

# ¿El agua calentada en microondas se enfría más rápido?

## Primera parte

Experiencia de Laboratorio, Física experimental II, 2009

Larregain, Pedro

Machado, Alejandro

[pedrolarregain@yahoo.com](mailto:pedrolarregain@yahoo.com)

[machado.alejandro@yahoo.com](mailto:machado.alejandro@yahoo.com)

*Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNICEN*

## Objetivos

Comprobar experimentalmente la hipótesis que establece que el agua calentada en un horno a microondas se enfría más rápidamente que la misma agua calentada en un mechero, comparando sus respectivas curvas de enfriamiento e intentando identificar algún factor que pueda explicar el fenómeno.

## Introducción

La transferencia de calor está relacionada con los cuerpos calientes y fríos llamados; fuente y receptor, en donde la misma, tiene sus propios mecanismos (conducción, convección y radiación) y cada uno de ellos cuenta con sus peculiaridades. La transferencia de calor es importante en los procesos, porque es un tipo de energía que se encuentra en tránsito, debido a una diferencia de temperaturas (gradiente), y por tanto existe la posibilidad de presentarse el enfriamiento, sin embargo esta energía en lugar de perderse sin ningún uso es susceptible de transformarse en energía mecánica por ejemplo; para producir trabajo, generar vapor, calentar una corriente fría, etc. En virtud de lo anterior es importante hacer una introducción al conocimiento de los procesos de transferencia de calor a través de la determinación experimental de la ecuación empírica que relaciona la temperatura de enfriamiento de una cantidad de sustancia con respecto al medio.

La ley de enfriamiento de Newton enuncia que, cuando la diferencia de temperaturas entre un cuerpo y su medio ambiente no es demasiado grande, el calor transferido por unidad de tiempo hacia el cuerpo o desde el cuerpo por conducción, convección y radiación, es aproximadamente proporcional a la diferencia de temperaturas entre el cuerpo y dicho medio externo, siempre y cuando este último mantenga constante su temperatura durante el proceso de enfriamiento.

La genialidad de Newton se pone de manifiesto nuevamente cuando utilizando un horno de carbón de una pequeña cocina, realizó un sencillo experimento: calentó al rojo vivo un bloque de hierro, al retirarlo lo colocó en un lugar frío y observó cómo se enfriaba el bloque de metal en el tiempo. Sus conjeturas sobre el ritmo al cual se enfriaba el bloque dieron lugar a lo que hoy conocemos con el nombre de ley enfriamiento Newton. [1]

Esta ley describe que la razón de pérdida de calor de un cuerpo es proporcional a la diferencia entre la temperatura del cuerpo y el medio ambiente que lo circunda. Se expresa de la siguiente forma:

$$\frac{dQ}{dt} = hA(T - T_A) \quad (1)$$

Donde  $h$  es el coeficiente de intercambio de calor y  $A$  el área superficial del cuerpo que se encuentra expuesta al medio ambiente.

Si la temperatura del cuerpo es mayor a la ambiental, entonces deberá experimentar una pérdida de calor, la cual será proporcional a la diferencia de temperaturas, podemos expresar esto en forma diferencial como:

$$dQ = -m.c.dT \quad (2)$$

Donde  $m$  es la masa del cuerpo y  $c$  su calor específico, el signo menos indica una pérdida calorífica. Podemos combinar las ecuaciones (1) y (2) en una forma simplificada:

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_A) \quad (3)$$

Donde  $k$  es una constante de proporcionalidad conocida como parámetro de enfriamiento o conductividad térmica ( $k=ha/mc$ ) y  $T_A$  es la temperatura ambiente, que se supone siempre constante. Resolviendo esta ecuación diferencial para un cuerpo que se enfría desde una temperatura  $T_0$  hasta una temperatura  $T$ , obtenemos la temperatura del cuerpo en función del tiempo [2]:

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_A)$$

$$\int_{T_0}^T \frac{dT}{T - T_A} = -k \cdot \int_0^t dt \quad (4)$$

$$\ln(T - T_A) = -kt + \ln(T_0 - T_A) \quad (5)$$

$$T = T_A + (T_0 - T_A) \cdot e^{-kt} \quad (6)$$

# Procedimiento experimental

## Elementos utilizados:

Microondas

Mechero

Vaso de precipitado con 250 ml de agua corriente

Termocupla pasco CI-6505-A conectada a placa adquisidora y Software Pasco Scientific

Soporte

Termómetro de mercurio con un error instrumental de  $\pm 1^\circ \text{C}$

Tapa de telgopor

Base de madera

Balanza de precisión con un error de  $\pm 0.01 \text{ gr}$

## Procedimiento

Se calentaron 250 ml de agua en un vaso de precipitado utilizando un horno de microondas con una potencia de 650 W y un mechero de gas. Inmediatamente, se lo retiró y se lo colocó sobre una base de madera. Luego se le introdujo la termocupla, en el centro del vaso, conectada a la PC sosteniéndola mediante un soporte. Se midió la temperatura en función del tiempo. La temperatura fue medida con un termómetro de mercurio. La misma experiencia fue repetida tapando los vasos contenedores.

Los resultados obtenidos experimentalmente se muestran en las tablas 1 y 2.

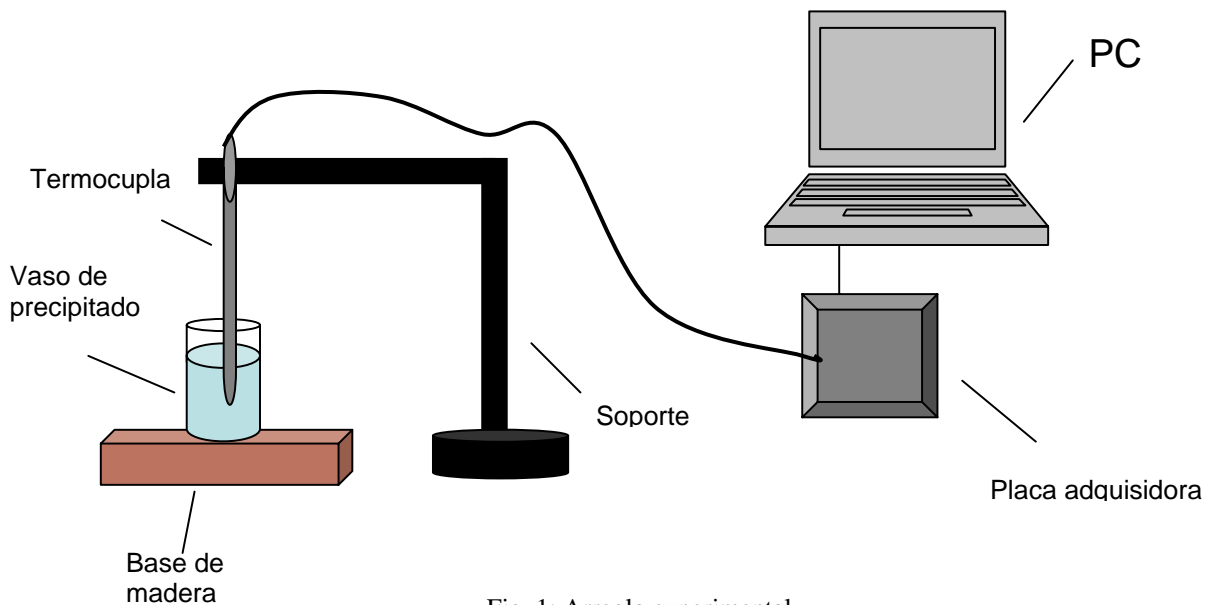


Fig. 1: Arreglo experimental

# Resultados y análisis

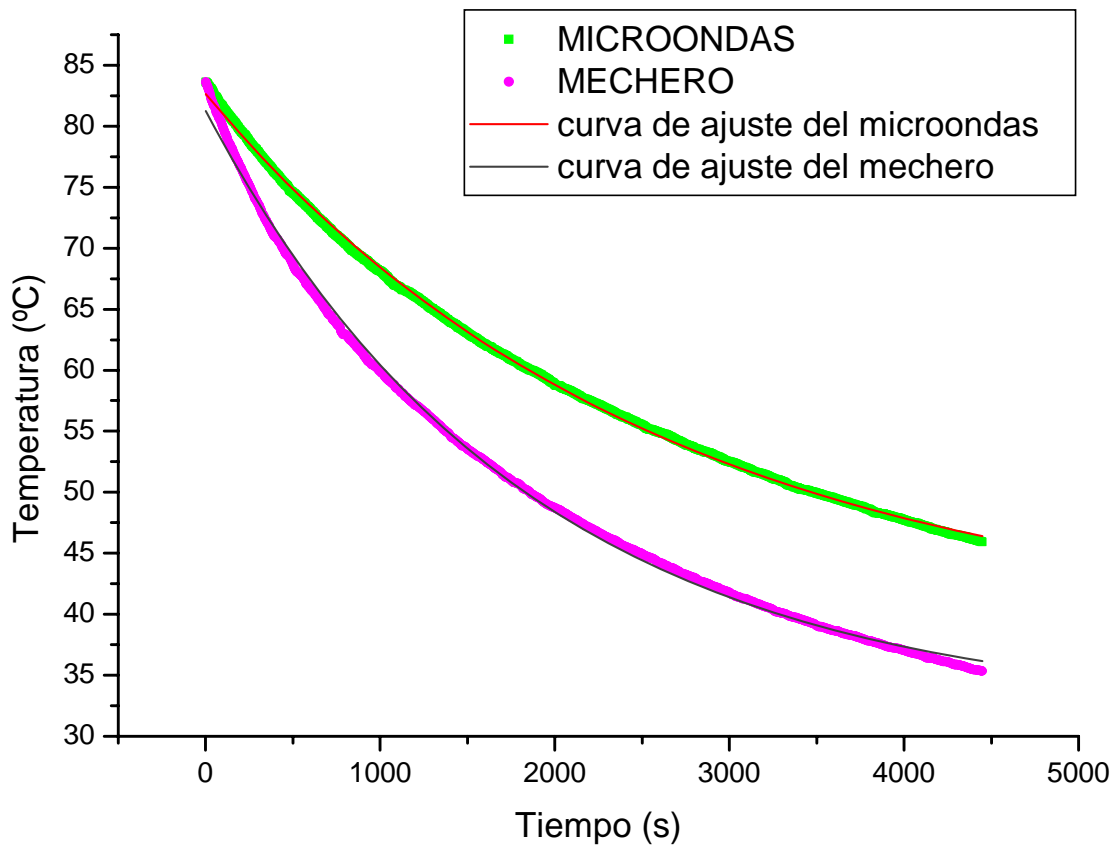
## Agua calentada destapada

DESTAPADO	Temperatura ambiente ( $\pm 1$ °C)	Temperatura inicial ( $\pm 1$ °C)	Temperatura final ( $\pm 1$ °C)	Masa final ( $\pm 0,01$ gr)
Microondas	22	84	46	336,30
Mechero	24	84	35	326,16

**Tabla 1**

Se observa una diferencia en la masa final de las experiencias, se supuso que esta pérdida de masa fue por evaporación, por lo que se procedió a realizar el mismo experimento utilizando una tapa de telgopor para minimizar este efecto.

### Curvas de enfriamiento del agua calentada en microondas y mechero destapada.



En la grafica 1, se observan las curvas de enfriamiento del agua calentada en el microondas y en el mechero, ambas con su respectiva curva de ajuste obtenidas por medio del origen 6.1, que responden a la siguiente ecuación:

$$Y = Y_0 + A_1 e^{-x/t_1} \quad (7)$$

En esta ecuación  $Y$  corresponde a la temperatura en función del tiempo,  $Y_0$  a la temperatura final,  $A_1$  a la diferencia entre la temperatura inicial y final,  $t_1$  es el tiempo característico de enfriamiento ( $k=1/t_1$ ), y  $x$  al tiempo en segundos.

Siendo en el caso del microondas

$$Y_0 = (38,63 \pm 0,04) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A_1 = (44,04 \pm 0,03) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_1 = (2563 \pm 5) \text{ seg.}$$

$$K = 3,902 \times 10^{-4}$$

Y en el caso del mechero

$$Y_0 = (31,79 \pm 0,04) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A_1 = (49,47 \pm 0,03) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_1 = (1829 \pm 4) \text{ seg.}$$

$$K = 5,467 \times 10^{-4}$$

Comparando la curva de enfriamiento del microondas con la del mechero, se observa una clara diferencia en su rapidez de enfriamiento. Esto también se ve reflejado en los valores de  $k$ , ya que el  $k_{\text{mechero}}$  es mayor al  $k_{\text{microondas}}$ .

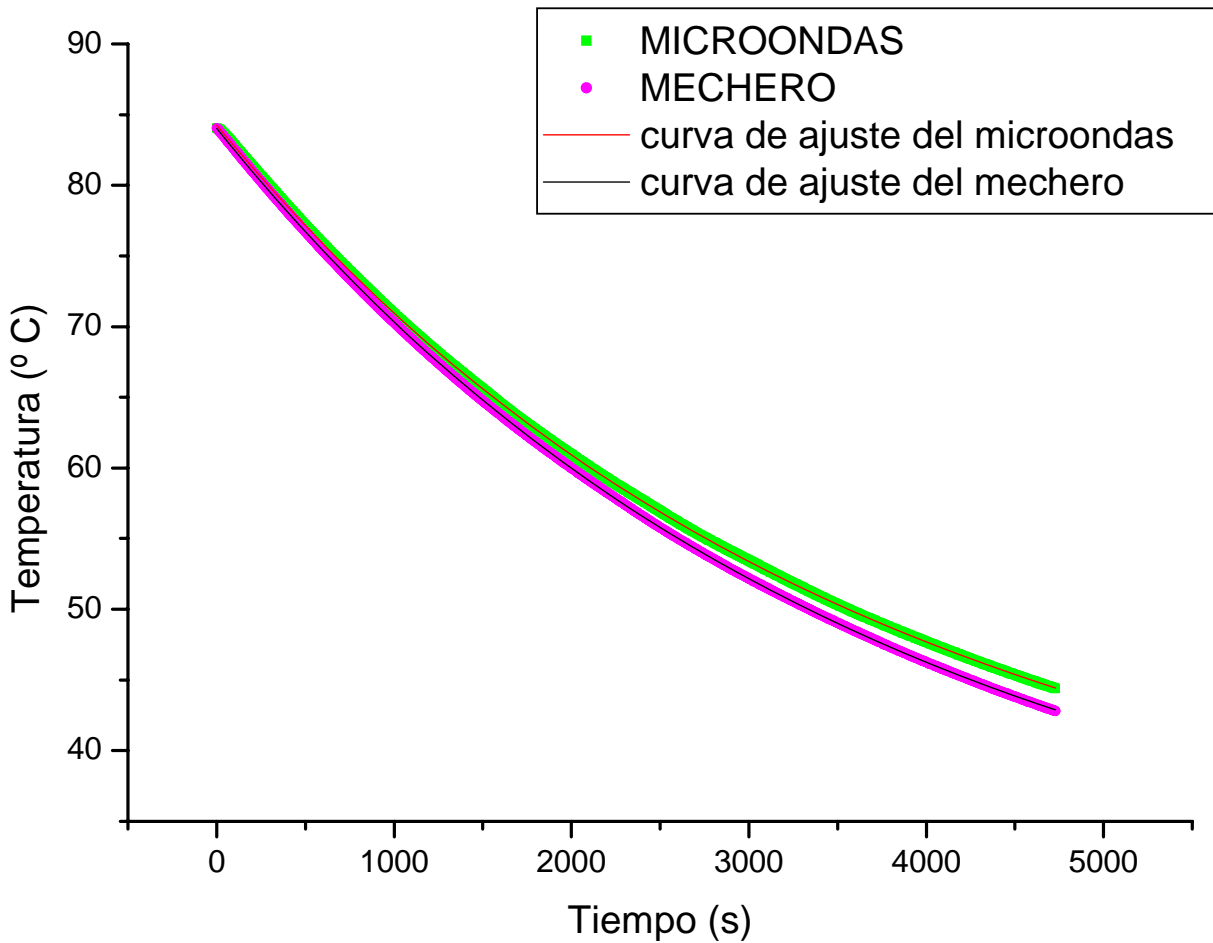
Siendo la pérdida de masa la única diferencia entre las experiencias y suponiendo que la misma se produjo por evaporación, se procedió a realizar la misma experiencia tapando los recipientes contenedores para minimizar este efecto.

## Agua calentada tapada

TAPADO	Temperatura ambiente ( $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ )	Temperatura inicial ( $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ )	Temperatura final ( $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ )	Masa final ( $\pm 0,01\text{ gr}$ )
Microondas	24	84	44	348,44
Mechero	20	84	42	345,69

**Tabla 2**

**Curvas de enfriamiento del agua calentada en microondas y mechero tapada.**



**Gráfico 2**

En esta gráfica, se observan las curvas de enfriamiento del agua calentada en el microondas y en el mechero, pero esta vez con su superficie tapada, ambas con sus respectivas curvas de ajuste que también responden a la ecuación:

$$Y = Y_0 + A_1 e^{-x/t_1} \quad (7)$$

Siendo en el caso del microondas

$$Y_0 = (30,369 \pm 0,009) \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$A_I = (53,903 \pm 0,008) \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$t_I = (3524 \pm 1) \text{ seg.}$$

$$k = 2,838 \times 10^{-4}$$

Y en el caso del mechero

$$Y_0 = (28,035 \pm 0,008) \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$A_I = (56,011 \pm 0,007) \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$t_I = (3561 \pm 1) \text{ seg.}$$

$$k = 2,808 \times 10^{-4}$$

Comparando ambas curvas, se puede observar una mínima diferencia en la velocidad de enfriamiento. El

$k_{\text{mechero}}$  es similar al  $k_{\text{microondas}}$ .

Habiendo mantenido constante la variable evaporación, o por lo menos habiéndola reducido notablemente, puede decirse que la pérdida de masa fue mucho menor que en el caso del agua destapada.

## Conclusiones

En las gráficas obtenidas del cambio de temperatura en función del tiempo, se observa que responden a la Ley de enfriamiento de Newton ya que el ajuste realizado a las mismas corresponde al de un decaimiento exponencial de primer orden.

En el caso de los recipientes destapados, la diferencia de los tiempos característicos es atribuible a la pérdida de masa, ya que en el caso de los recipientes tapados, al haberse reducido notablemente dicha pérdida de masa se observa una gran similitud en los tiempos característicos y en sus curvas de enfriamiento.

Por todo esto no puede decirse que el enfriamiento de un líquido calentado en un horno de microondas sea más rápido que calentado en un mechero de gas.

## Bibliografía

[1] Física, Tipler, Volumen 1 Capítulo 20 “Propiedades y procesos térmicos”

[2] Física, Sears y Zemansky 11va edición, Capítulo 17 “Temperatura y calor”