

C3 ¿Cómo se desintegran las grasas en la digestión del ser humano? – La saponificación del aceite comestible

Estos sencillos experimentos sobre la emulgación y la saponificación de grasas son muy útiles para abordar el tema de la digestión y el metabolismo en el cuerpo humano. Partiendo del experimento que sólo muestra que las grasas se pueden descomponer en ácidos grasos es posible aplicar el tema a la digestión humana. Con este fin, las instrucciones para el profesor o la profesora les brinda algunas informaciones y sugerencias. Los materiales y aparatos suministrados alcanzan para ocho grupos de alumnos que realicen el experimento a la vez.

1 Pregunta central

Esta serie de experimentación sirve para entrar en el tema de la digestión de grasas en el cuerpo humano a nivel orgánico y celular. Para ello se consideran en los experimentos las propiedades y reacciones de grasas y aceites como componentes de los alimentos y se estudia su estructura química. Además, la idea es plantear en clase los aspectos relevantes para la salud de la digestión de las grasas.

2 Integrar el experimento en el contexto educativo

2.1 Base científica

Los alumnos y alumnas conocen todo lo relacionado con la alimentación de la educación primaria. Tienen conocimientos previos de que debemos comer para permanecer activos. Los alimentos suministran la energía necesaria para la vida. Los alumnos y alumnas conocen, en general, los principales elementos de que se compone la alimentación, es decir, los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas. Asimismo, entienden cómo funciona el proceso digestivo, siendo un fenómeno que conocen de sus vidas. Estos conocimientos previos pueden aprovecharse para anudar con un estudio detallado de los componentes de la alimentación (en este caso, las grasas), su procesamiento, transformación y aprovechamiento en el cuerpo humano.

2.1.1 Planteamiento cualitativo en el grupo de edad de 10 a 16 años

Los distintos alimentos cumplen diferentes tareas en el cuerpo. Las grasas sirven para almacenar energía, como vehículos que transportan las vitaminas solubles en grasa y son partes importantes de las células (p. ej., las biomembranas). Las grasas que no se necesitan para el suministro de energía se almacenan en depósitos y como grasa estructural.

Al hacer ejercicio se consumen primero los hidratos de carbono para el suministro de energía que necesitan los músculos (véase el experimento C1 [Quemar azúcares – La respiración celular y la cadena respiratoria] y/o C2 [Los hidratos de carbono suministran energía al metabolismo – El almidón y el azúcar]), sólo después se recurre a la energía proveniente de las reservas de grasa. ¡Esto sucede sólo después de unos 30 minutos de ejercicio físico! El metabolismo es activado sobre todo cuando hay un esfuerzo ligero de larga duración. Cuanto más intensa la actividad deportiva, tanto mayor será la cobertura energética mediante hidratos de carbono que se pueden consumir más rápidamente. También cuando se lo somete a períodos de hambre o de falta de alimentos, el cuerpo recurre a las reservas de grasa.

Además, las grasas tienen una función de aislamiento del calor, que podemos observar especialmente en especies animales que viven en regiones polares (p. ej., las ballenas y los lobos de mar). Pero también el ser humano dispone de una capa de grasa aisladora debajo de la piel.

La ingesta de grasa en el cuerpo humano pasa por diferentes etapas. Debido a su mala solubilidad en agua se requiere un tratamiento especial para las grasas en el tracto gastrointestinal, a fin de poder aprovecharlas y transformarlas en energía. La digestión de la grasa comienza en el **estómago**. Aquí se mezclan mecánicamente las grasas por el movimiento muscular y se trituran formando gotas de un espesor de 0,5 – 2 µm. Esas gotas pueden ser atacadas por las enzimas que dividen la grasa, las lipasas, y así se desintegra la grasa en sus componentes, los ácidos de grasa de cadena larga y la glicerina. En el estómago se digieren así aprox. 15 – 30% de las grasas. En cuanto el bolo alimentario llega al duodeno, el páncreas asume una función central en el siguiente proceso digestivo: Las lipasas y las sales biliares se activan y hacen que las gotas de grasa se distribuyan de forma más fina formando micelas que son tan pequeñas (como máx. 50 nm) que pasan entre los microvilli o microvellosidades intestinales y se adhieren a las membranas celulares. Las micelas se componen de los primeros productos de la degradación (ácidos grasos, mono y diacilglicerol), sales biliares y otras sustancias similares a las grasas; las partes solubles en agua de las sustancias muestran hacia afuera la fase acuosa (véase la fig. 1). La absorción de ácidos grasos y de los demás productos de la degradación se produce en el **intestino delgado**. Los productos de la degradación y otras sustancias similares a las grasas llegan por la membrana a las células y se unen allí formando triglicéridos. Las grasas así creadas llegan junto con las proteínas de transporte a la circulación sanguínea a través de la linfa. Los ácidos grasos de cadenas cortas o medias son absorbidos directamente en la membrana plasmática y pasan de allí a la sangre de la vena porta.

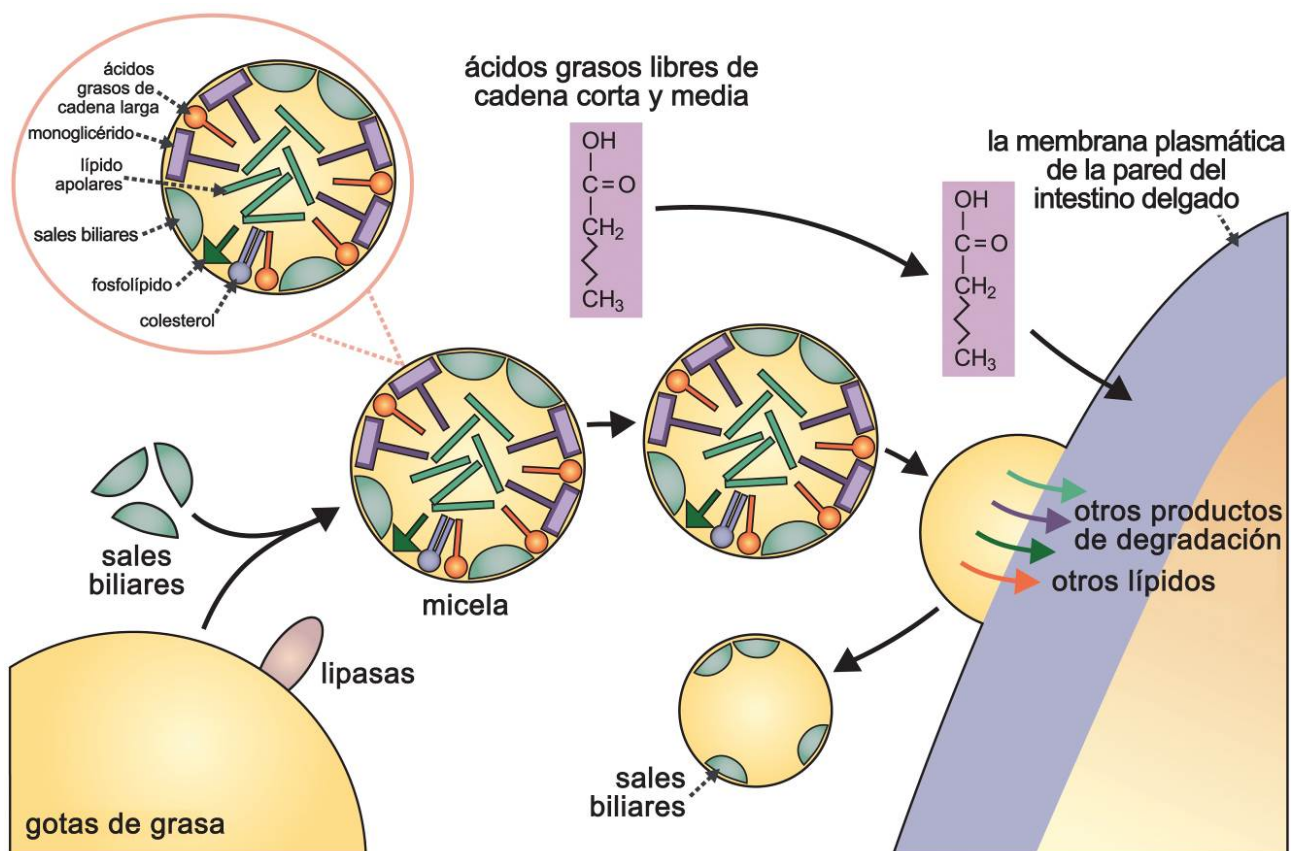


Fig. 1: Absorción de grasas en el intestino delgado.

2.1.2 Examen en profundidad para el grupo de edad 16+

Propiedades y reacciones de las grasas

Las grasas sólidas, las líquidas y el colesterol forman parte de los lípidos. Las grasas se producen por la esterificación de la glicerina, un alcohol trivalente, con ácidos grasos de diferente longitud (entre 12 y 20 átomos de carbono). Se hace una diferenciación entre los ácidos grasos que puede producir el cuerpo humano en base a otras sustancias y los ácidos grasos esenciales que deben ingerirse con los alimentos. A estos pertenecen los que en su estructura de carbono tienen una o más uniones dobles (→ ácidos grasos poliinsaturados). Cuanto mayor la cantidad de grasas no saturadas, tanto más líquida será la grasa. Las grasas que sólo se componen de ácidos grasos saturados son sólidas.

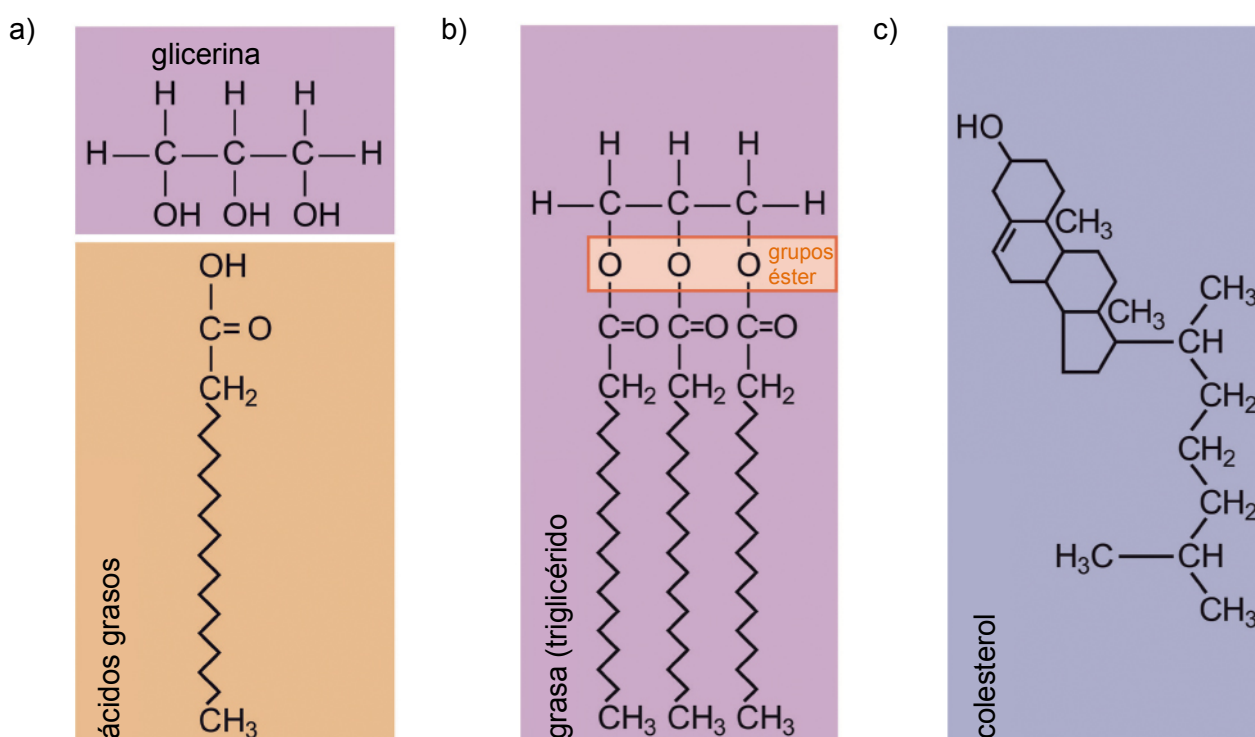


Fig. 2: a) Elementos básicos de las grasas, la glicerina y los ácidos grasos así como dos representantes importantes de los lípidos. b) el triglicérido (90% de las grasas) y c) el colesterol.

Los grupos esterificados de las grasas se pueden separar fácilmente en condiciones ácidas o básicas. Esta reacción se denomina la saponificación de una grasa (véase la fig. 3).

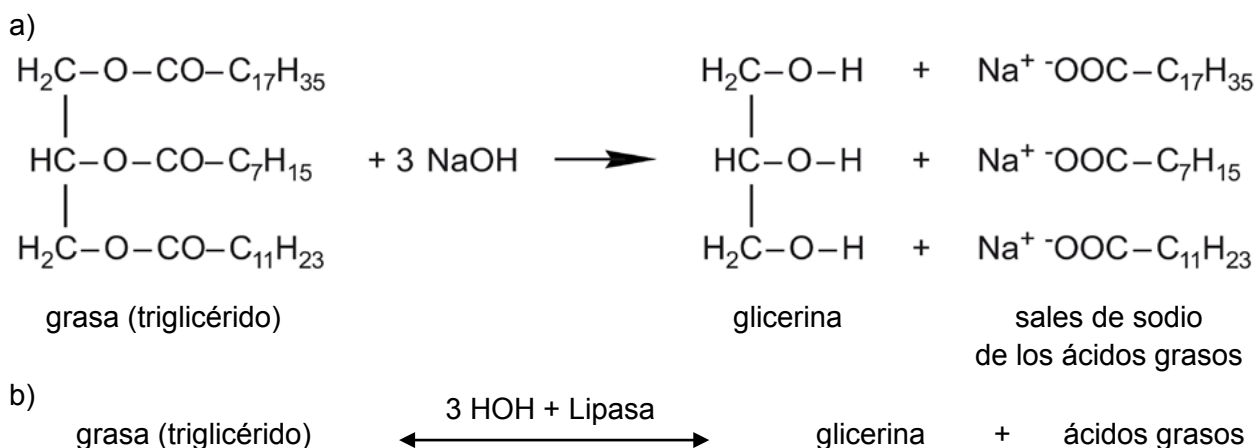


Fig. 3: a) Ejemplo de una hidrólisis básica (la saponificación alcalina) de una grasa.
b) La degradación de grasa en la digestión humana.

La liberación de energía de tejido adiposo en células animales – La oxidación β

Las grasas almacenadas (triglicéridos) en el tejido adiposo se convierten durante la hidrólisis por una lipasa en ácidos grasos y glicerina. Los ácidos grasos libres pasan a la sangre, donde son transportados con las proteínas y transformados en las mitocondrias en **trifosfato de adenosina (ATP)** por la oxidación β . Para ello, los ácidos grasos primero son activados al acoplarse a la coenzima A, consumiendo trifosfato de adenosina. A continuación, se separan en varios pasos las moléculas de acetil CoA: En cada ciclo se crean moléculas de acetil CoA, que se introducen posteriormente en el ciclo de ácido cítrico. La transformación completa de un ácido graso de cadena larga suministra tres o cuatro veces más ATP que la degradación de una molécula de glucosa (véase el experimento C1). La glicerina resultante de la hidrólisis de la grasa tras convertirse en piruvato se introduce también en el ciclo de ácido cítrico.

Mientras que en la hidrólisis de ésteres enzimática se forma el equilibrio entre los eductos y los productos, la saponificación alcalina es irreversible si se añade cloruro de sodio (sal de mesa). Las resultantes sales de sodio de los ácidos grasos se precipitan en forma de jabones poco solubles (jabón de lavar en barra) y así se separan de la reacción equilibrada. Si se realiza la saponificación con potasa cáustica se forman jabones líquidos. (Respecto al efecto de lavado de los jabones y tensioactivos véase también el Experimento C6 [La piel y la higiene – ¿Por qué nos lavamos las manos?]).

2.2 Relevancia en el plan de estudios

En el grupo de edad de 10 a 16 años los aspectos de la biología humana relativos a la alimentación y la digestión están en primer plano. Se puede enseñar el principio de la digestión de grasas en el estómago y el intestino de forma cualitativa, así como hablar sobre los tensioactivos/las sales biliares. Es conveniente activar los conocimientos previos relativos a los órganos del aparato digestivo y en relación con la capacidad de mezclar sustancias polares y no polares.

La química de los hidratos de carbono, sus propiedades y reacciones deberían tratarse en detalle sólo a partir del grupo de edad 16+. Para ello es indispensable tener conocimientos básicos de la química orgánica (los alcanos, las olefinas, los alcoholes, los ésteres, los ácidos carbónicos: su estructura y reacciones, las formas de la isomería). Lo mismo vale para el tratamiento fisiológico del metabolismo al degradar la grasa a nivel celular. El componente multidisciplinar está dado por la importancia de los conceptos químicos mencionados para la aplicación en el contexto biológico de la digestión de grasas.

Temas y terminología: El resto alquilo, el grupo carboxilo, los diacilglicerol, la emulsión, la enzima, la alimentación, la hidrólisis de ésteres, las grasas (los lípidos), los ácidos grasos, la separación de grasas, la sal biliar, la glicerina, hidrófilo, hidrófobo, las lipasas, las micelas, los monoglicéridos, polar, el metabolismo, los tensioactivos, los triglicéridos, no polar, la digestión, la esterificación, la saponificación

2.3 Conocimientos a adquirir

Los alumnos y alumnas ...

- conocen el recorrido de la alimentación por el cuerpo.
- conocen las etapas de la digestión de grasas y pueden explicar los procesos que tienen lugar
- reflexionan sobre su forma de alimentarse y debaten sobre las consecuencias para su salud de un consumo excesivo o deficitario de alimentos.
- entienden la composición y el funcionamiento básico de un tensioactivo y pueden aplicarlo a la digestión de grasas.
- explican la estructura química de las grasas.
- formulan una ecuación de la reacción de la saponificación de grasas.

2.4 El experimento en el contexto explicativo

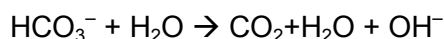
2.4.1 Experimento parcial 1: Cómo emulsionar el aceite

Este experimento parcial anuda con las experiencias cotidianas de los alumnos y alumnas. El que las grasas se mezclan difícilmente con agua lo vieron los alumnos, p. ej., al lavar una sartén grasienta. También el que las grasas se pueden quitar usando detergente es un fenómeno que conocen. Así, al experimentar en torno a estos fenómenos es posible abordar los principios químicos de la miscibilidad de las sustancias, al tiempo que se plantea explícitamente el tema del funcionamiento de los tensioactivos.

2.4.2 Experimento parcial 2: La saponificación del aceite comestible

Este experimento parcial muestra la saponificación del aceite comestible. Este proceso de saponificación tiene lugar en varios pasos.

El carbonato de sodio se disuelve en agua produciendo calor. Se produce una reacción entre ácidos y bases con el solvente formando carbonato de hidrógeno e iones de hidróxido:



De esta forma se crea una solución muy básica. Los iones de hidróxido de esta solución se unen a los ésteres del aceite comestible y provocan la hidrólisis. De ello resultan glicerina e iones de carboxilato según lo expuesto en la fig. 3. El cloruro de sodio añadido a la solución aumenta la concentración de sodio de forma que se supere el producto de solubilidad de los jabones de soda. (Dicho de forma más sencilla: Dado que ya hay tantos iones de sodio en la solución acuosa por la sal de mesa, la sal sódica de los ácidos grasos ya no se puede disolver).

Atención: En este experimento se puede reconocer claramente la formación de jabón de lavar en la diferencia de consistencia, muy visible, del aceite transparente y ligeramente líquido del jabón opaco y espeso. Dado que el jabón de lavar permanece líquido un tiempo relativamente largo en estado caliente, hay que esperar bastante rato hasta que se produce la precipitación del jabón sólido.

2.5 Variantes de ejecución

Los experimentos de emulgación y saponificación del aceite comestible no requieren mucho material o tiempo y pueden ser integrados en las unidades lectivas como experimentos para alumnos de forma individual o de a dos. Debido a la complejidad de la temática de la alimentación, la digestión y el metabolismo celular, es conveniente aplicar diferentes métodos didácticos para motivar a los alumnos, dado que junto al planteamiento experimental brindan otros materiales a modo de información de fondo. Este tipo de trabajos pueden consistir, p. ej., en aprender por etapas o realizar el *puzzle* o rompecabezas de grupo. Estos métodos son adecuados, asimismo, para poder tener en cuenta el ritmo individual de aprendizaje y avance de los alumnos y alumnas.

3 Informaciones adicionales sobre el experimento

Para preparar y/o profundizar este experimento encontrará información complementaria en el Portal de Medios de la Siemens Stiftung:

<https://medienportal.siemens-stiftung.org>

4 Observaciones sobre la realización del experimento

4.1 Lugar en el que se realiza el experimento

Los alumnos y alumnas pueden realizar de forma autónoma los experimentos bajo la vigilancia del profesor o de la profesora en un aula de clase bien ventilada.

4.2 Tiempo necesario

	Preparación	Realización	Evaluación
Experimento parcial 1	5 min.	3 min.	5 min.
Experimento parcial 2	5 min.	25 min.	7 min.

4.3 Advertencias de seguridad

Los experimentos sólo pueden ser realizados bajo la vigilancia del profesor o de la profesora. Hay que advertir a los alumnos y alumnas que los materiales suministrados sólo se deben utilizar siguiendo las instrucciones correspondientes.

En estos experimentos tenga en cuenta los siguientes peligros y llame la atención de los alumnos y alumnas a este respecto:

- Hay peligro de quemaduras y de incendio al trabajar con fuego y lejía caliente. Antes de utilizar los encendedores por primera vez el profesor o la profesora tiene que controlar que funcionen bien, especialmente para regular la altura de la llama.
- Procure que los materiales y aparatos sensibles al agua no se dañen.
- ¡Prohíba que los alumnos y alumnas jueguen con el fuego! El recipiente de aluminio puede ser utilizado como base refractaria.
- En este experimento los alumnos y alumnas deben llevar gafas de protección. Indique a los alumnos y alumnas las medidas de primeros auxilios en caso de que el carbonato de sodio les salpique los ojos o la piel.

Según la normativa internacional GHS sobre sustancias peligrosas: "Atención"



Indicaciones de peligro H: H319
Indicaciones P: P260, P305, P351, P338

4.4 Aparatos y materiales

A adquirir o preparar previamente:

- agua corriente de la llave
- por grupo de alumnos: un encendedor (de ser posible un encendedor de cocina) o fósforos.

Incluido en el suministro:

Los aparatos y materiales entregados son suficientes para que **ocho** grupos de alumnos realicen el experimento en paralelo.

Los materiales y aparatos importantes para la seguridad deben ser controlados antes de entregárselos a los alumnos y alumnas para comprobar que funcionen correctamente.

Para **un** grupo de alumnos se requieren los siguientes materiales de la caja:

material	cantidad
aceite comestible ("vegetal"), frasco	1x
barrita de medición del pH, paquete	1x para toda la clase
clip para plantas (para fijar el tubo de ensayo)	1x
cuchara de café	1x
detergente, un bote	1x
gafas protectoras	1x*
gancho para tubo de ensayo de madera	1x
jabón (carbonato de sodio), paquete	1x para toda la clase
perlas para regular la ebullición, un frasquito	1x
recipiente de aluminio	1x
sal de mesa, caja	1x para toda la clase
tapón para tubos de ensayo	1x
tubo de ensayo de vidrio, 13 cm	2x
vaso de plástico (transparente), 500 ml	1x
velita de té	1x

*En total se suministran 16 gafas protectoras para todos los alumnos y alumnas en todos los grupos. Si participaran más alumnos y alumnas en los experimentos, si hace falta hay que conseguir gafas protectoras de la escuela.



Fig. 4: Aparatos y materiales incluidos en el suministro para un grupo de alumnos.

4.5 Poner orden, eliminar residuos, reciclar

Todos los aparatos y casi todos los materiales suministrados en la caja se pueden reutilizar. Por ello debería asegurarse de que al concluir cada experimento coloquen todo nuevamente en la caja correspondiente. Así estará seguro de que Ud. y sus compañeros de trabajo encuentren todo rápidamente cuando lo quieran volver a utilizar.

Los aparatos que se hayan ensuciado al realizar los experimentos, como, p. ej., vasos, recipientes, cucharas, tubos de ensayo, deberían ser limpiados antes de colocarlos en las cajas. Lo más fácil es que los alumnos y alumnas se ocupen de hacerlo al finalizar el experimento.

Además, asegúrese de que los aparatos estén listos para ser utilizados en la próxima ocasión. Por ejemplo, hay que poner a cargar las pilas usadas (También es recomendable cuando no se han usado las pilas desde hace tiempo.).

Los materiales no reciclables como, p. ej., los palitos de medición del valor pH o el papel de filtro, deben ser tirados a la basura correcta.

Los residuos resultantes de este experimento se pueden tirar a la basura normal o por el desagüe.