Durante moito tempo era un modo de obter auga doce (a auga evaporada) a partir de auga do mar, quedando como residuo unha disolución moi concentrada en sal. Aínda que na industria non se adoita eliminar todo o disolvente, xa que pode dar problemas nos equipos, a eliminación de toda a auga por evaporación emprégase desde hai séculos nas salinas para obter sal a partir da auga do mar (figura 13).



Figura 13. Salinas en Gran Canaria

Na industria, a maioría dos evaporadores empregan vapor de auga que circula polo interior de tubos para queantar a disolución e evaporar o disolvente ata conseguir, por unha banda, disolvente puro e, por outra, a disolución concentrada. Para que o disolvente se evapore, hai que queantar a disolución o suficiente para que ferva e, como a temperatura á que a disolución ferva vai depender da presión, os evaporadores poden operar a baixa presión, de maneira que a disolución ferve a temperatura baixa e se pode utilizar este proceso con solutos que non soporten temperaturas altas porque se descompoñen.

► Destilación

O obxectivo da destilación é separar, por vaporización, unha mestura líquida homoxénea de compostos volátiles nos seus compoñentes ou en grupos de compoñentes. Cando unha mestura líquida homoxénea de compostos volátiles se quenta ata chegar á temperatura de ebulición, parte dos compoñentes volatilízanse pasando á fase de vapor. Se deixamos que alcance o equilibrio, a temperatura, a presión e a composición da fase líquida e da fase de vapor mantéñense constantes e alcánzase o máximo grao de separación para a mestura de partida nesas condicións de presión e de temperatura. A composición da fase líquida e da fase de vapor serán distintas: na fase líquida, a composición do compoñente de temperatura de ebulición máis alta (menos volátil) será maior; e na fase de vapor será maior a composición do compoñente con menor temperatura de ebulición (máis volátil). Por exemplo, a acetona e o metanol teñen unhas temperaturas de ebulición de 56,1 °C e de 64,5 °C, respectivamente, á presión de 1 atm (101,3 kPa). Se pomos a quentar ata ebulición unha mestura de acetona e de metanol mantendo a presión constante de 101,3 kPa, sabemos que, na fase de vapor, a concentración de acetona vai ser maior ca a de metanol porque é máis volátil, ten o punto de ebulición máis baixo. Porén, como saber canto imos poder separar a acetona e o metanol desta forma? Como xa comentamos ao principio, o máximo que imos conseguir é chegar ás condicións de equilibrio. Se buscamos datos de equilibrio para este sistema a 101,3 kPa, podemos ver que, se a temperatura de equilibrio é 58 °C, a fracción molar da acetona no líquido é 0,2 e no vapor 0,322.

Normalmente, nós queremos conseguir unha separación maior ca a que podemos lograr quentando a mestura ata alcanzar o equilibrio unha soa vez, polo que se empregan columnas de rectificación que constan de varias etapas (figura 14) nas que se poñen en contacto o líquido e o vapor que veñen de etapas contiguas ata chegar ao equilibrio. Desta forma, conseguimos obter, pola parte de arriba da columna, un produto (destilado) cunha composición moi alta no compoñente máis volátil e, polo fondo da columna, un líquido cunha composición maioritaria do compoñente menos volátil.

Cando a mestura é complexa, con moitos compostos con temperaturas de ebulición desde moi altas a moi baixas (coma no caso do petróleo), utilízanse columnas de destilación con saídas laterais de forma que, ademais dos compoñentes máis lixeiros e máis pesados que se recollen pola parte superior e inferior da columna, hai outras correntes líquidas con rangos de temperaturas de ebulición intermedias que se obteñen como saídas laterais da columna e que serven de base para obter os distintos combustibles: gasolina, diésel etc.

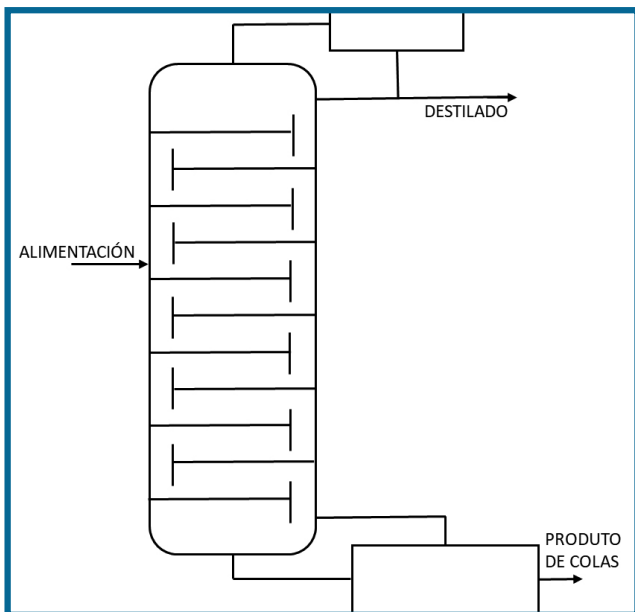


Figura 14.
Esquema dunha columna
de destilación de pratos

Os equipos de destilación usados no laboratorio son moito máis sinxelos e a separación que se consegue non é tan boa. Constan dun balón onde se introduce a mestura, unha manta calefactora, un refrixerante para condensar o vapor separado e un recipiente para recoller o destilado (figura 15). Posto que se está recollendo continuamente o vapor condensado, non se chega ao equilibrio e a composición do destilado recolleito varía conforme se realiza a destilación.

A destilación é o método de separación máis eficiente e máis empregado na industria, aínda que non sempre é posible utilizalo, por exemplo, se as substancias para separar teñen temperaturas de ebulición moi parecidas ou se se descompoñen ou reaccionan ao queentalas.

Como a temperatura de ebulición dun composto varía coa temperatura (ao diminuír a presión diminúe a temperatura de ebulición), pódense destilar a presións moi baixas as substancias que son sensibles á calor ou que teñen unha temperatura de ebulición moi alta.

Figura 15.
Equipos de destilación
de laboratorio



► Cristalización

A cristalización permítenos separar compostos de mesturas líquidas homoxéneas diminuíndo a temperatura para conseguir que pase a fase sólida o compoñente que queremos separar mentres que os demais compostos permanecen en estado líquido.

É un método habitual para separar e para purificar todo tipo de substancias, entre elas, moitos medicamentos. Tamén se utiliza para eliminar impurezas do aceite (clarificación do aceite ou descerado —*winterización*—), arrefriándoo rapidamente para que precipiten substancias orgánicas como estearinas ou glicéridos saturados que teñen temperaturas de fusión máis baixas ca as do aceite. Na industria alimentaria, a aplicación máis coñecida é a obtención do azucre por cristalización a partir do zume da cana de azucre ou da remolacha azucreira.

Algunhas das chamadas «bolsas de calor» conteñen unha disolución sobresaturada de acetato de sodio, de forma que ao premer a bolsa se provoca a cristalización rápida do acetato de sodio que libera calor.

Un cristal sólido, ben formado, é practicamente puro, pero retén parte da disolución (líquido nai ou disolución nai); por iso, normalmente os cristais sepáranse da disolución por filtración ou centrifugación para eliminar os restos de disolución retidos polos cristais.

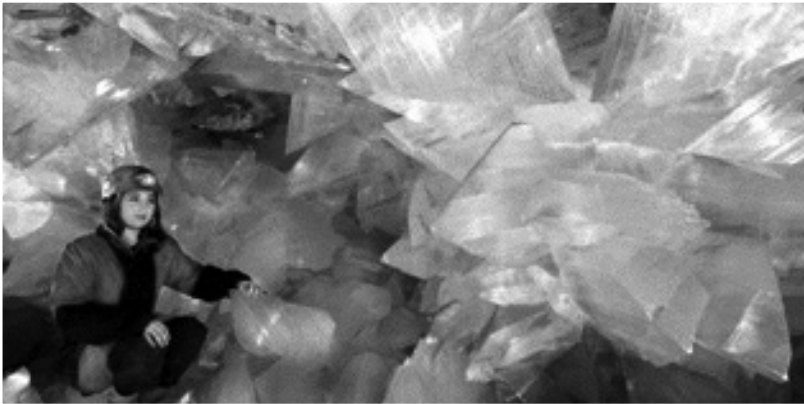


Figura 16. Cova do Pulpí en Almería

Para conseguir que un composto disolto cristalice, a disolución debe estar sobresaturada, é dicir, ten que ter máis soluto disolto do que se pode disolver á temperatura que queremos que cristalice. Para logralo satúrase a disolución a unha temperatura máis alta e logo arrefríase para provocar a cristalización. Outra posibilidade é, a partir dunha disolución que non estea sobresaturada, evaporar parte do disolvente ata que a disolución quede sobresaturada e comece a cristalización.

A formación dos cristais prodúcese en dúas etapas: unha primeira de formación de cristais microscópicos (nucleación), debido a que as partículas chocan entre si e forman agregados, e unha segunda etapa de crecemento dos cristais a partir destes núcleos. Se a cristalización é lenta, pódense formar cristais moi grandes, mentres que unha cristalización rápida favorece a formación de cristais pequenos. O crecemento lento dos cristais pode orixinar formacións de gran tamaño como os que se poden ver na cova do Pulpí en Almería (figura 16).

Procesos de separación que empregan un composto como axente separador

► Lixiviación

A lixiviación, ou extracción sólido-líquido, é a separación de compostos solubles presentes nun material sólido empregando un disolvente como auga, alcol etc.

Realízase un proceso de lixiviación cando nos preparamos unha cunca de té, extraendo compostos solubles presentes nas follas do té por medio de auga quente. O mesmo proceso utilizámolo para preparar café facendo pasar auga quente a través de grans de café moídos e, en Mesopotamia (3500 a. C.), xa se empregaba para extraer compostos de plantas.

En xeral, un tamaño pequeno das partículas do sólido, a axitación do líquido e o aumento de temperatura favorecen a lixiviación. Doutra parte, o disolvente ten que ser o máis selectivo posible, é dicir, que só disolva o compoñente que queremos separar.

Na obtención de aceite a partir de olivas ou sementes como a soia pódense empregar métodos mecánicos, como o prensado ou a centrifugación para extraer o aceite (aceite de oliva virxe no caso das olivas), ou extracción empregando disolventes, o que sería outro exemplo de lixiviación. Por outro lado, para obter os metais a partir dos minerais emprégase unha lixiviación un pouco diferente, xa que o disolvente contén un composto, xeralmente un ácido, que reacciona co metal e o extrae desta forma ao reaccionar e formar un composto distinto.

Unha vez acabado o proceso, é necesario separar o composto lixiviado do disolvente, normalmente evaporando o disolvente ou cristalizando o composto lixiviado.

Figura 17.
Soxhlet

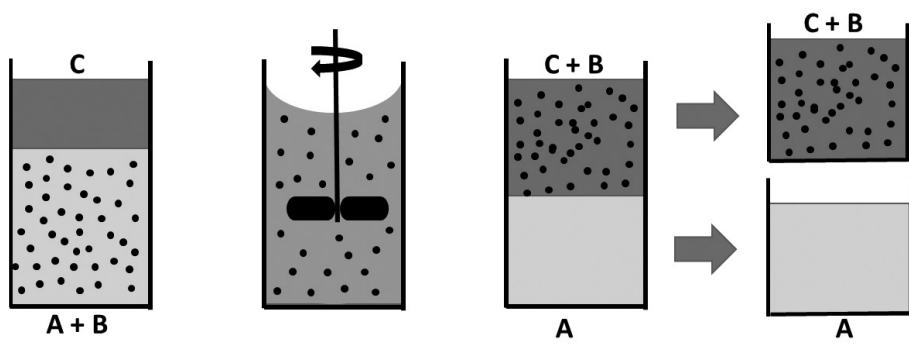


Como a solubilidade adoita aumentar coa temperatura, pódese quentar o disolvente para realizar a extracción. No laboratorio, o equipo máis utilizado é o Soxhlet, deseñado por Franz Ritter von Soxhlet (1848-1926). Neste equipo (figura 17), o disolvente do balón quén-tase ata a temperatura de ebulición e faise pasar a través do sólido. O condensador da parte superior condensa o disolvente que cae no recipiente empapando o sólido. Cando o disolvente chega a unha altura determinada, volve ao balón por efecto sifón e o proceso volve comezar. Nos laboratorios de alimentos utilízase para determinar o contido en graxas de mostras sólidas de alimentos.

► Extracción líquido-líquido

Na extracción líquido-líquido utilízase un disolvente (axente de separación) para separar un composto dunha mestura líquida homoxénea. Se queremos separar un composto B dunha disolución de B en A, hai que seleccionar un axente de separación, C, no que B sexa soluble, pero A e C sexan inmiscibles. Tal e como se ve na figura 18, engádese o axente separador C á mestura de A e B, e axítase para favorecer a disolución de B en C. Despois de axitalo, é preciso deixar repousar para que se separen as dúas fases e, unha vez decantadas, teremos a maior parte do compoñente B disolto en C. A posterior separación de B e C pode facerse por evaporación, cristalización etc., dependendo en cada caso das características de B e C.

Figura 18.
Extracción
líquido-líquido



A extracción líquido-líquido emprégase en moitos casos como alternativa á destilación, por exemplo, cando A e B teñen unhas temperaturas de ebulición moi próximas, ou cando son substancias que se descompoñen ao quentalas, ou se B está presente en moi pequenas cantidades.

A eficacia do proceso depende do ben que se elixa o axente de separación, C, que, entre outras, debe ter unha serie de características:

- Alta selectividade, é dicir, que extraia o compoñente que nos interese, B, e non extraia os demais, xa que normalmente temos unha disolución con varios compoñentes e só queremos separar un deles.
- Que sexa moi pouco soluble en A para evitar ter perdas do axente de separación na outra fase e ter que recuperalo.
- Que se poidan separar facilmente B e C, xa que se esta separación é difícil só conseguiríamos complicar o problema.
- Unha diferenza de densidade alta entre A e C para que se formen as dúas fases con facilidade.
- Aspectos medioambientais e económicos: non tóxico, non inflamable, non corrosivo, baixo custo etc.

Na industria emprégase a extracción líquido-líquido nas refinarías de petróleo para separar compostos aromáticos como o benceno ou compostos con xofre das gasolinas, xa que son tóxicos. Tamén se utiliza para extraer contaminantes como os fenóis da auga, e na industria alimentaria e farmacéutica para separar compostos sensibles á calor como a penicilina, vitaminas ou aromatizantes.

A extracción líquido-líquido ten a vantaxe de que consome moita menos enerxía ca a destilación, pero ten o inconveniente de que a separación sempre é peor ca as que se logran coa destilación, polo que en moitos casos se utiliza cando non é posible levar a cabo unha destilación.

► Absorción

A absorción é un proceso que permite eliminar un compoñente (absorbato) dun gas poñendo en contacto o gas cun líquido (absorbente) no que o compoñente que queremos separar se dissolve ou co que reacciona. Se o compoñente que queremos separar (absorbato) simplemente se dissolve no líquido, será unha absorción física e o grao de separación que consigamos dependerá do soluble que sexa o absorbato no líquido. Para favorecer a separación pódese empregar un absorbente que reaccione co absorbato e, neste caso, temos unha absorción química.

A absorción utilízase amplamente para eliminar substancias contaminantes, por exemplo, o dióxido de carbono e o sulfuro de hidróxeno do gas natural que se emprega como combustible. En moitas industrias, o aire sométese a un proceso de absorción para eliminar contaminantes, como óxidos de xofre ou de nitróxeno, responsables da **choiva aceda**, antes de eliminar o aire pola cheminea.

Un bo absorbente será aquel en que o absorbato sexa moi soluble e, ademais, que practicamente non se evapore á temperatura de operación, para que non pase ao gas. Tamén debe ser pouco viscoso, non tóxico nin corrosivo e de baixo custo. O ideal sería utilizar auga (non tóxica, non corrosiva, barata etc.); con todo, a maioría dos contaminantes teñen unha baixa solubilidade en auga, aínda que a absorción dalgúns óxidos de nitróxeno e de xofre con auga é parte do proceso de obtención de ácido nítrico e sulfúrico.

► Adsorción

A adsorción permite separar compoñentes presentes nun gas ou nun líquido empregando un sólido (adsorbente) que retén este compoñente, separándoo do gas ou do líquido.

Aínda que o nome poida dar lugar a confusións, a absorción e a adsorción son procesos distintos, xa que na absorción se elimina un compoñente dun gas empregando un líquido no que se dissolve, e na adsorción elimínase un compoñente dunha corrente líquida ou gasosa empregando un sólido que o retén nos poros da superficie (figura 19).

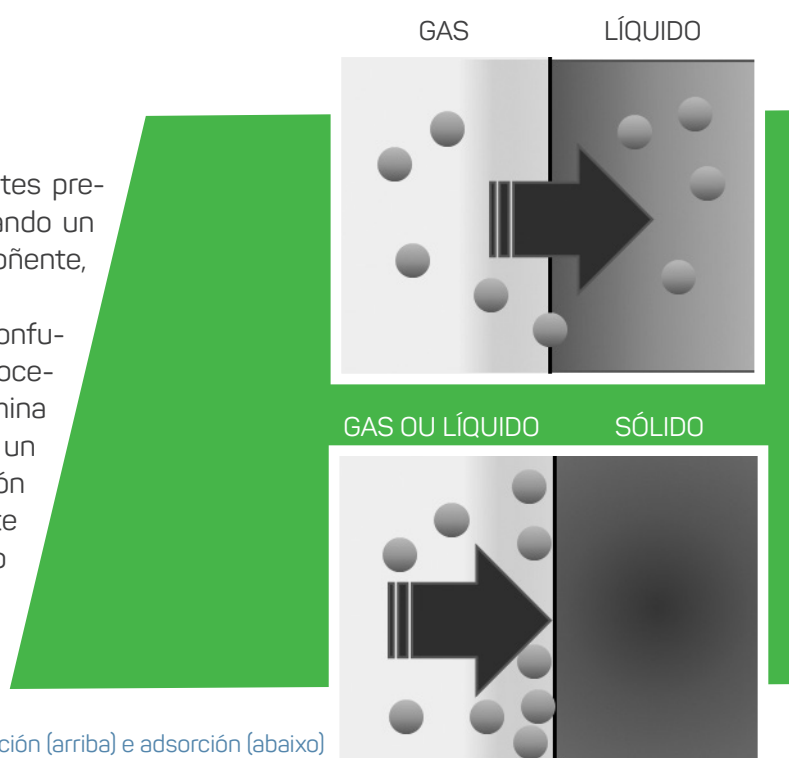


Figura 19. Absorción (arriba) e adsorción (abaixo)

Os adsorbentes son sólidos moi porosos e a adsorción ten lugar nas paredes dos poros. A adsorción pódese empregar cando a concentración do compoñente que queremos retirar non é moi alta; por exemplo, eliminar pequenas cantidades de compostos orgánicos do aire en fábricas de pinturas ou de tintas ou eliminar compostos orgánicos da auga. Na industria alimentaria utilízase para eliminar impurezas coloreadas de aceites vexetais, e substancias que producen sabor amargo nos zumes de froitas. Tamén se emprega para eliminar a humidade do aire comprimido e para separar o nitróxeno do osíxeno do aire. Na industria farmacéutica permiten a separación de compostos como antibióticos ou proteínas do medio de cultivo.

No proceso de adsorción, o gas ou o líquido pasa a través do sólido adsorbente. Co tempo, o adsorbente vaise saturando, é dicir, os poros vanse enchendo coas substancias que van quedando retidas, ata que o adsorbente xa non pode adsorber máis e hai que rexeneralo, eliminando as substancias adsorbidas e preparándoo para a súa reutilización. Debido a isto, adoita traballarse con varios equipos, de forma que cando un adsorbente estea saturado e mentres se rexenera poidan utilizarse os outros equipos e non teña que pararse o proceso. No caso do tratamento final de augas residuais, pódese realizar o tratamento mesturando a auga con carbón activo nun tanque e axitando, e logo separándoo por sedimentación ou, se esta é moi lenta, por filtración.

O adsorbente máis coñecido e utilizado é o carbón activo, pero existen outros tipos de adsorbentes, aínda que se está a investigar o posible uso de restos vexetais (cascas, restos de poda etc.) como adsorbentes.



► Cromatografía

A cromatografía emprégase para separar os compoñentes dunha mestura multicompoñente aproveitando a diferente velocidade coa que atravesan un sólido ou un líquido que se chama fase estacionaria. Os compoñentes da mestura móvense a través da fase estacionaria transportados mediante un gas ou un líquido, a fase móbil. Dependendo de que a fase móbil sexa un gas ou un líquido, temos cromatografía de gases ou cromatografía de líquidos. Dependendo do tipo de compostos que queiramos separar, hai que seleccionar as fases móbil e estacionaria que nos permitan unha separación mellor. Posto que é un proceso no que se traballa con pequenas cantidades de mostra, ten máis interese para identificar os seus distintos compoñentes ca como método de separación a escala industrial como poden ser os outros tipos de separación comentados ata agora.

O tipo de cromatografía máis sinxelo é a cromatografía de papel. Neste caso, a fase estacionaria é un papel de filtro, nun extremo do cal se deposita unha pinga da mostra. O extremo do papel introdúcese nun líquido que actúa como fase móbil e que ascende por capilaridade polo papel. Se a fase móbil é adecuada, os compoñentes serán arrastrados pola tira de papel e, se os compoñentes teñen cor propia, aparecerán distintas manchas de cor a distintas alturas do papel.

Na industria adóitanse utilizar técnicas cromatográficas máis complexas, como a cromatografía de gases ou de líquidos no laboratorio de control de calidade. A súa principal utilidade é a determinación da composición e pureza dos produtos farmacéuticos ou alimentarios para identificar posibles impurezas.

3. ACTIVIDADES DIDÁCTICAS

ACTIVIDADE 1. MAPA CONCEPTUAL DAS OPERACIÓNS DE SEPARACIÓN

Introdución	Existen moitas operacións de separación entre as que podemos elixir as máis axeitadas en cada caso. A organización da información e a relación entre elas axuda a aclarar as ideas e ter en conta as súas posibilidades e limitacións.
Tarefa	Realizar un mapa conceptual das operacións de separación tendo en conta, para cada unha de elas, as súas características, vantaxes e desvantaxes.
Obxectivos	Coñecer e diferenciar as posibles aplicacións de cada unha das operacións de separación.
Curso/idade	2.º ESO/13-14 anos.
Etapas	<ul style="list-style-type: none">• Presentación do tema.• Selección dos aspectos para reflectir no mapa conceptual.• Selección de cada grupo das operacións de separación coas que vai traballar.• Realización do mapa conceptual.• Posta en común dos traballos realizados.
Duración	De 2 a 3 clases.
Metodoloxía de traballo	Traballo en grupos pequenos.
Fontes de información	Apuntamentos da clase. Información recollida de internet.
Avaliación	Autoavaliación e avaliación do traballo doutro grupo.
Outras posibilidades	Pódense elixir outros procesos de separación que poidan ser interesantes para o alumnado.

ACTIVIDADE 2. SEDIMENTACIÓN

Introdución	A sedimentación é amplamente utilizada para separar os sólidos contidos nun líquido. Se os sólidos son de tamaños moi diferentes, podemos ter unha sedimentación en estratos que nos dá unha idea da proporción dos distintos sólidos presentes. É moi útil para saber se se precisan outros procesos de separación, como filtración, centrifugación etc.
Tarefa	Levar a cabo a sedimentación de auga con terra, analizando os distintos sólidos sedimentados, así como as necesidades doutros procesos de separación.
Obxectivos	Coñecer como funciona a sedimentación, as vantaxes e as limitacións desta técnica.
Curso/idade	2.º ESO/13-14 anos.
Etapas	<ul style="list-style-type: none">• Recoller terra, mellor se ten materiais de distintos tamaños, e engadila a unha cantidade de auga tres ou catro veces maior.• Axitar a mestura e engadila a unha probeta grande, e deixala sedimentar.• Tomar datos do tempo que tarda en sedimentar, a altura das distintas zonas que aparecen e a cor da auga da zona superior.
Duración	De 1 a 2 clases.
Metodoloxía de traballo	Traballo por parellas. Recoller mostras distintas de terra e comparar os resultados obtidos.
Fontes de información	Apuntamentos, biblioteca e internet.
Avaliación	Avaliación do profesor/a.
Outras posibilidades	Mesturar con auga algunha substancia insoluble en po. Canto tarda en sedimentar? Habería que utilizar outro proceso?

ACTIVIDADE 3.

EXTRACCIÓN DE CAROTENOS DE CENORIA

Introdución	<p>Os carotenos son un grupo de compostos químicos que se atopan, sobre todo, nas froitas alaranxadas e vermellas, e tamén en verduras como os grelos e as espinacas. Na cenoria hai β-caroteno que é importante como precursor da vitamina A.</p> <p>Aínda que o que se emprega na industria alimentaria, sobre todo como colorante, se obtén por síntese química, pódese extraer da cenoria cun proceso de lixiviación.</p>
Tarefa	Extraer β -caroteno da cenoria por lixiviación.
Obxectivos	<p>Aplicar o proceso de lixiviación para separar o β-caroteno.</p> <p>Analizar os distintos aspectos que inflúen no proceso como o tempo ou o tamaño no que se corte a cenoria.</p>
Curso/idade	2.º ESO/13-14 anos.
Etapas	<ul style="list-style-type: none"> · Presentación do tema. · Buscar en internet en que substancias é soluble o β-caroteno. · Elixir entre os posibles disolventes tendo en conta a toxicidade e a facilidade de procura. · Preparar a cenoria. Elixir varios tamaños de corte para ver a influencia do tamaño. · Nun bote engadir a cenoria e o disolvente, e observar o cambio de cor do disolvente.
Duración	De 1 a 2 clases.
Metodoloxía de traballo	Traballo por parellas.
Fontes de información	Biblioteca e internet.
Avaliación	Avaliación do profesor/a.
Outras posibilidades	Decidir cal sería o mellor modo para separar o β -caroteno do disolvente. Buscar información e discutir as vantaxes e os inconvenientes da extracción dos β -carotenos fronte á síntese química destes.

ACTIVIDADE 4.

ELIMINACIÓN DA COR DA AUGA POR EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO

Introdución	A extracción líquido-líquido emprégase para separar un composto, xeralmente en baixa concentración, dunha mestura líquida empregando un disolvente no que se poida disolver o compoñente para extraer, pero que sexa inmiscible cos demais compoñentes da mestura. Pode que o composto de interese sexa o que queiramos separar ou pode que este composto sexa un contaminante que teñamos que eliminar.
Tarefa	Eliminar unha substancia que lle dá cor á auga.
Obxectivos	Coñecer e aplicar o proceso de extracción líquido-líquido para a purificación da auga.
Curso/idade	2.º ESO/13-14 anos.
Etapas	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación do tema. • Preparar unha disolución dun colorante como o Betadine en auga. • Elixir un axente de separación tendo en conta que o composto que lle dá cor ao Betadine é un composto orgánico e que o disolvente ten que ser inmiscible coa auga. Unha posibilidade é un aceite vexetal. • Discutir, entre todos, as variables que lle poden afectar á extracción (temperatura, relación volume disolución acuosa/aceite, tipo de disolvente etc.) e decidir as condicións de experimentación de cada grupo. • Mesturar o aceite coa disolución de Betadine, axitar e deixar repousar. Ver o cambio de cor tanto na auga coma no aceite e analizar os resultados obtidos por todos os grupos.
Duración	De 1 a 2 clases.
Metodoloxía de traballo	Traballo por parellas ou grupos pequenos.
Fontes de información	Buscar no bote de Betadine información sobre a composición para ver o que se elimina. Buscar información sobre este composto en internet.
Avaliación	Avaliación do profesor/a.
Outras posibilidades	A partir da mestura inicial auga-Betadine de concentración coñecida, preparar varias dilucións para comparar a cor coa da disolución acuosa, unha vez rematada a extracción, e poder coñecer de maneira aproximada a composición e calcular a porcentaxe de extracción.

ACTIVIDADE 5. ELIMINACIÓN DA COR DA AUGA POR ADSORCIÓN

Introdución	Outra maneira de eliminar a cor da auga é adsorbendo nun sólido (o adsorbente) a substancia que dá cor. Este proceso pódese utilizar cando a concentración da substancia que se quere eliminar é baixa. Un dos adsorbentes máis usados é o carbón activado que ten moitos poros nos que quedan retidas as substancias que queremos separar.
Tarefa	Eliminar unha substancia que dá cor á auga.
Obxectivos	Coñecer o proceso de adsorción e cando pode aplicarse. Diferenciar a adsorción doutros procesos como absorción ou extracción.
Curso/idade	2.º ESO/13-14 anos.
Etapas	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación do tema. • Preparar unha disolución lixeiramente coloreada cun colorante alimentario. • Decidir a proporción auga/adsorbente que empregará cada grupo. • Mesturar a auga coloreada co adsorbente e axitar moi lixeiramente. Ver canto tarda en irse a cor ou se aínda quedan restos ao final do experimento. • Comparar os resultados e chegar a unha mellor relación da auga e do adsorbente.
Duración	De 1 a 2 clases.
Metodoloxía de traballo	Traballo por parellas ou por grupos pequenos.
Fontes de información	Biblioteca e internet.
Avaliación	Avaliación do profesor/a.
Outras posibilidades	Buscar en internet adsorbentes naturais obtidos a partir de residuos agrícolas que poidan substituír o carbón activo.

ACTIVIDADE 6. SEPARACIÓN MAGNÉTICA

Introdución	Aínda que non forma parte dos métodos de separación convencionais, o magnetismo pode aproveitarse para separar metais férricos dunha mestura utilizando un imán. É unha técnica moi empregada na industria alimentaria para asegurarse de que non existe ningunha peza metálica magnética mesturada cos alimentos. Tamén se emprega nas empresas de tratamento de residuos ou de desmantelamento de coches para separar os metais férricos dos non férricos.
Tarefa	Empregar as propiedades magnéticas para levar a cabo un proceso de separación.
Obxectivos	Empregar a diferenza de comportamento nun campo magnético para realizar unha separación.
Curso/idade	2.º ESO/14-15 anos.
Etapas	<ul style="list-style-type: none">• Presentación do tema.• Facer unha mestura de pequenos obxectos, con e sen metais ferrosos, e deseñar un proceso de separación empregando imáns.
Duración	1 clase.
Metodoloxía de traballo	Traballo en conxunto.
Fontes de información	Biblioteca e internet.
Avaliación	Avaliación do profesor/a.
Outras posibilidades	Buscar vídeos nos que se vexa a separación dos metais nas empresas que reciclan materiais de ferro.

ACTIVIDADE 7. SISTEMAS MISCIBLES E INMISCIBLES

Introdución	A extracción líquido-líquido permite extraer un compoñente dunha mestura líquida empregando un disolvente miscible co composto para extraer e inmiscible cos demais. A miscibilidade ou a inmiscibilidade de dous compostos depende da súa estrutura e das posibles interaccións entre as súas moléculas. Con todo, dous compostos totalmente miscibles, como a auga e o etanol, poden volverse inmiscibles se lle engadimos un sal á mestura. Na actualidade, está a investigarse para determinar que tipo de sales e en que concentración provocan a formación de dúas fases que permitiría a separación de compostos de forma similar a unha extracción líquido-líquido convencional. Neste caso, o sal que empregaremos é o sulfato de amonio.
Tarefa	Analizar o cambio dunha a dúas fases no sistema auga-etanol-sulfato de amonio.
Obxectivos	Comprobar como pode cambiarse a miscibilidade dun sistema aproveitando a forte interacción da auga co sal para levar a cabo unha separación.
Curso/idade	3.º ESO/14-15.
Etapas	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación do tema. • Comprobar que a auga e o etanol son completamente miscibles. • Preparar unha disolución auga-etanol cun 80 % en masa de etanol e outra de auga-sulfato de amonio ao 30 % en masa de sulfato de amonio. • Tomar parte da disolución acuosa do sal e engadir, pinga a pinga, a disolución de etanol ata que se poña turbia. • Engadir, pinga a pinga, a disolución do sal ata ter unha disolución transparente.
Duración	De 1 a 2 clases.
Metodoloxía de traballo	Traballo en conxunto.
Fontes de información	Biblioteca e internet.
Avaliación	Avaliación do profesor/a.
Outras posibilidades	Buscar información sobre a primeira aplicación deste método para separar as proteínas.

ACTIVIDADE 8. LIXIVIACIÓN-FILTRACIÓN-CROMATOGRAFÍA

Introdución	A maioría das veces precísase combinar distintos procesos de separación para conseguir obter a substancia que nos interesa. Neste caso empregaremos a extracción sólido-líquido (lixiviación) seguida dunha filtración e de cromatografía de papel para identificar varios pigmentos presentes nas follas verdes das plantas.
Tarefa	Extraer os pigmentos dunha folla verde e separalos por cromatografía.
Obxectivos	Combinar varias operacións de separación para poder identificar distintos compoñentes presentes nunha mostra.
Curso/idade	3.º ESO/14-15.
Etapas	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación do tema. • Cortar unha ou varias follas verdes dunha planta en anaquiños pequenos, metelos nun bote e engadir etanol. • Axitar suavemente para favorecer que o etanol extraia os pigmentos. Pode deixarse ata o día seguinte. • Cando o etanol teña unha cor verde escura, filtrar e introducir o líquido nun recipiente. • Cortar unha tira de papel de filtro e mergullar a base no líquido. Deixar que o líquido ascenda por capilaridade ata que comecen a diferenciarse distintas cores. • Secar a tira de papel e indicar cantas cores distintas poden verse.
Duración	De 1 a 2 clases.
Metodoloxía de traballo	Traballo en grupos.
Fontes de información	Biblioteca e internet.
Avaliación	Avaliación do profesor/a.
Outras posibilidades	Buscar información sobre o nome dos pigmentos que se poden identificar.

GLOSARIO

Absorción: disolución nun líquido dun composto presente nun gas.

Adsorción: proceso de separación no que un composto presente nun gas ou nun líquido queda retido nun sólido.

Axente de separación: composto ou enerxía que se engade a unha mestura homoxénea para conseguir a separación dalgún dos seus compoñentes.

Baruto: peneira de malla fina.

Clarificación: tipo de filtración no que as substancias que se queren separar quedan retidas nos poros do filtro.

Centrifugación: separación de sólidos de líquidos debido á forza centrífuga orixinada ao xirar a mostra a alta velocidade. Pódese usar tamén para separar líquidos inmiscibles.

Cristalización: proceso polo que unha substancia adquire unha estrutura cristalina.

Decantación: procedemento para separar pola acción da gravidade dous líquidos inmiscibles.

Destilación: proceso de separación baseado na diferente temperatura de ebulición dos compoñentes dunha mestura líquida.

Difusión: movemento dun compoñente individual a través dunha mestura, xeralmente debido a unha diferenza de concentración entre dous puntos da mestura.

Economía circular: modelo económico que ten como obxectivo reducir o consumo de materia prima e da produción de residuos, favorecendo a reutilización das substancias.

Extracción líquido-líquido: proceso de separación no que se usa un líquido para separar un compoñente dunha mestura líquida.

Extracción sólido-líquido: proceso de separación no que se usa un líquido para separar un compoñente dun sólido.

Filtración: separación dun sólido dun líquido usando un material que o reteña.

Flotación: proceso no que os sólidos menos densos ca o líquido se separan na superficie do líquido.

Inmiscible: que non se mestura. Dous compostos inmiscibles forman dúas fases líquidas separadas.

Peneirar: separar sólidos de diferente tamaño usando unha malla.

Presión de vapor: presión que exerce o vapor sobre a fase líquida en equilibrio a unha determinada temperatura.

Sedimentación: separación por acción da gravidade de sólidos cunha densidade maior ca a do líquido.

Temperatura de ebulición: temperatura á que a presión de vapor dun líquido iguala a presión do medio no que se atopa.

Temperatura de fusión: temperatura á que se produce a transición de fase sólida a líquida. Correspóndese coa temperatura de conxelación ou de solidificación.

Volátil: dise dunha substancia que pasa con facilidade á fase de vapor, que se evapora con facilidade.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez Zapata, Hernán Darío (2011). *Balances de materia y energía. Formulación, solución y usos en procesos industriales*. (Capítulo 2). Medellín: ArtBox.

Caldeira, Ana Clara Rocha *et al.* (2019). «Liquid-liquid equilibria in aqueous two-phase ethanol/salt systems at different temperatures and their application to anthocyanins extraction». *Food Science and Technology*, 39 (2).

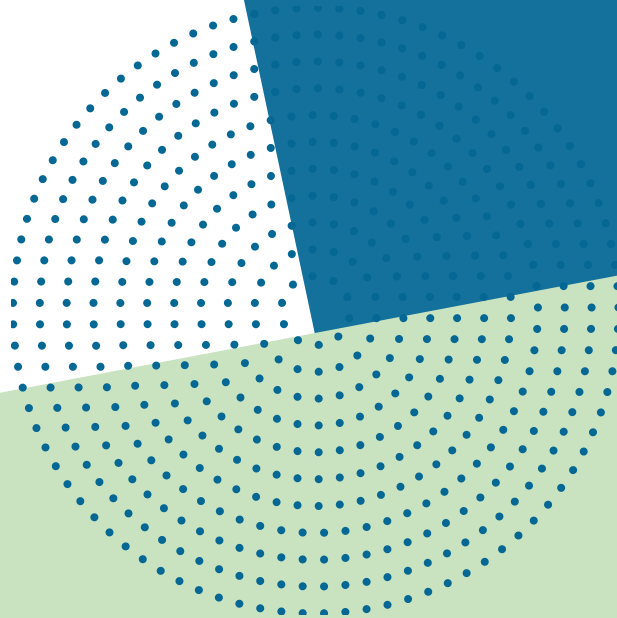
Calleja Pardo, Guillermo (ed.) (1999). *Introducción a la Ingeniería Química*. Madrid: Síntesis.

McCabe, Warren L.; Smith, Julian C. e Harriott, Peter (2001). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. McGraw-Hill México.



EN GALEGO!

Investigación e divulgación científica



Área de Normalización Lingüística
Universidade de Vigo

