

Tema 1. Sustancias puras y mezclas

El curso pasado aprendiste a determinar algunas **propiedades características** de la materia, mediante las cuales puedes identificar las sustancias que hay en una muestra (densidad y temperaturas de cambio de estado).

También aprendiste a clasificar la materia en **sustancia pura** o **mezcla**, según haya una sustancia o más de una, y en **heterogénea** o **homogénea**, si se distinguen diferentes componentes a simple vista o no.

Además, utilizaste el **modelo corpuscular de la materia**, representando **diagramas de partículas** de diferentes sistemas materiales de interés y explicaste **hechos experimentales** que suceden en tu entorno, sobre todo en el caso de los gases.

Ahora vas a estudiar, en primer lugar, la relación cuantitativa que existe entre las magnitudes que caracterizan el estado de un gas, las llamadas **leyes de los gases**.

Después, aprenderás a preparar disoluciones de diferente composición. En la imagen tienes sulfato de cobre sólido y la **disolución** formada al añadirlo a un erlenmeyer con agua, que toma un color azul característico. ¿De qué depende la intensidad del color de la disolución? ¿Tiene alguna influencia la temperatura en la cantidad de sulfato que se disuelve? ¿Y si la sustancia disuelta es un gas?



Por último, te plantearás cómo puedes conseguir recuperar la sustancia disuelta, por ejemplo, separar el sulfato de cobre del agua.

Las **técnicas de separación** son la base de centros de proceso de materiales tales como las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), que vierten agua limpia a los ríos después de su uso en poblaciones e industrias, y las desalinizadoras, en las que se obtiene agua potable a partir de agua de mar.

1. Gases

El estado gaseoso es el que más fácilmente se estudia, ya que para describir la situación de un gas que se encuentra en un recipiente cerrado basta con conocer cuatro magnitudes: la **cantidad** de gas (**n**), el **volumen** del recipiente (**V**), la **temperatura** a la que se encuentra (**T**) y la **presión** que produce (**P**).

La **presión** es una magnitud que mide la relación entre la fuerza realizada sobre un objeto y la superficie sobre la que se realiza. Utilizando el Sistema Internacional de unidades, se mide en pascales (Pa), pero es muy habitual medirla en los laboratorios en **atmósferas (atm)** o en milímetros de mercurio (mm o mm Hg).



Así, cuanto mayor sea la fuerza ejercida y menor la superficie sobre la que se realiza, mayor será la presión, ya que **$P=F/S$** .

A finales del siglo XVII ya se obtuvieron relaciones experimentales entre las magnitudes que caracterizan el estado de los gases (ley de Boyle, que relaciona la presión y el volumen), y se completaron posteriormente a principios del siglo XIX.

Relación entre la presión y el volumen: ley de Boyle

Cuando comprimes una jeringa hermética que contiene aire, cuya punta se ha sellado con una gota de pegamento, puedes observar que el volumen que ocupa el gas disminuye conforme vas empujando el émbolo de la jeringa, y que cada vez has de realizar mayor fuerza sobre la misma superficie del émbolo de la jeringa, lo que supone mayor presión.

Observa la siguiente tabla de datos de presión y volumen, medidos en una situación experimental concreta en una jeringa, así como la gráfica que las relaciona. Si te fijas, el producto de la presión por el volumen es constante; es decir, puedes afirmar que:

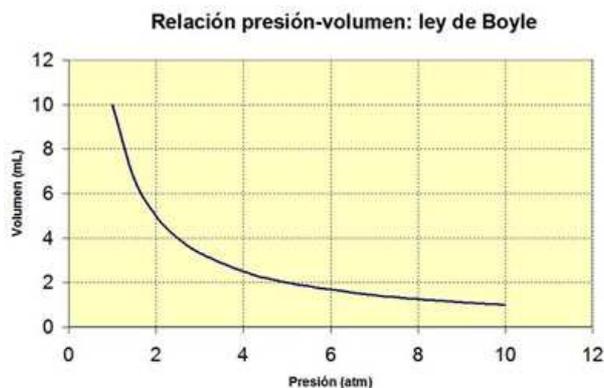
$$PV = \text{constante (ley de Boyle)}$$

En esta experiencia no cambia la cantidad de gas que hay dentro de la jeringa ni la temperatura a la que se encuentra el gas. Al realizar la experiencia con otra cantidad de gas o a otra temperatura, se mantiene la misma relación entre presión y volumen (su producto es constante), pero el valor de la constante varía.



Para determinar valores numéricos, solamente debes tener en cuenta que $P_i V_i = P_f V_f$ donde *i* indica la situación inicial y *f* la final. Si de los cuatro valores sabes tres, es fácil determinar el que queda despejando en la expresión anterior.

Presión (atm)	Volumen (mL)	PV
1	10	10
2	5	10
4	2.5	10
5	2	10
10	1	10

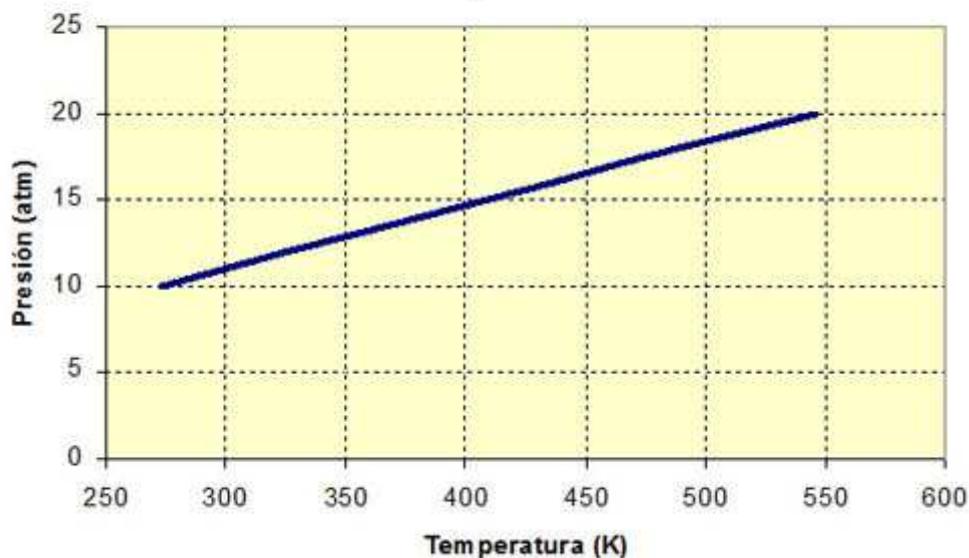


1.1. P, V, T y n

Relación entre la presión y la temperatura

Si se dispone de un recipiente de volumen fijo con una cantidad concreta de gas, se observa que al calentar el gas la presión aumenta proporcionalmente a la temperatura absoluta del gas. Es decir, si la temperatura se duplica, también lo hace la presión ($P/T = \text{cte}$, o $P_i/T_i = P_f/T_f$), con lo que la gráfica que relaciona ambas magnitudes es una recta.

Relación Temperatura - Presión



Relación entre el volumen y la temperatura

También puedes observar que si se calienta un gas que está en un recipiente de volumen variable, éste varía proporcionalmente al cambio de temperatura. Es decir, $V/T = cte$ o $V_i/T_i = V_f/T_f$.

Por ejemplo, si colocas al sol un globo poco hinchado, observarás que se hincha a ojos vista. ¡Es muy fácil comprobarlo!

La representación gráfica de la variación del volumen frente a la temperatura también es una recta.



Influencia de la cantidad de gas

Si un recipiente cuya temperatura no varía se mantiene a volumen constante, cuanto más gas hay, más presión genera, y más volumen ocupa si lo que se mantiene constante es la presión. Por esa razón se hincha un globo si se inyecta más gas en él.

Desde el punto de vista numérico, las constantes de las leyes anteriores son mayores cuanto más gas hay.

Las leyes de los gases

$$PV = cte \quad P/T = cte \quad V/T = cte$$

Se pueden resumir en una ley única: $PV/T = cte$. Las unidades pueden ser cualesquiera excepto para la temperatura, que debe expresarse necesariamente en la escala absoluta, en Kelvin.

Explicación de hechos experimentales

El curso pasado viste en la Física y química de 2º de ESO el modelo de la materia aplicado a los gases. Allí explicaste hechos que suceden en tu entorno de una forma muy sencilla; ahora acabas de ver cómo se explican mediante leyes numéricas experimentales, las leyes de los gases.

¿Recuerdas la explicación de los hechos que aparecen en las imágenes siguientes?



2. Disoluciones

En general, **una disolución es cualquier mezcla homogénea**. Por ejemplo, el aire, mezcla de nitrógeno, oxígeno y otros gases en proporciones menores; o el bronce, que es una aleación metálica de cobre y estaño.

La sustancia que se encuentra en mayor proporción, el cobre en el bronce y el nitrógeno en el aire, se llama **disolvente**, y la sustancia disuelta recibe el nombre de **soluto**.

Las disoluciones más importantes son las que tienen agua como disolvente, ya que constituyen el medio en el que se desarrolla la vida. El soluto puede ser un gas (oxígeno, dióxido de carbono en las bebidas con gas), un líquido (etanol o alcohol etílico en las bebidas alcohólicas) o un sólido (sal, azúcar, sulfato de cobre, ...).

La conservación de la masa en las disoluciones

Cuando se produce la disolución del soluto en el disolvente la masa no varía: la masa de la disolución es la suma de las masas del disolvente y del soluto.

2.1 Medidas de composición

Las características y propiedades de las disoluciones dependen de la cantidad de soluto disuelta en una cantidad determinada de disolvente o de disolución; es decir, de la **proporción entre las cantidades que hay de soluto y de disolvente o de disolución**.

Si esa proporción es pequeña, la disolución se llama **diluida**, si es alta, **concentrada**, y si no se puede disolver más soluto, **saturada**.

Observa la imagen, en la que hay una sustancia coloreada disuelta en agua en diferentes proporciones.



El color de la disolución va siendo más intenso de izquierda a derecha, lo que significa que cada vez hay mayor proporción de soluto, que es la sustancia que origina el color: la disolución va de más diluida a más concentrada.

Medidas de composición de las disoluciones

Las medidas de composición más importantes son:

Gramos por litro: masa de soluto por litro de disolvente o por litro de disolución.

Porcentaje en masa: porcentaje en masa de soluto.

Porcentaje en volumen: porcentaje en volumen de soluto (solamente se usa si el soluto también es líquido).

La densidad de una disolución y su composición se miden en las mismas unidades, masa por unidad de volumen (g/L, gramos por litro de disolución habitualmente), pero su significado es distinto: en el caso de la densidad, la masa es de disolución, mientras que en el caso de la unidad de composición, la masa es únicamente de soluto

2.2 Preparación de disoluciones

En el caso concreto de tener que preparar 250 mL de disolución de una sustancia con composición 10 g/L, debes calcular en primer lugar la masa de sustancia a pesar en la balanza (2,5 g). Después añadirás la sustancia a un vaso de precipitados, la disolverás con agua, llevarás la disolución a un matraz aforado de 250 mL y enrasarás con un frasco lavador y un cuentagotas.



2.3 Grado alcohólico

Cuando se disuelve un líquido en agua, se suele hablar de **porcentaje en volumen**. Si el líquido es alcohol, se habla de grado alcohólico en las disoluciones de alcohol metílico (metanol) y de alcohol etílico (etanol).

El alcohol de farmacia es una disolución muy concentrada de alcohol etílico, ya que es de 96º, lo que significa que tiene un 96 % de alcohol en volumen: de cada 100 mL de alcohol, 96 son de alcohol y solamente 4 de agua.



2.4 Solubilidad de sólidos

La **solubilidad de una sustancia en agua** indica la máxima cantidad de sustancia que se puede disolver en un volumen determinado de disolvente, o que puede estar disuelta en un volumen dado de disolución; es decir, la composición de la disolución saturada.

Hay sustancias muy solubles, como la sal común, cuya solubilidad a 20 °C es de 360 gramos por litro de agua, mientras que otras son prácticamente insolubles, como el mármol, con una solubilidad de solamente 0,01 gramos por litro.

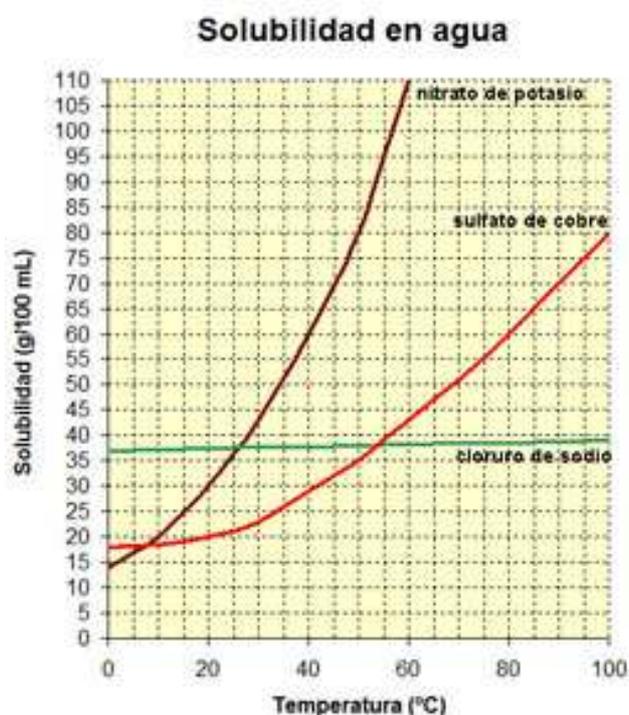
Gráficas de solubilidad

En la gráfica se representa la solubilidad de tres sustancias en agua.

Observa que la solubilidad depende de la temperatura: aumenta al calentar en los tres casos, pero muy poco para el cloruro de sodio, bastante en el sulfato de cobre y mucho en el nitrato de potasio.

Utilizando la gráfica, puedes saber la masa de sustancia que se disuelve en un volumen de agua a una temperatura concreta.

Fíjate en el nitrato de potasio. ¿Cómo puedes saber su solubilidad a 40 °C? Simplemente debes trazar una línea vertical desde esa temperatura



hasta que corte la línea del nitrato de potasio (línea de color marrón). Ahora, trazas una línea horizontal hasta que corte el eje vertical: lo hace justo en el punto de 60 g/100 mL, lo que significa que la solubilidad del nitrato de potasio es de 60 g en 100 mL de agua, o de 600 g/L.

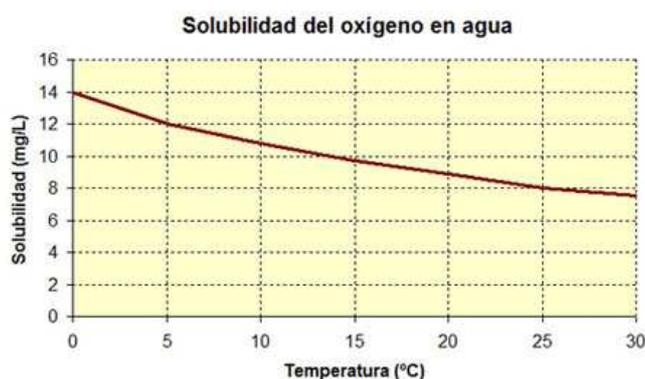
2.5 Disoluciones de gases

Los gases también se disuelven en agua. El caso más conocido es el de las bebidas carbónicas como gaseosa, refrescos con gas, vinos espumosos y cavas, etc, en las que hay dióxido de carbono disuelto en agua.

El oxígeno se disuelve en agua, y aunque lo hace en poca cantidad, es la suficiente para que se pueda desarrollar la vida en el agua (¡los peces respiran!).

Si te das cuenta, la solubilidad disminuye al aumentar la temperatura del agua. Se trata de un comportamiento general para todos los gases.

Eso significa que al aumentar la temperatura hay menos oxígeno disponible para las plantas y los peces, y el desarrollo de la vida es más difícil en esas condiciones. Por esa razón es importante tomar medidas para evitar que la temperatura media del agua en la Tierra ascienda: el cambio climático hace aumentar su temperatura y disminuir la cantidad de oxígeno que hay disuelto en el agua.



2.6 Propiedades de las disoluciones

Las propiedades de las disoluciones son diferentes de las del disolvente. Precisamente esa diferencia se utiliza como **criterio de pureza**. Por ejemplo, el punto de ebullición del agua pura es de 100 °C y la temperatura no cambia mientras hay agua hirviendo. Sin embargo, en una disolución de sal en agua el punto de ebullición es mayor y además la temperatura va aumentando mientras continúa la ebullición, como puedes ver en la imagen.

La magnitud de la diferencia depende de la composición de la disolución: es más grande cuanto mayor es la proporción de soluto y, por tanto, cuanto más concentrada está la disolución.



La densidad de las disoluciones

Las disoluciones de sales en agua (la sal común o cloruro de sodio es una sal, pero hay muchas otras, como el sulfato de cobre, el nitrato de potasio, etc) tienen una densidad mayor que la del agua. Su valor puede llegar a ser tan alto como en el Mar Muerto (Jordania), de 1,17 g/mL, mientras que la densidad del cuerpo humano es de 1,05 g/cm³.

Si te fijas en la fotografía, hay una persona leyendo el periódico mientras flota precisamente en el Mar Muerto. Ahora ya sabes la razón.

¡Por cierto! No hace falta que vayas tan lejos para experimentar esa sensación: no tienes más que visitar el Salinar de Naval, cerca de Barbastro (Huesca), en el que hay un centro turístico con varias pozas de agua muy salada en las que se flota sin dificultad.



3. Separación de mezclas

Fíjate en las situaciones siguientes, relacionadas con mezclas de sustancias que conoces.

1. La **sal** que se usa para cocinar y también como materia prima en la industria química (alrededor de 250 millones de Tm anuales en el mundo) se obtiene extrayéndola de minas y también a partir del agua de mar, recuperándose una sustancia sólida a partir de una disolución.
2. Cuando hay un vertido de **petróleo** en el mar, es imprescindible eliminarlo cuanto antes para evitar que altere el medio.
3. Se utilizan grandes cantidades de **oxígeno** para rellenar las bombonas que se utilizan en hospitales, y se obtiene separándolo del resto de gases que hay en el aire.
4. Después de su uso, se debe **limpiar el agua** que se vierte en las ciudades a las redes de alcantarillado, eliminando tanto las sustancias nocivas disueltas como las que transporta flotando o en suspensión.

En todos estos casos hay que utilizar diferentes **técnicas de separación** de mezclas, homogéneas en unos casos y heterogéneas en otros. En el vídeo puedes ver algunas de esas técnicas y su aplicación a situaciones de la vida diaria, mientras que en la tabla siguiente se detallan las técnicas que vas a aprender a utilizar.

Se separan	Técnica	Propiedad	Ejemplo
Sólidos	Criba o tamizado	Distinto tamaño de grano	Grava y arena
Sólidos	Extracción	Un sólido soluble	Azúcar y mármol
Sólidos	Flotación	Un sólido flota	Madera y granito
Sólidos	Magnetización	Imanes atraen metales	Hierro y azufre
Sólidos de líquidos	Centrifugación	Sólidos centrifugados	Lodo y agua
Sólidos de líquidos	Cristalización	Evaporación del disolvente	Sal y agua
Sólidos o líquidos disueltos	Cromatografía	Líquido arrastra solutos	Colorantes
Sólidos de líquidos Líquidos	Decantación	Inmiscibilidad	Arena y agua Gasolina y agua
Sólidos de líquidos	Filtración	Sólidos no pasan filtro	Arena y agua
Sólidos de líquidos	Sedimentación	Sólidos caen al fondo	Lodo y agua
Líquidos	Destilación	Punto de ebullición diferente	Alcohol y agua

3.1 Separación de sólidos

Criba o tamizado

Se utiliza para separar sólidos de diferente tamaño, al pasar a través de una rejilla, cedazo, criba o tamiz: pasan los que tienen un tamaño menor que el hueco. En casa se separan de esta forma los grumos de la harina, usando un colador de tela metálica, y en agricultura, el grano de los cereales de la paja con un cedazo.



Extracción

Se utiliza cuando se tiene una mezcla de sólidos y uno de ellos es soluble en un líquido. Por ejemplo, cuando a una mezcla de azúcar y mármol se le añade agua, se disuelve solamente el azúcar, y queda el mármol sin disolver. Para recuperar después los dos sólidos hay que utilizar dos técnicas que verás más adelante, la filtración para separar el mármol y la cristalización para obtener azúcar sólido.

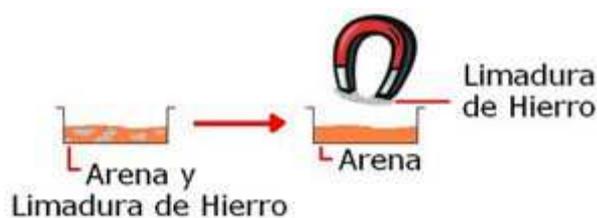
Flotación

Si en una mezcla de sólidos uno es de menor densidad que el agua, flota en ella, y si es mayor, se hunde. De esta forma, es fácil separar madera, que flota y se separa por arrastre, de granito, que se hunde en el agua, y se recupera por filtración.



Magnetización

Si un sólido queda atraído por un imán, es sencillo separarlo de los que no quedan atraídos. Se utiliza en las plantas de tratamiento de residuos, para separar los metales de papel, materia orgánica, etc.



3.2 Separación de sólidos y líquidos

Cristalización

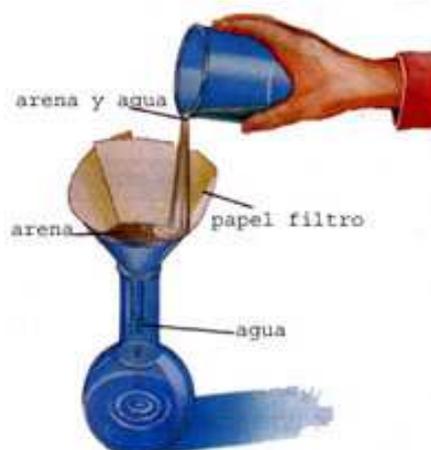
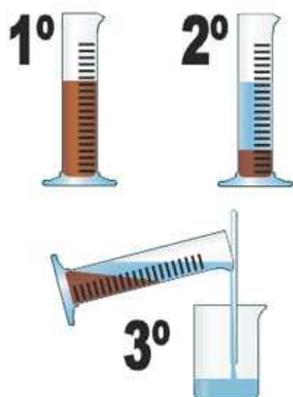
Para separar un sólido disuelto del disolvente, lo más sencillo es eliminar el disolvente, con lo que cristaliza el soluto. Si la vaporización es rápida, calentando, no se forman cristales, sino que aparece una masa de sólido. Pero si es lenta, dejando que se evapore el disolvente a temperatura ambiente durante varios días (evaporación), aparecen cristales que pueden ser bastante grandes.

Observa la imagen y el vídeo de una disolución concentrada de sal antes y después de la desaparición del disolvente. Éste procedimiento se sigue en las salinas para obtener sal común, como se ve en la imagen. También puedes ver un cristales de sal común, con su forma cúbica característica.



Decantación

Se separa un sólido de un líquido, como puedes ver en la imagen. Al inclinar la probeta, cae el líquido y el sólido queda en el fondo; esto se hace con mucha frecuencia en las casas, por ejemplo para quitar el agua usada para cocer patatas.



Filtración

Cuando hay mezclados un líquido y un sólido insoluble, se separan por filtración, tal como puedes ver en la imagen. Los filtros se hacen con un papel especial, que tiene un tamaño de poro muy pequeño para que pase el agua pero no los sólidos, incluso los que tienen un tamaño de grano muy pequeño: el líquido filtrado debe quedar transparente.

Sedimentación

Cuando hay un sólido suspendido en el agua, si se deja la mezcla en reposo un tiempo suficientemente grande las partículas de sólido van al fondo por gravedad, y queda una capa de agua limpia en la parte superior. Esta técnica se usa en las plantas depuradoras de aguas residuales para separar los lodos, de forma que el agua limpia se retira por unos canales situados en la parte superior del recipiente de sedimentación.



Centrifugación

Cuando hay un sólido suspendido en el agua, se puede forzar que vaya al fondo del recipiente si se coloca en una centrifugadora, que es la misma técnica utilizada para eliminar el agua en las lavadoras durante el proceso de centrifugado, o con centrifugadoras manuales para eliminar el agua de la lechuga después de lavarla.

En los laboratorios se usa sobre todo con muestras biológicas.

Cromatografía

Consiste en el diferente arrastre de sustancias por la acción de un líquido que asciende. En la imagen tienes dos cromatografías en papel de filtro, separando colorantes de tinta china o de rotulador. En el simulador puedes ver la técnica de un proceso real, en el que se separan los tres colorantes de una muestra. Esta técnica se utiliza en análisis, ya que las sustancias se separan más o menos y toman diferente color según sus características estructurales.



3.3 Separación de líquidos



Decantación

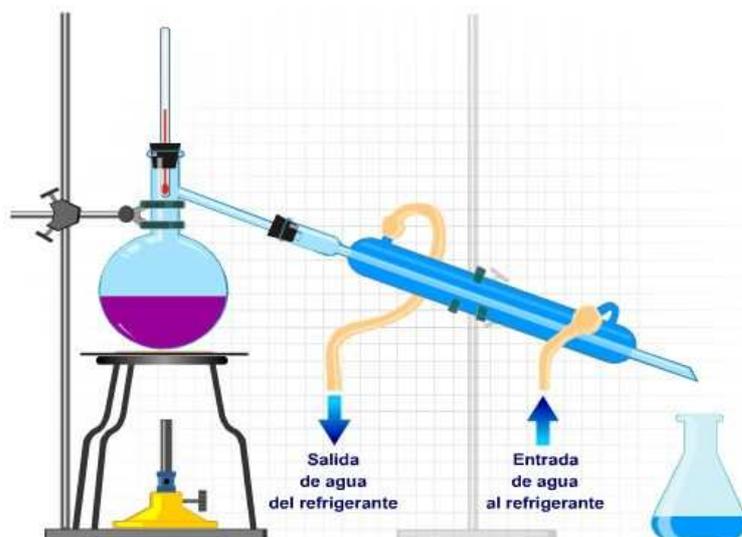
Observa el vaso con agua y aceite flotando sobre ella, ya que son inmiscibles y el agua más densa. Para separar las dos sustancias, es mejor utilizar el embudo de decantación. Fíjate en que al abrir la llave del embudo cae en primer lugar el agua, que está en la parte inferior, y en que se debe cerrar la llave un poco antes de que vaya a comenzar a caer el aceite.



Destilación

Se separan dos líquidos que tienen punto de ebullición diferente. En la simulación tienes el detalle del procedimiento, que vas a ver en el laboratorio destilando vino comercial (¡ojo, vino del malo!).

Observa la función que tiene cada uno de los componentes del destilador, en especial el tubo refrigerante.



En la simulación siguiente puedes ver el fenómeno a escala de partículas, en el caso de la separación de etanol y agua. Al pulsar el botón rojo, aumenta la temperatura, y al llegar a 80 °C, temperatura de ebullición del etanol, las partículas pasan a la fase vapor antes que las de agua, condensando el líquido en el recipiente de la derecha. Al terminar de pasar el alcohol, la temperatura sube a 100 °C y entra en ebullición el agua.

En realidad, el proceso no es tan sencillo. Ya sabes que tanto el agua como el alcohol pasan al estado gaseoso a cualquier temperatura, y, por tanto, cuando se produce la ebullición del alcohol a 80 °C ya ha pasado un poco de agua al recipiente de la derecha, aunque el mayor porcentaje corresponde al etanol. De hecho, el olor a alcohol que se produce es muy intenso.

3.4 Diseño de métodos de separación

Una vez que conoces las diferentes técnicas de separación, vas a separar algunas mezclas en el laboratorio, diseñando previamente el procedimiento que te parezca más adecuado.

En todos los casos elaborarás un diagrama del tipo siguiente, que sirve para separar arena, sal común y alcohol.

Has de tener en cuenta que ni la arena ni el azúcar se disuelven en alcohol.

El orden de los pasos es muy importante: si en primer lugar añades el agua, se mezcla con el alcohol y se disuelve el azúcar, con lo que complicas el problema a resolver.



3.5 Tratamiento de residuos

En el tratamiento de residuos hay dos grandes líneas de actuación: los residuos sólidos urbanos (RSU) y las aguas residuales (EDAR).

Residuos sólidos urbanos (RSU)

Hay una normativa europea que obliga a los ciudadanos a realizar labores previas de separación en los residuos domésticos. Por esa razón hay contenedores en la calle para papel, envases, vidrio, materia orgánica y aceite, que se diferencian por su color. También puntos limpios para llevar enseres voluminosos como muebles y aparatos electrónicos. Además, hay contenedores para recoger pilas y medicamentos.

Con esa separación previa se puede reciclar una parte muy relevante de los residuos y evitar además problemas de contaminación en los vertederos. **¡Tu actuación como ciudadano es muy importante!**



Depuración de aguas residuales (EDAR)

Después de utilizarla en las ciudades y en las industrias, el agua va a parar a las redes de alcantarillado, pero antes de devolverla al río hay que depurarla para que el medio ambiente no se contamine y el agua sea reutilizable.

En Aragón hay un plan de instalación de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) puesto en marcha con ese fin, con el objetivo de depurar el 100 % de las aguas residuales en 2015.



Fíjate atentamente en el vídeo para entender cómo funciona una EDAR. En esencia, se eliminan los residuos sólidos y en suspensión mediante filtración y decantación, y después se elimina la materia orgánica mediante un tratamiento biológico, antes de verter el agua al río.

Los residuos sólidos obtenidos también se aprovechan como abonos, y el material restante se lleva a un vertedero controlado.

3.6 Desalinizadoras

El agua es un recurso de futuro para Aragón. En otras comunidades, sobre todo de la cuenca mediterránea, es escasa, y en ellas se puede obtener a partir de agua de mar como alternativa a los trasvases, eliminando la sal disuelta en plantas desalinizadoras.

En el vídeo tienes una explicación de las características generales de la planta desalinizadora de Torrevieja (Alicante) y en la simulación puedes ver cómo se produce la eliminación de sales del agua mediante ósmosis inversa.

