

MÓDULO 18

¿Qué aprenderé en el presente módulo?

El objetivo de este módulo es estudiar aquellas transformaciones que se acompañan de liberación o de absorción de energía.

La **termoquímica** estudia aquellas transformaciones que se acompañan de liberación o de absorción de calor.

El **calor**, es la energía transferida, a través de paredes conductoras, entre un sistema y su ambiente (o entre sistemas en contacto) cuando sus **temperaturas son diferentes**. Es un **mecanismo de intercambio de energía**.

Calor se simboliza con la letra **Q**. La **unidad** en el sistema internacional de unidades para calor es **Joule** y se simboliza con la letra **J**. En termoquímica es frecuente expresar el calor en kilojoules (kJ). Cotidianamente es común usar otra unidad del calor, la caloría (cal).

Equivalencias: 1kJ – 1000 J 1kcal – 1000 cal 1 cal – 4,18 J



Como puedes observar en la imagen anterior, si un sistema se encuentra a **mayor temperatura** que el **ambiente**, la energía en forma de calor se transfiere desde el **sistema hacia el ambiente**. Por el contrario si la temperatura del sistema es **menor que la del ambiente**, la energía en forma de calor se transfiere **desde el ambiente hacia el sistema**.

Es posible determinar si un sistema gana o pierde energía en forma de calor según se produzca en el ambiente o entorno una **disminución o aumento de temperatura** respectivamente.

Clasificación termoquímica de las reacciones

Las reacciones químicas que ocurren con la liberación de energía se denominan **exotérmicas**, mientras que las que ocurren con la absorción de energía se denominan **endotérmicas**.

Por ejemplo cuando encendemos la estufa, se libera energía proveniente de la combustión de la leña, es por lo tanto un proceso exotérmico. Mientras que para cocinar un alimento se absorbe energía, siendo un proceso endotérmico.



Interpretación de las transferencias de energía

En termoquímica se identifica el calor liberado o absorbido a presión constante con la variación de una propiedad del sistema, llamada **entalpía**, que se simboliza con la letra **H**. El cambio de entalpía de un sistema durante una reacción química es igual al calor liberado o absorbido a **presión constante**.

La entalpía de un sistema **disminuye** si durante una transformación a presión constante se **libera Q**. La entalpía de un sistema **aumenta** si durante una transformación a presión constante se **absorbe Q**.

La **variación de entalpía** se determina: $\Delta H = H \text{ final} - H \text{ inicial}$

- En un proceso **exotérmico** ΔH es **menor a cero**. $\Delta H < 0$
- En un proceso **endotérmico** ΔH es **mayor a cero**. $\Delta H > 0$

Por ejemplo:

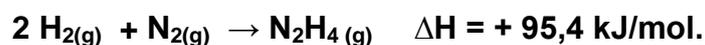
1. La combustión completa del metano, se puede representar por la siguiente ecuación termoquímica:



> Procesos exotérmicos y endotérmicos

Esto significa que por cada mol de metano (CH_4) que se quema se liberan 890,4 kJ. Es un proceso **exotérmico**.

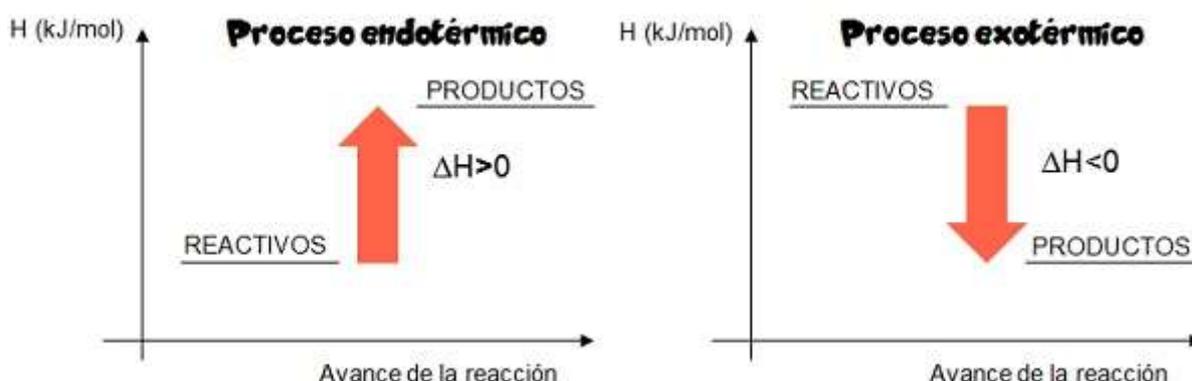
2. La formación de la hidracina se puede representar por la siguiente ecuación termoquímica:



Esto significa que por cada mol de hidracina (N_2H_4) formada se absorben 95,4 kJ. Es un proceso **endotérmico**.

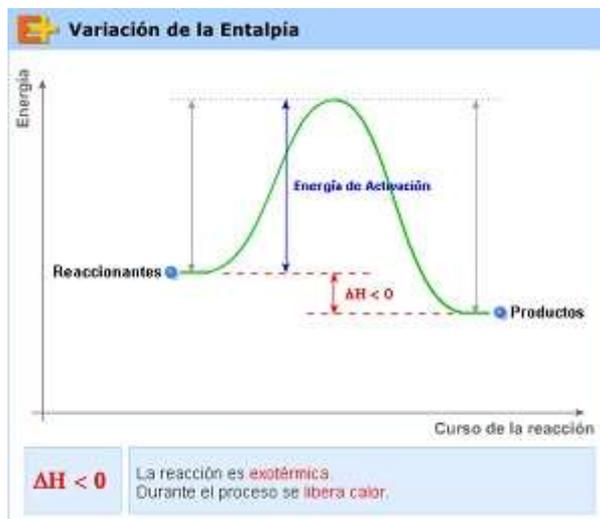
Diagrama entálpico

En termoquímica se denomina diagrama entálpico a la **gráfica** que permite representar los cambios de entalpía en las reacciones químicas. Un diagrama entálpico se construye en un par de ejes cartesianos; en el eje de las ordenadas se representa la entalpía (H) y en el de las abscisas el avance de la reacción. Los siguientes diagramas entálpicos representan de forma genérica un proceso endotérmico y uno exotérmico.



Material extraído y adaptado de: Saravia, G., Seguro, B., Franco, M. y Nassi, M. (2012) Todo se transforma. Química- 4º Año (1º BD). Montevideo, Uruguay: Contexto

Repasando diagrama entálpico:



Con la ayuda del siguiente [simulador](#) repasa las diferencias entre los diagramas entálpicos de los procesos exotérmicos y endotérmicos.

Haz clic en la palabra reaccionantes y/o en productos, arrástralos cambiando su posición en el diagrama.

Escribe un breve párrafo que resuma lo que observas al modificar la energía (entalpía) de los reactivos y los productos.

Cuestionario: Repasando procesos endotérmicos y exotérmicos

1. Se tiene una taza de té cuyo contenido está a 75,0 °C y la temperatura del ambiente es de 11,0 °C. ¿Cuál de las siguientes opciones es la correcta?

Seleccione una:

- a. Como el sistema (taza de té) se encuentra a menor temperatura que el ambiente, la energía en forma de calor se va a transferir desde el sistema hacia el ambiente.
- b. No hay intercambio de energía en forma de calor porque ambos se encuentran en equilibrio térmico.
- c. Como el sistema (taza de té) se encuentra a mayor temperatura que el ambiente, la energía en forma de calor se va a transferir desde el ambiente hacia el sistema.
- d. Como el sistema (taza de té) se encuentra a menor temperatura que el ambiente, la energía en forma de calor se va a transferir desde el ambiente hacia el sistema.



> Procesos exotérmicos y endotérmicos

e. Como el sistema (taza de té) se encuentra a mayor temperatura que el ambiente, la energía en forma de calor se va a transferir desde el sistema hacia el ambiente.

2. Une los siguientes conceptos con la opción correcta.

- a. Entre 2 sistemas en contacto hay transferencia de energía en forma de calor cuando: mayor a cero.
 es igual a cero.
- b. En un proceso exotérmico la variación de entalpía es: es menor a cero.
 ambos están a la misma temperatura.
- c. En un proceso endotérmico la variación de entalpía es: ambos están a diferente temperatura.

3. La energía liberada por un sistema hacia el ambiente es 395 cal. Su equivalencia en Joule es:

Seleccione una:

- a. 1651,1 J
 b. 3950 J
 c. 395 J
 d. 94,5 J
 e. 165,11 J

4. Selecciona de la siguiente lista ejemplos de procesos exotérmicos. Seleccione una o más de una:

- a. Solidificación del agua
 b. Evaporación del alcohol
 c. Disolución de una pastilla de menta en la boca
 d. Leña encendida
 e. Estufa a supergas encendida
 f. Fusión del agua

> Procesos exotérmicos y endotérmicos

5. Cuando se quema un mol de metano se liberan 74,85 kJ de energía. Seleccione una:

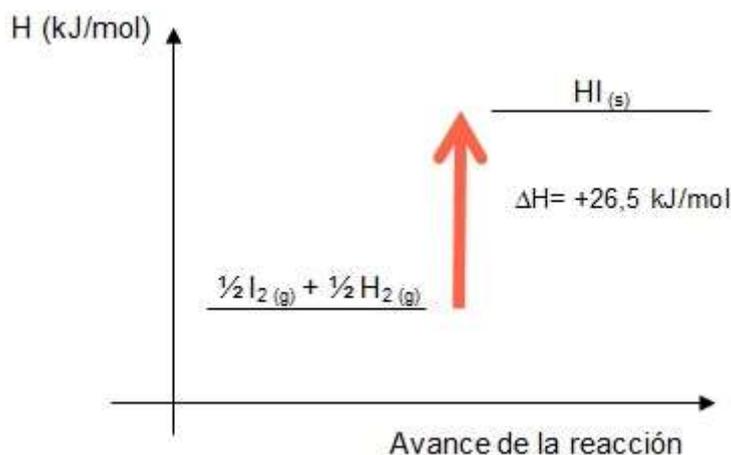
- 1. El proceso es endotérmico.
- 2. El proceso es exotérmico.
- 3. Ninguna de las anteriores.

6. En la combustión completa del etano se liberan 84,7 kJ/mol de energía. Si se queman 2,5 mol de etano, la energía liberada es:

Seleccione una:

- a. 84,7 kJ
- b. 211,75 kcal
- c. 300,5 kJ
- d. 211,75 kJ
- e. 169,4 kJ

7. A partir del siguiente diagrama entálpico selecciona las opciones correctas.



Seleccione una o más de una:

- a. Representa un proceso exotérmico.
- b. Está ocurriendo un cambio físico.
- c. El producto es el HI sólido.
- d. Para formarse un mol de HI sólido se deberán absorber 26,5 kJ.
- e. Los productos son el I_2 gaseoso y el H_2 gaseoso.
- f. El reactivo es el HI sólido.



> Procesos exotérmicos y endotérmicos

- g. Representa un proceso endotérmico.
 - h. Los reactivos son el I_2 gaseoso y el H_2 gaseoso.
 - i. Para formarse un mol de HI sólido se deberán liberar 26,5 kJ.
 - j. Está ocurriendo un cambio químico.
8. Observa el siguiente [vídeo](#) y luego completa las opciones:
- La temperatura inicial es de
 - La disolución es un cambio
 - Se disuelve en agua una sal llamada
 - Al ocurrir la disolución, el agua colocada entre el vaso de bohemia y la caja de petri
 - Se observa un proceso
 - La temperatura final es de
9. Observa el siguiente [vídeo](#) publicitario de cappuccino autocalentable, y selecciona las opciones correctas:
Seleccione una o más de una:
- a. La temperatura final alcanzada por el cappuccino será de 40,0 °C.
 - b. Se debe esperar 3 minutos para que todo el cappuccino aumente su temperatura.
 - c. La variación de la temperatura del cappuccino será de 40,0 °C.
 - d. El proceso químico que ocurre dentro del envase absorbe energía que es absorbida por el cappuccino.
 - e. Se debe esperar 1 minuto para que todo el cappuccino aumente su temperatura.
 - f. El proceso químico que ocurre dentro del envase libera energía que es absorbida por el cappuccino.
 - g. Se debe agitar el sistema para evitar diferencias de temperatura en el cappuccino.



Para continuar aplicando los conceptos

1. Las bolsas de "calor instantáneo" tienen una aplicación terapéutica, suelen usarse en actividades deportivas. También se utilizan en masaje terapéutico o deportivo ya que su acción calorífica relaja los músculos y disminuye las tensiones. Cuando se golpea la bolsa de "calor instantáneo" el cloruro de calcio se disuelve en el agua y en este caso se **desprende gran cantidad de calor**, donde se puede alcanzar una temperatura cercana a 55 °C. La entalpía para la disolución del cloruro de calcio (CaCl_2) en el agua es de -2,64 kJ/mol.

- a) ¿Por qué sentimos "calor" al utilizar una bolsa de "calor instantáneo"?
- b) ¿Qué cantidad de calor se libera si en una bolsa se colocan 35 gramos de cloruro de calcio?

2. Nombra procesos endotérmicos y exotérmicos en los que te ves involucrado.

3. Frecuentemente las bolsas de "frío instantáneo" que se utiliza en el tratamiento de lesiones, contiene agua y una sal llamada nitrato de amonio. Al ponerse en contacto, estas dos sustancias, la sal se disuelve en el agua, siendo este un proceso **endotérmico**. La variación de energía del proceso es 25,7 kJ/mol de sal disuelta.

- a) ¿Por qué si la disolución de la sal es un proceso endotérmico la sensación en la piel es de "frío"?
- b) Si la bolsa de "frío instantáneo" tiene 20 gramos de sal, ¿qué cantidad de calor debe absorber el proceso?

4. La **combustión** de la **fructosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)** sólida, en presencia de dióxido de carbono gaseoso, produce dióxido de carbono gaseoso y agua líquida. En el proceso se liberan 2812 kJ/mol de fructosa.

A partir de estos datos plantea:

- a) La ecuación termoquímica completa para la combustión de fructosa.
 - b) Dibuja el diagrama entálpico del proceso.
 - c) Una manzana fresca tiene una masa de fructosa de 16,0 g. Determina la cantidad de calor liberada en el proceso, al ingerir la manzana.
5. ¿Cuál es mejor combustible: el etanol o la gasolina?

Actividad 1: Simulando procesos exotérmicos y endotérmicos

PARA PENSAR...

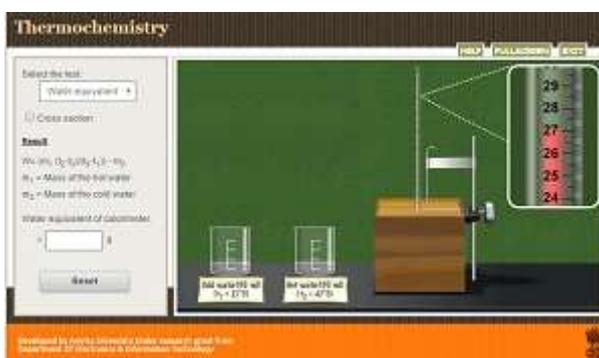
¿Qué crees que ocurre al mezclar 50 mL de agua a 27°C con 50 mL de agua a 47°C?

INVESTIGA:

¿Qué es un **calorímetro** y para qué se utiliza?

SIMULADOR

A partir del siguiente [simulador](#) resuelve las actividades a continuación.



Para poder utilizarlo deberás crearte un usuario.



Actividades:

A- MEZCLANDO AGUA

1. En la opción **select the test** aparecerá **water equivalent**.

Si marcas la casilla **cross section** podrás ver el interior del calorímetro.

Arrastra el primer vaso de bohemia hasta el calorímetro y vuelca su contenido en el interior del mismo.

2. Repite el procedimiento con el segundo vaso de bohemia.

3. Anota la temperatura final.



> Procesos exotérmicos y endotérmicos

4. ¿Coincide con tu respuesta a la primera pregunta de esta página? ¿Por qué crees que ocurrió eso?

B- DISOLVIENDO UNA SAL

1. En la opción **select the test** selecciona **enthalpy of dissolution**

Te aparecerá una sección (**select the sample**) en donde puedes elegir la sal que utilizarás.

Comencemos con ammonium chloride o sea **cloruro de amonio NH₄Cl**.

Coloca los 50 mL de agua en el interior del calorímetro y anota la temperatura inicial (**t_i**).

2. Coloca los 5 g de cloruro de amonio y observa cuál es la temperatura final alcanzada (**t_f**).

3. ¿Cuál es la variación de la temperatura Δt ? Recuerda que $\Delta t = t_f - t_i$, o sea la resta entre la temperatura final y la inicial.

4. Repite los pasos anteriores para las demás sales:

- Potassium chloride - **Cloruro de potasio KCl**
- Potassium nitrate - **Nitrato de potasio KNO₃**
- Copper sulphate pentahydrate - **Sulfato cúprico pentahidratado CuSO₄ · 5 H₂O**

5. Completa el siguiente cuadro:

Nombre de la sal disuelta	Fórmula química de la sal	Masa disuelta m (g)	Temperatura inicial t _i (°C)	Temperatura final t _f (°C)	Variación de la temperatura Δt (°C)	Tipo de proceso: exotérmico / endotérmico
1-						
2-						
3-						
4-						

Actividad 2: Reacciones endotérmicas y exotérmicas

Observa las siguientes animaciones:

[1 Reacción endotérmica](#)

[2 Reacción exotérmica](#)

Escribe un **párrafo breve** en el que expliques qué observas en cada animación.

Sugerencias didácticas

BEBIDAS "AUTOCALENTABLES"

Compartimos el siguiente [material](#) que contiene **2 propuestas didácticas** para el trabajo en el aula relacionadas con las bebidas "autocalentables" y "autoenfriables".

- La primera se titula: "Bebida autocalentable con óxido de calcio y agua: Propuesta de problema basado en la indagación dirigida".
- Y la segunda se titula: "Bebida autoenfriable con nitrato de amonio y agua. Propuesta de aprendizaje basado en problemas".



Pensamos que ambas actividades se pueden adaptar al nivel trabajado en primero de bachillerato.

Relacionado con la misma temática les compartimos el siguiente [sitio](#) (que se encuentra en inglés) que contiene **dos actividades prácticas muy interesantes**.

DIFERENCIANDO CALOR Y TEMPERATURA

El siguiente material es una parte del artículo "Una metodología para elaborar los conceptos de calor y temperatura en un curso de Introducción a las Ciencias":

¿Cómo explicar lo observado al disolver hidróxido de sodio en agua, o nitrato de potasio en agua?

Para el caso en el que se disuelve NaOH sólido en agua, el docente puede incurrir en el error muy común de explicar el fenómeno diciendo "la temperatura sube porque la disolución del NaOH en agua desprende calor, el que es utilizado por la solución para aumentar su temperatura". Para analizar por qué dicha frase NO es correcta, se debe recurrir en primer lugar a la definición termodinámica de CALOR. El CALOR es una cantidad que fluye a través de las fronteras de un sistema, durante una transformación, en virtud de una diferencia de temperatura entre el sistema y los alrededores; el calor fluye desde el punto de mayor temperatura hacia el de menor.



Por dicha definición se deben resaltar las siguientes propiedades del calor:

- aparece SOLO EN LAS FRONTERAS del sistema
- aparece SOLO DURANTE UNA TRANSFORMACIÓN
- se manifiesta como un efecto en los alrededores
- es una magnitud algebraica (NO SE DEFINE COMO UNA ENERGÍA MÁS).

En el caso de la disolución de NaOH en agua se debe comenzar por definir el sistema. Por sencillez se toma el contenido en el recipiente, es decir, el formado por el agua y la soda, siendo sus fronteras el recipiente y la superficie del líquido (pueden definirse otros sistemas pero la discusión en clase se torna mucho más difícil).

Para entender mejor el proceso, se puede imaginar el mismo sistema anterior pero contenido en un recipiente adiabático y rígido. En este caso no existe ni trabajo mecánico (puesto que el recipiente no puede modificar su volumen) ni calor (recordar que no hay calor porque éste sólo se puede manifestar en las fronteras del sistema y en este caso, ellas son adiabáticas). Al disolverse la soda en el agua la temperatura sube; por lo tanto, existe un aumento de temperatura sin transmisión de calor. ¿Cuál es la correcta explicación de por qué aumenta la temperatura? La respuesta no es sencilla pero podría resumirse así: aplicando a este caso el Primer Principio de la Termodinámica ($\Delta E = Q - W$), la variación de la energía interna es cero ya que $W = Q = 0$. La "energía interna" es, en realidad, la energía total del sistema (incluye las energías térmica, de rotación de las moléculas, de los enlaces, de red, de solvatación, etc.). Al disolverse la soda en agua, alguno de esos términos disminuyen, mientras que otros aumentan PERO DE MODO TAL QUE EL TOTAL PERMANECE CONSTANTE. En este caso uno de los términos que



> Procesos exotérmicos y endotérmicos

aumenta es el de la energía térmica, lo que se visualiza como el aumento de la temperatura del sistema.

Si se considera ahora el sistema sin la aislación (como ocurre generalmente en el laboratorio de clase), la explicación anterior es una buena aproximación al porqué del aumento de la temperatura al disolverse NaOH en agua. Esto es debido a que **la disolución es muy rápida por lo que el sistema no tiene tiempo de transferir calor hacia el exterior: se puede considerar la disolución como si fuese prácticamente adiabática. LUEGO de que la temperatura del sistema aumentó, existe transferencia de calor hacia el ambiente** (pues éste se encuentra a una temperatura menor). En resumen, la explicación del aumento de temperatura de este sistema no es tan sencilla como parece en primer momento. Si el docente llegara a explicar el aumento de temperatura como se indicó al principio: "la temperatura sube porque la disolución del NaOH en agua desprende calor, el que es utilizado por la solución para aumentar su temperatura" estaría incurriendo en un grave error conceptual y, a la vez, echando por tierra el objetivo de que el estudiante observe que existen procesos en los que cambia la temperatura sin transferencia de calor.

A los efectos de la clase, se recomienda que el profesor señale que **al disolverse el NaOH en agua, la temperatura aumenta sin que exista ningún agente que entregue calor**. Puede ser que surja en clase la discusión de que existe **intercambio de calor con el ambiente**; el profesor debe dejar bien claro que ese es un fenómeno que **ocurre DESPUÉS del aumento de la temperatura**.

El fenómeno de la disolución de KNO_3 en agua se puede explicar de modo similar sólo que la temperatura disminuye en vez de aumentar pues es un proceso endotérmico.

Amaral, G. y Grompone, M. A. (1997). Una metodología para elaborar los conceptos de calor y temperatura en un curso de Introducción a las Ciencias. *Asociación de Educadores en Química Uruguay*. IX(12), 37-66.

Créditos:

Bibliografía consultada:

- Saravia, G; Seguro, B; Franco, M. y Nassi, M. (2012) *Todo se transforma. Química- 4º Año (1º BD)*. Montevideo, Uruguay: Contexto.
- Irazoquí, R; Rebollo, C y Soubirón, E. (2012). *Primer año de Bachillerato. Química. Un abordaje sustentable*. C. Suiza, Uruguay; Correo del Maestro.
- Amaral, G. y Grompone, M. A. (1997). Una metodología para elaborar los conceptos de calor y temperatura en un curso de Introducción a las Ciencias. *Asociación de Educadores en Química Uruguay*. IX(12), 37-66
- Prolongo, M. y Pinto, G. LAS BEBIDAS AUTOCALENTABLES Y AUTOENFRIABLES COMO RECURSOS PARA UN APRENDIZAJE ACTIVO DE LA QUÍMICA CON ENFOQUE INTERDISCIPLINAR. // *Jornadas sobre la enseñanza de las ciencias y las ingenierías*. pp 1-19. Recuperado de: http://oa.upm.es/9564/1/INVE_MEM_2010_87951.pdf

Vídeos, páginas y/o simuladores utilizados:

- *Variación de la entalpía*. Educaplus. <http://www.educaplus.org/game/variacion-de-la-entalpia>
- *Thermochemistry*. Amrita Online Labs. amrita.olabs.edu.in. (2016). Thermochemistry. Retrieved 28 August 2017, from amrita.olabs.edu.in/?sub=73&brch=8&sim=145&cnt=4
- *The heat is on: heating food and drinks with chemical energy*. Science in School. <http://www.scienceinschool.org/2011/issue18/Incu#w4>
- *Endothermic reaction*. Middle School Chemistry. ACS. Recuperado de: <http://www.middle-school-chemistry.com/multimedia/chapter6/lesson7#endothermic>
- *Exothermic reaction*. Middle School Chemistry. ACS. Recuperado de: <http://www.middle-school-chemistry.com/multimedia/chapter6/lesson7#exothermic>
- fg-experimentos. (2011, 10 de enero). Disolución del nitrato de amonio en agua. [Archivo de vídeo]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=Tcs2yXQPYy0>
- Visualcreative2010. (2012, 31 de mayo). SPOT 2GO AUTOCALENTABLE. [Archivo de vídeo]. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=xZsPL_dQoOE



Las imágenes utilizadas fueron tomadas de:

- Descriptiva: Asado| Autor: torange| Licencia: CC-BY 4.0
- https://cdn.pixabay.com/photo/2013/08/16/10/56/fire-173072_960_720.jpg
- <http://c1.peakpx.com/wallpaper/390/52/867/frying-pan-pan-kitchen-fried-sear-wallpaper-thumb.jpg>
- <http://www.envapack.com/wp-content/uploads/2010/01/envase-autocalentable-Nestle-en-envapack-2.jpg>
- <https://www.tplaboratorioquimico.com/wp-content/uploads/2015/02/termometro-1.jpg>

Autoría del Módulo: Profesores Anarella Gatto y Sebastián Mendieta.

agatto@uruguayeduca.edu.uy

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

Portal Uruguay Educa.

Agosto de 2017.