

## C2 Los hidratos de carbono como suministradores de energía para el metabolismo – El almidón y el azúcar

Este experimento sirve para introducir el bloque temático de la digestión y el metabolismo en el cuerpo humano. Es posible abordar de forma cualitativa el tema de la digestión en el grupo de edad hasta los 16 años. Sin embargo, para ahondar en el tema del metabolismo se requieren conocimientos básicos de Química orgánica y Bioquímica, que sólo pueden darse por sentados o captarse a partir del grupo de edad 16+. El material suministrado alcanza para que experimenten ocho grupos de alumnos al mismo tiempo.

### 1 Pregunta central

Con esta serie de experimentos, los alumnos y alumnas abordan el tema del metabolismo de los hidratos de carbono en el cuerpo humano. Al respecto se muestra que muchos de nuestros alimentos contienen hidratos de carbono en forma de almidón, sacarosa y glucosa. Además, se abordan los temas relativos a la fusión enzimática y los procesos de degradación posterior de los polisacáridos. Esto permite anudar con los procesos de combustión del experimento C1 (Quemar azúcares – La respiración celular y la cadena respiratoria). Dichos procesos se plantean desde la perspectiva del azúcar, el sustrato que se pretende oxidar. Para profundizar en los fenómenos conocidos es posible tratar la estructura química de los monosacáridos y polisacáridos así como sus reacciones químicas: La oxidación del grupo aldehído, la formación de semiacetales en el paso de las cadenas en la forma circular así como la formación de acetales en la condensación de moléculas de glucosa y/o la hidrólisis (enzimática) como reacción inversa.

Los alumnos y alumnas conocen de forma metódica las reacciones que permiten comprobar la presencia de hidratos de carbono así como el principio de las reacciones con catalizador.

### 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 sobre lo que deben comer para permanecer activos: Los alimentos suministran la energía necesaria para la vida. Los alumnos y alumnas ya conocen los principales componentes de la alimentación – los azúcares, las grasas y las proteínas – y pueden preparar con ellos una comida sana y equilibrada, p. ej., para el desayuno. Sobre esta base, la idea en clase consiste en establecer relaciones entre los temas de la alimentación, el transporte de sustancias, la respiración y la transformación de la energía. ¿Qué tienen que ver la respiración y la circulación con la alimentación? La relación existente entre la absorción, el transporte y la eliminación de sustancias y energía debería plantearse explícitamente al tratar los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas y la digestión de estos alimentos en detalle.

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

Los distintos alimentos cumplen diferentes tareas en el cuerpo. Los **hidratos de carbono** suministran principalmente energía para poder mantener el trabajo de los músculos, las tareas de todos los órganos del cuerpo y el calor corporal.

**Desde el pan integral a la glucosa: La digestión de los hidratos de carbono empieza en la boca.** Los nutrientes contenidos en los alimentos no pasan directamente al metabolismo, por lo que se requieren varias etapas en la transformación de la materia. Al hablar de digestión se hace referencia a la descomposición de los alimentos y la absorción posterior de los nutrientes. Los primeros pasos de la digestión tienen lugar ya en la cavidad bucal. Mientras que con los dientes se trituran los alimentos de forma mecánica, las glándulas salivales producen saliva que vierten en la cavidad bucal. Dicha saliva cumple dos funciones fundamentales: Por un lado la secreción de la mucosidad contenida en la saliva hace que el bolo alimenticio se pueda tragar, por otro lado contiene la enzima amilasa, que actúa en la molécula de almidón en forma de cadena (véase la figura 4) y en una reacción inversa a la de la condensación degrada esa cadena en pequeñas unidades hasta la maltosa (→ la hidrólisis del almidón). Este fenómeno lo pueden experimentar los alumnos y alumnas masticando durante un buen rato un pedazo de pan (véase el experimento parcial 2). El bolo alimentario pasa a través del esófago al estómago (véase el experimento C4 [El valor pH-de las bebidas – ¿Cuán ácido es el estómago?]). En el estómago la enzima contenida en la saliva que causa la separación del almidón es desactivada por los ácidos gástricos (véase también en el punto 2.5. las variantes de ejecución). Aquí tienen que actuar ahora otras enzimas y otros mecanismos. Un buen ejemplo ilustrativo para los alumnos y alumnas es que las enzimas digestivas sólo pueden actuar con ciertos valores pH.

**Los hidratos de carbono pasan del intestino a la sangre.** Desde el estómago las porciones de la alimentación pasan al intestino delgado al contraerse los músculos de la pared estomacal. Estos diferentes tramos del intestino delgado (p. ej., el duodeno) garantizan una trituración máxima de la materia contenida en los alimentos y la reabsorción de las moléculas de glucosa. Para ello la maltosa debe ser desintegrada por otras enzimas del intestino en moléculas de glucosa (→ la hidrólisis). La glucosa es absorbida por las células intestinales por el transporte activo y son difundidas de ahí a la sangre de la vena porta hepática. De allí la glucosa es transportada a las células de consumo (p. ej., las células musculares) y se produce la oxidación en el proceso de respiración celular (glucólisis, ciclo de ácido cítrico), transformándose en agua y dióxido de carbono (véase el experimento C1 [Quemar azúcares – La respiración celular y la cadena respiratoria]). Estos procesos de oxidación suministran trifosfato de adenosina (ATP), almacenando la energía que se utiliza en el metabolismo de forma química y universal. También otros disacáridos como la sacarosa son desintegrados en el intestino por las enzimas correspondientes en monosacáridos. Si se ingieren demasiados hidratos de carbono con la alimentación la glucosa restante es convertida por el hígado en grasas y se guarda en el cuerpo como reserva. En caso de que se produzca un desequilibrio a largo plazo entre la energía entrante y la necesaria esto lleva a la obesidad. Al pasar los alimentos que no se pueden utilizar por el intestino grueso, se les quita el agua y las sales minerales, de forma que el bolo alimenticio se espesa y abandona el cuerpo pasando por el recto y el ano.

### 2.1.2 Examen en profundidad para el grupo de edad 16+

Los hidratos de carbono se pueden dividir según su composición química en monosacáridos, disacáridos y polisacáridos (el azúcar simple, dos o varios azúcares). Los monosacáridos pueden ser considerados como productos de oxidación de alcoholes polivalentes. Se componen de una cadena carbonada de tres a seis átomos de carbono y llevan un grupo de aldehídos o cetonas, que determinan sus reacciones químicas. Los demás átomos de carbono llevan grupos hidroxilos.

La glucosa es especialmente importante como sustrato para el metabolismo celular (véase el experimento C1). Puede aparecer en forma de cadenas o anillos, ambas formas se pueden pasar mutuamente (formación de hemiacetal, véase la figura 2) y están presentes en una solución acuosa con poca encadenación.

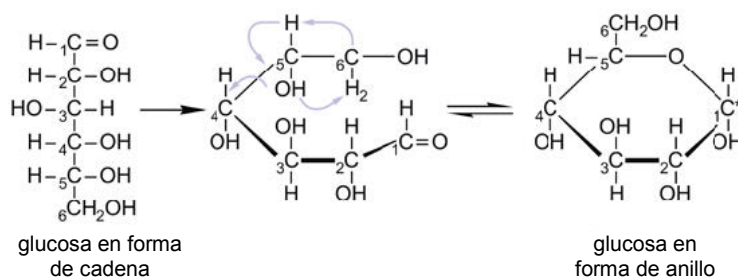
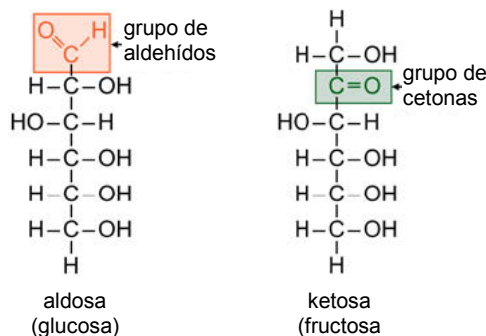


Fig. 1: La glucosa y la fructosa como ejemplos de los monosacáridos.

Fig. 2: Ciclización en la molécula de glucosa (formación de hemiacetales).

Los disacáridos se forman por la unión de dos unidades de monosacáridos. En este proceso reacciona un grupo hidroxilo con el grupo hemiacetal separando el agua (formación de acetales). Esta reacción se muestra en el ejemplo de la unión de glucosa y fructosa en la figura 3, se forma sacarosa, el azúcar común que conocemos de nuestras casas.

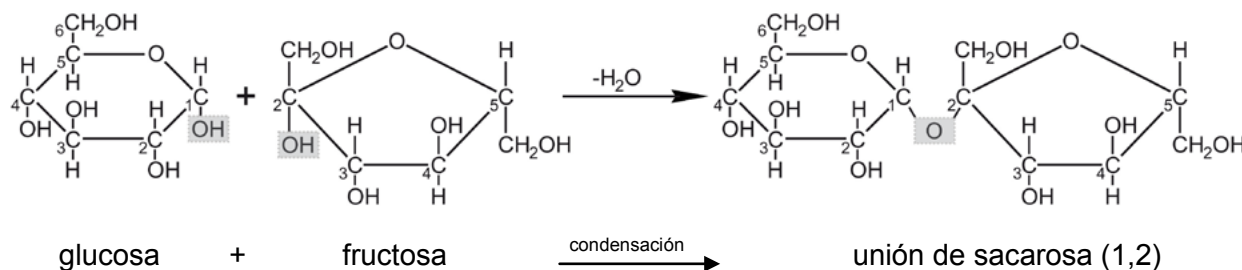


Fig. 3: La glucosa y la fructosa hacen una reacción química transformándose en sacarosa.

Si se unen dos moléculas de glucosa con separación de agua formando un disacárido se forma maltosa.

Un representante importante de los polisacáridos vegetales es el almidón (véase la figura 4). Se compone de restos de glucosa anudados entre sí. De ellos aprox. un 25% es almidón soluble (amilosa). La amilosa forma largas cadenas que se enroscan formando una hélice  $\alpha$ . En cambio, la parte insoluble (la amilopectina, aprox. el 75%) está ramificada con enlaces adicionales entre cadenas más cortas. La estructura del glucógeno, un hidrato de carbono de almacenamiento de energía animal, es parecida a la de la amilopectina. Se puede comprobar específicamente el almidón (la amilosa) con ayuda de yodo. El yodo se almacena en el interior de la hélice  $\alpha$  de la molécula de almidón. De esta forma se crea un compuesto complejo que en función de la concentración de yodo se caracteriza por su color azulvioláceo hasta negro.

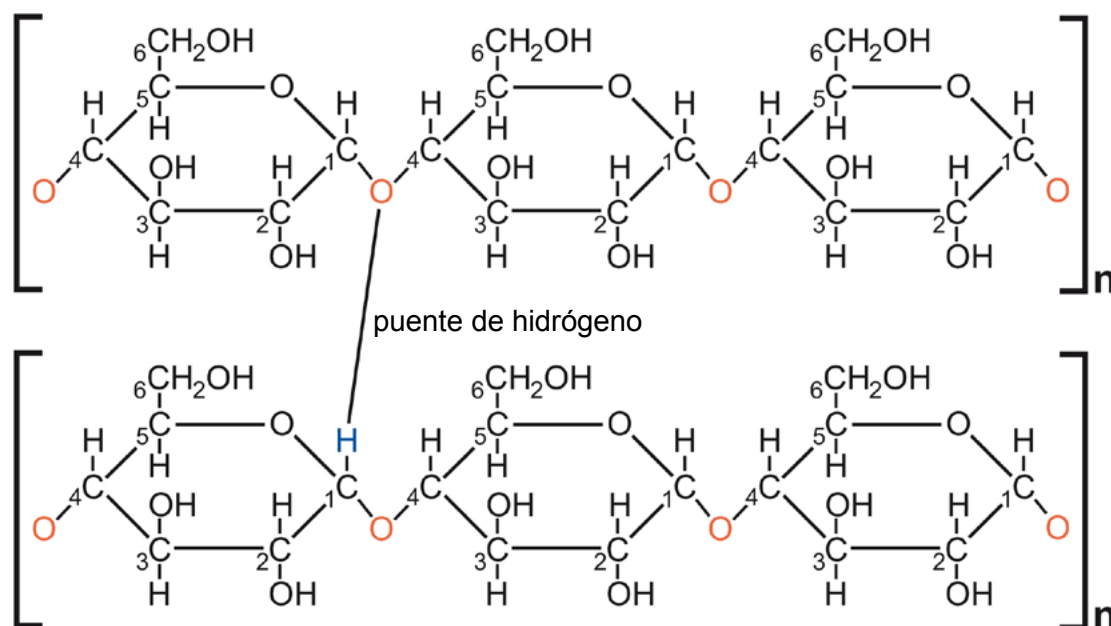


Fig. 4: Extracto de una molécula de almidón.

Para ahondar en la fisiología del metabolismo se pueden tratar las reacciones enzimáticas (p. ej., de la amilasa) con su cinética. Otro tema para el grupo de 16 a 18 años es la fisiología de las membranas. El transporte de glucosa en el lumen intestinal es un ejemplo adecuado para explicar el transporte secundario activo.

## 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. La obtención y la comprobación del almidón, p. ej., de la papa, pueden ser experimentos de calidad que se pueden realizar en este contexto. Lo mismo vale para la combustión del azúcar con catalizadores, que permite explicar el principio de la respiración celular y la transformación de la energía (véase también el experimento C1). Aquí es recomendable activar los conocimientos previos relativos a los procesos sencillos de combustión (la vela, la combustión de azúcar con y sin catalizador).

La química de los hidratos de carbono debería tratarse en detalle sólo a partir del grupo de edad 16+. A este ámbito pertenecen la estructura y las reacciones de los hidratos de carbono así como el debate sobre las reacciones que permiten realizar comprobaciones a nivel molecular. Es indispensable tener conocimientos básicos de química orgánica (los alcoholes, los aldehídos, las cetonas: su estructura y reacciones, las formas de la isomería). Los aspectos multidisciplinares están dados de esta manera por la oxidación y la reducción de hidratos de carbono en el contexto biológico de la respiración celular.

**Temas y terminología:** La formación de (hemi)acetales, el aldehído, los monosacáridos, la transformación de la energía, la enzima amilasa, la glucosa, la hidrólisis, la isomería, la catálisis, la cetona, la forma en cadena o anillo de las moléculas, el hidrato de carbono, los polisacáridos, la oxidación, la absorción, la sacarosa, el almidón, el metabolismo, los enlaces por puente de hidrógeno, el azúcar, los disacáridos

## 2.3 Conocimientos a adquirir

Los alumnos y alumnas ...

- conocen los elementos que constituyen la base de la alimentación y saben en qué alimentos están contenidos.
- conocen cómo pasa la alimentación por el cuerpo.
- pueden realizar reacciones para comprobar la presencia de hidratos de carbono y explicar los fenómenos que han observado.
- pueden explicar con términos especializados cómo es la estructura de los hidratos de carbono (si hace falta con fórmulas estructurales y ecuaciones de las reacciones).
- pueden captar principios básicos de la transformación de la energía por el catabolismo.
- pueden transferir el principio de la combustión del azúcar a los procesos del metabolismo.

## 2.4 El experimento en el contexto explicativo

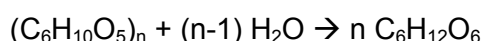
### 2.4.1 Experimento parcial 1: Las papas contienen almidón

Este experimento optativo sirve como paso previo al aprendizaje de que los hidratos de carbono como el almidón son una parte fundamental de muchos alimentos.

### 2.4.2 Experimento parcial 2: La hidrólisis del almidón

Este experimento muestra por un lado la presencia del almidón y, por el otro, la hidrólisis enzimática de la parte soluble del almidón, la amilosa, mediante la enzima amilasa en la saliva humana. La prueba se obtiene a partir del almacenamiento de iones de poliyoduro de la solución yodada en la cadena de amilosa en forma de espiral (véase arriba). De esta forma se produce el color violeta característico de la solución.

La amilasa de la saliva actúa como endoamilasa o amilasa  $\alpha$  en cualquier parte de la cadena:



**Advertencia importante:** La tintura de yodo (marrón) contiene demasiado yodo no disuelto. Como consecuencia del exceso de yodo se tiñe la mayor parte del almidón de negro y una pequeña parte de azul. La parte del almidón de color azulado forma conjuntamente con la solución restante de yodo de color marrón un color grisáceo verdoso de la fase acuosa.

También hay problemas si la solución de almidón contiene demasiado almidón. En ese caso, la saliva no transforma todo el almidón en glucosa. Al añadir yodo se tiñe de azul o surge una mezcla de los colores gris y verde.



Fig. 5: Demasiado yodo y/o almidón.



Fig. 6: Esta es la concentración correcta de almidón y yodo. Ya una pequeña gota de solución yodada diluida provoca la primera coloración azul.

Por este motivo, se recomienda que el profesor o la profesora elabore la solución exactamente dosificada de almidón (véase el punto 4.4 Aparatos y materiales).

Si se han separado todas las moléculas de almidón formando moléculas de glucosa, se podría comprobar la presencia de glucosa, p. ej., haciendo la prueba Fehling (aquí no está previsto hacerlo).

## 2.5 Variantes de ejecución

Los experimentos de demostración e hidrólisis del almidón 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. Se puede omitir el experimento parcial 1 en caso de no disponer del material adecuado (la papa, el pan, la yuca o mandioca o algo similar). 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.

En caso de contar con las sustancias químicas necesarias es posible hacer un experimento adicional para desactivar la amilasa:

- Llenen dos tubos de ensayo cada uno con 3 ml de solución de almidón.
- Introduzcan en el primer tubo de ensayo algunas gotas de ácido (p. ej., ácido cítrico).
- Pongan en el segundo tubo de ensayo algunas gotas de solución de sulfato de cobre.
- Añadan a ambos tubos de ensayo algo de saliva.
- Agiten ambos tubos de ensayo y esperen unos 15 minutos.
- Ahora añadan a ambos tubos de ensayo la misma cantidad de solución yodada diluida, como en los experimentos anteriores.

### Optativo: Otras posibilidades de experimentación relativas al experimento parcial 1

De forma optativa puede aislarse el almidón de las papas. Véanse al respecto las instrucciones en el punto 3 “Informaciones adicionales sobre el experimento”.

### Experimento complementario sobre la combustión de azúcar:

El experimento parcial “Quemar azúcares” del experimento C1 muestra por un lado que es posible oxidar (quemar) el azúcar y, por el otro, que para ello se requiere un catalizador. Los alumnos y alumnas intentan primero prender un poco de azúcar sin éxito. Después prenden en el recipiente de una velita de té un terrón de azúcar sobre el que echaron antes algo de ceniza de papel. Se sostiene durante algunos segundos un tubo de ensayo sobre la llama. Esto permite sacar la conclusión que la combustión de azúcar requiere un catalizador. Esto puede servir de punto de partida para hablar sobre los procesos enzimáticos en el metabolismo humano.

## 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.	10 min.	7 min.
Experimento parcial 2	5 min.	10 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:

- Asegúrese de que no pueden producirse desperfectos en materiales y aparatos sensibles al agua.
- Hay peligro de quemaduras y de incendio al trabajar con fuego. Antes de utilizar por primera vez los encendedores el profesor o la profesora tiene que controlar que funcionen bien, especialmente para regular la altura de la llama.
- Si utilizan mesas no resistentes a sustancias químicas es conveniente poner un cartón o papel de diario para evitar que se manche con el yodo.
- El yodo sólo es tóxico para el cuerpo humano si se ingiere (aspira o si entra en contacto con la piel) en grandes cantidades. En pequeñas cantidades sigue utilizándose como desinfectante en la Medicina. ¡En todo caso, las personas alérgicas deberían evitar que entre en contacto con la piel!

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



Indicaciones de peligro H: H332, H312, H400  
Indicaciones P: P273, P302, P352

## 4.4 Aparatos y materiales

### A adquirir o preparar previamente:

- Verdura o alimentos que contengan hidratos de carbono como, p. ej., papas, yuca o mandioca, pan blanco.
- 1 cuchillo
- agua de la llave, si hace falta, agua destilada
- papel de periódico o cartón para proteger la mesa
- por grupo de alumnos: un encendedor (de ser posible un encendedor de llama) o fósforos.
- Para hacer una solución de almidón de 0,1% el profesor debe:  
calentar 0,1 g de almidón (aprox. el volumen de un guisante) se suspenden en 100 ml de agua destilada y se calienta hasta que hierva. La solución clara debería enfriar a temperatura ambiente antes de utilizarla.

### Incluido en el suministro:

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

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

material	cantidad
almidón ("fécula de papa")*	1x
clip para plantas (para fijar el tubo de ensayo)	1x
cuchara de café	1x
gancho para tubo de ensayo de madera	1x
tapón para tubos de ensayo	1x
tintura de yodo (solución de yodo/yoduro de potasio), frasco cuentagotas	2x para toda la clase
tubo de ensayo de vidrio, 13 cm	2x
vaso de plástico (transparente), 500 ml	2x
vaso de plástico, 100 ml	1x
velita de té	1x

\*Es conveniente que el profesor prepare la solución de almidón cocido de 0,1% requerida para el experimento, dado que se ha demostrado en la práctica que es demasiado difícil para los alumnos y alumnas.





Fig. 7: 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.

**Excepción:** Si bien las cantidades del yodo utilizado en el experimento son insignificantes, los restos del experimento de la hidrólisis del almidón deberían tirarse en la basura química anorgánica.