



# PUNTO DE FUSIÓN

Autores: Antonio Matthew Méndez, José Guillermo Penieres Carrillo y Fernando Ortega Jiménez Proyecto DGAPA-PAPIME UNAM PE206117

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

Departamento de Ciencias Químicas  
Sección de Química Orgánica





**D. R. © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**

*Excepto donde se indique lo contrario esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución No comercial, No derivada, 4.0 Internacional (CC BY NC ND 4.0 INTERNACIONAL).*

ENTIDAD EDITORA

**Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán**

Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

**FORMA SUGERIDA DE CITAR:** Méndez, Antonio Matthew, Penieres Carrillo, José Guillermo y Ortega Jiménez, Fernando (septiembre 2023). Punto de fusión (monografía). Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM

## Contenido

Objetivo .....	1
Introducción.....	1
Punto de fusión (p.f) .....	1
Punto de fusión de sustancias puras .....	1
Punto de fusión de sustancias impuras .....	2
Punto de descomposición .....	2
Punto de fusión en compuesto iónicos y covalentes .....	2
Compuestos iónicos .....	2
Compuestos covalentes .....	2
Métodos para determinar el punto de fusión .....	2
Método del tubo de Thiele.....	3
Punto de fusión por método de Fisher-Johns.....	3
Método de superficie caliente .....	3
Método de la placa caliente de Kofler.....	3
Microscopio de fusión.....	4
Curva de calibración.....	4
Mezcla eutéctica (punto eutéctico).....	4
Punto de fusión mixto .....	5
Referencias .....	5

## Objetivo

Facilitar un material de apoyo útil a los estudiantes de las licenciaturas en Ciencias Química-Biológicas y áreas afines, con información adecuada que les permita comprender de manera directa y clara lo que es el punto de fusión y los métodos para determinarlo.

## Introducción

Desde el punto de vista práctico, se puede considerar que el punto de fusión (p.f) es la temperatura a la cual un sólido, en contacto con el aire y bajo condiciones de equilibrio, se transforma en un líquido. Cuando una sustancia está pura el intervalo de temperatura en el que se produce el cambio de sólido a líquido es muy pequeño; si está impura, ese intervalo es muy amplio y está por debajo del verdadero punto de fusión.

Cabe señalar que el punto de fusión es una propiedad física intensiva de la materia, es decir, no está ligada a la cantidad de sustancia o al tamaño del cuerpo. Durante el proceso la materia sólida se calienta hasta alcanzar el punto de fusión, siendo este el momento en el cual se produce su cambio de estado, transformándose en un líquido de manera rápida.

Tanto en laboratorios escolares como industriales los químicos preparan un gran número de compuestos y, para estar seguros de que el material ha sido preparado de manera adecuada, se miden sus propiedades físicas. El punto de fusión es una de las propiedades físicas más importantes y fáciles de determinar.

Los químicos utilizan esta característica para determinar la pureza de los compuestos y ayudar a su identificación. El punto de fusión de un sólido es muy sensible a la presencia de impurezas, una pequeña cantidad de ellas puede bajar el punto de fusión significativamente e incrementar el intervalo de la temperatura de fusión. El intervalo de temperatura de fusión de un sólido es, entonces, una herramienta útil para establecer la pureza de las sustancias.

## Punto de fusión (p.f)

El punto de fusión de un sólido es la temperatura a la cual las fases sólidas y líquidas coexisten en una atmósfera de presión y generalmente es reportado como un intervalo entre dos magnitudes: la primera es

cuando aparece una primera gota de líquido y la segunda es cuando la masa cristalina termina de fundir.

El punto de fusión de un compuesto puro en muchos casos se identifica como una sola temperatura, ya que el intervalo de fusión puede ser muy pequeño (menor a  $1^\circ$ ). En cambio, si hay impurezas, estas provocan que el p.f. disminuya y el intervalo de fusión se amplíe.

El punto de fusión, visto de una manera más física, es la temperatura de cambio del estado sólido al estado líquido (Figura 1). Para que esto ocurra, es necesario que se rompan las fuerzas intermoleculares que mantienen cohesionados en una estructura cristalina a las moléculas de un compuesto, por lo tanto, su valor dependerá del balance de las diferentes fuerzas intermoleculares. Por ello, dos compuestos diferentes, aunque presenten estructuras similares, podrán tener diferentes puntos de fusión y, por consiguiente, una de las utilidades de la determinación del punto de fusión es la posibilidad de identificar sustancias.



Figura 1. Representación física del punto de fusión. Fuente adaptación de (González, 2020).

## Punto de fusión de sustancias puras

Generalmente, el punto de fusión se emplea para caracterizar compuestos sólidos ya sea orgánicos o inorgánicos, así como, para establecer su pureza. Normalmente, una sustancia pura funde a una temperatura bien definida (en un intervalo de temperatura muy pequeño de  $0.5$  a  $1^\circ\text{C}$ ), mientras que una sustancia impura y/o contaminada suele presentar un intervalo de fusión más amplio.

Idealmente, en una sustancia pura la transición del estado sólido al líquido se lleva a cabo a temperatura constante. No obstante, experimentalmente se observa una variación en la temperatura durante el proceso de fusión. Es por esto por lo que, el punto de fusión de una sustancia se informa como un intervalo de temperatura ( $T_i$ - $T_f$ ). Donde,  $T_i$  es la temperatura a la cual aparece la primera gota de líquido y  $T_f$  es la temperatura cuando toda la sustancia se ha fundido.

Con base a esto, se dice que una sustancia es pura cuando la diferencia entre estas temperaturas (intervalo de fusión) es menor/igual a 2 °C. Si la diferencia es mayor a 2 °C, se dice que la sustancia es impura.

## Punto de fusión de sustancias impuras

La presencia de impurezas, incluso en pequeñas cantidades, produce una disminución del punto de fusión, acompañado generalmente de un incremento del intervalo en que funde. Un compuesto impuro tiene un punto de fusión más amplio que si estuviera puro, dependiendo de la sustancia puede variar desde los 3 °C hasta los 20 °C, por esta razón el punto de fusión se suele usar como criterio de pureza. Un intervalo de fusión entre los 2 °C indica que la sustancia está lo suficientemente pura para la mayoría de sus usos. Una sustancia impura no solo muestra un punto de fusión amplio, sino que también suele ser más bajo que el normal, es decir, las impurezas siempre abaten el punto de fusión de los compuestos.

Este comportamiento se conoce como descenso del punto de fusión y se puede usar para obtener información cualitativa sobre la pureza de una sustancia.

## Punto de descomposición

Algunas sustancias no presentan punto de fusión pues se descomponen antes de alcanzarlo. Todos los compuestos orgánicos se descomponen, pero algunos lo hacen antes de llegar al punto de fusión o ebullición y usualmente se observa como un oscurecimiento de la muestra o la producción de humo.

## Punto de fusión en compuesto iónicos y covalentes

Los puntos de fusión varían de una sustancia a otra. El hielo, por ejemplo, funde a 0 °C, pero el oro a 1064 °C y el oxígeno a -218.79 °C. Por otra parte, una sustancia dada no siempre funde a la misma temperatura. Estos fenómenos resultan de varios factores que afectan el punto de fusión.

## Compuestos iónicos

Los compuestos iónicos, como el NaCl, no existen en la forma de moléculas discretas sino como iones positivos

y negativos que se atraen entre sí por las cargas electrostáticas. Debido a la fuerza de esta atracción electrostática, los compuestos iónicos a menudo forman redes cristalinas en las que cada ion está rodeado por iones de carga opuesta. Separar una red cristalina iónica requiere de mucha energía, sobre todo si se producen iones positivos y negativos en una matriz simétrica estable. Como resultado de ello, los compuestos iónicos tienen altos puntos de fusión. Por ejemplo, el punto de fusión del NaCl es de 801 °C.

## Compuestos covalentes

Los compuestos covalentes consisten en moléculas en lugar de iones. Por lo general, tienen un punto de fusión más bajo que los compuestos iónicos, ya que la atracción entre moléculas es más débil que la atracción entre iones.

No obstante, algunos compuestos covalentes presentan moléculas polares, causando que un extremo tenga mayor densidad electrónica que otro. Debido a las fuerzas electrostáticas moderadas que mantienen juntas a las moléculas, tales compuestos polares tienen un punto de fusión más alto que los compuestos con moléculas no polares, que cohesionan únicamente como resultado de una fuerza intermolecular débil llamada atracción de fuerzas de London. Cuanto mayor sea la polaridad de un compuesto, mayor será su punto de fusión.

Por ejemplo, la sacarosa tiene un punto de fusión de 186 °C, esto se debe a que las moléculas de sacarosa tienen en su estructura enlaces O-H polares (similares al del agua), que permite formar puentes de hidrógeno entre ellas. Este tipo de interacción (puente de hidrógeno) se forma cuando existen fuerzas de atracción entre un átomo de hidrógeno de una molécula y un átomo de oxígeno de otra molécula.

La forma de las moléculas en compuestos covalentes influye también en el punto de fusión de una sustancia; si se agrupan en una forma compacta, la sustancia tiene un punto de fusión más alto que un compuesto similar cuyas moléculas, de formas ramificadas, no logran ordenarse adecuadamente. Por esta razón, las moléculas simétricas le dan al n-pentano un punto de fusión más alto que al isopentano, en donde las moléculas no se empaquetan bien.

## Métodos para determinar el punto de fusión

Como ya se mencionó, el punto de fusión se define como la temperatura a la que se produce la transición de fase del estado sólido al líquido a presión atmosférica normal. No es necesario emplear

sustancias de referencia cada vez que se estudie una nueva sustancia. Veamos algunos métodos para determinar un punto de fusión:

## Método del tubo de Thiele

El tubo Thiele es un instrumento diseñado para determinar el punto de fusión de una sustancia sólida con gran precisión (Figura 2). La muestra en polvo se calienta de manera uniforme hasta su punto de fusión, lo cual se observa usando un termómetro de varilla sumergido en el fluido que se calienta. La sustancia debe estar en forma sólida, triturada hasta polvo fino en un mortero si fuese necesario. Posteriormente se introduce la muestra en el capilar, con ligeros golpes, para que no quede nada de aire visible. Esta operación es crítica para un buen resultado, una burbuja de aire puede afectar la determinación visual del punto de fusión.

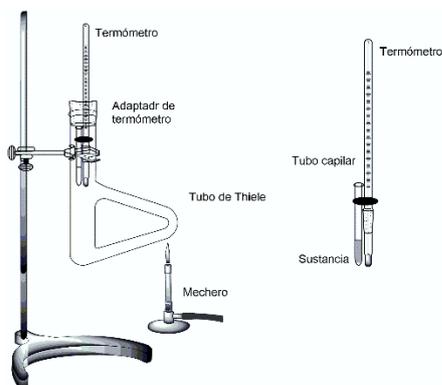


Figura 2. Método del tubo de Thiele. Fuente: elaboración propia con base en (Pavía, et al., 2011).

El tubo de Thiele se sujeta a un soporte con la parte recta en vertical y se rellena con un líquido de elevado punto de fusión hasta rebasar ligeramente la entrada superior del asa lateral. Debe dejarse espacio para compensar la expansión del líquido al calentar y para el desplazamiento por la introducción del termómetro.

La muestra se sujeta al termómetro mediante una goma de tal forma que quede a la altura del bulbo, la posición correcta es que el conjunto bulbo+ muestra quede ligeramente por debajo de la entrada superior del asa lateral, pero sin tocar la pared del tubo de Thiele.

Para calentar se debe dirigir la llama del mechero al asa lateral, la forma del tubo produce una corriente de convección que mueve el líquido manteniendo una temperatura uniforme.

Hay que calentar controlando que el aumento de la temperatura sea uniforme fijando un gradiente de 1-2 grados por minuto, se puede separar el mechero o retirar la fuente de calor cuantas veces sea necesario para conseguirlo. La aparición de una burbuja líquida en el tubo de la muestra indica fusión, se debe leer la

temperatura del termómetro en ese punto. (Pavía, et al., 2011).

## Punto de fusión por método de Fisher-Johns

El aparato Fisher Johns (Figura 3) consta de una placa de aluminio calentada eléctricamente y unida a un termómetro con una escala que generalmente va de 0 a 300 °C. La muestra se coloca en un cubreobjetos en la depresión de la placa de aluminio. La temperatura se regula por medio de un transformador variable y la fusión del compuesto se observa con la ayuda de una lente de aumento (lupa) iluminada. El termómetro del equipo requiere de una calibración utilizando compuestos de referencia.

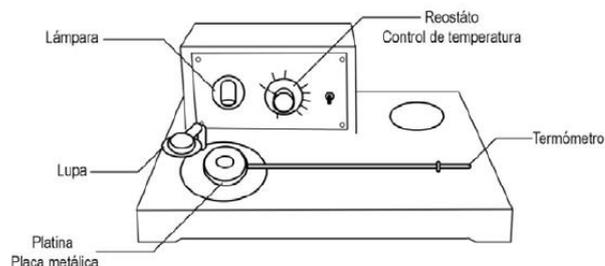


Figura 3. Aparato de Fisher-Johns. Fuente: elaboración propia con base en (Palacios, et al., 2017).

## Método de superficie caliente

### Método de la placa caliente de Kofler

Radica en usar una placa caliente de Kofler (Figura 4) en la que se deposita una fina capa de sustancia para determinar un punto de fusión.

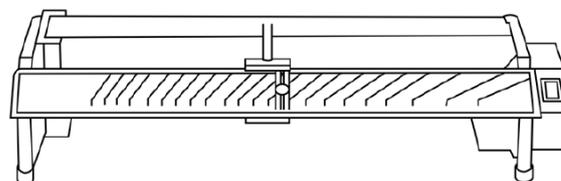


Figura 4. Aparato de Kofler. Fuente: adaptado de (Neuberg, 2020).

Esta placa se compone de dos piezas de metal de conductividad térmica diferente, las cuales se calientan eléctricamente. Está hecha de manera que el gradiente de temperatura sea casi lineal en toda su longitud. La temperatura de dicha placa puede variar de 283 a 573 K, la cual se mide gracias a un dispositivo especial que tiene un cursor con un índice y una regla graduada, especialmente concebido para dicha placa. Para determinar el punto de fusión se deposita una capa de

sustancia directamente sobre la placa caliente, en unos segundos se forma una fina línea de división entre la fase fluida y la fase sólida. Se debe leer la temperatura a la altura de dicha línea, frente a esta última.

## Microscopio de fusión

Para determinar puntos de fusión con cantidades de sustancia muy pequeñas se utilizan diferentes microscopios de platina caliente, un ejemplo se muestra en la figura 5. La temperatura se suele medir con un termopar sensible, pero a veces se usa un termómetro de mercurio. El dispositivo tipo tiene una carcasa de calor que contiene una platina de metal en la que se coloca una lámina de vidrio sobre la que se deposita la muestra. El centro de la platina se atraviesa con un agujero que permite el paso de la luz procedente del espejo de iluminación del microscopio. Al utilizarlo, la carcasa se cierra con una placa de vidrio para impedir la entrada de aire a la zona de la muestra. El calentamiento del prototipo se regula con un reóstato. Para realizar mediciones muy precisas se puede utilizar luz polarizada en el análisis de las sustancias ópticamente anisótropas.

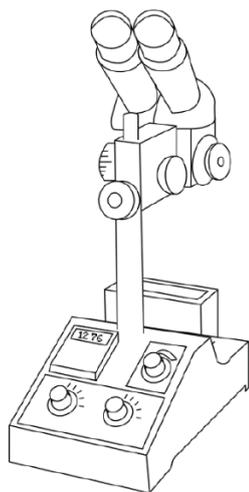


Figura 5. Microscopio de fusión. Fuente: adaptado de (MRC-Laboratory Equipment, 2020).

## Curva de calibración

Cabe mencionar que, sea cual sea el método de medición que se utilice para obtener el punto de fusión, se debe realizar una curva de calibración para obtener el punto de fusión corregido (Figura 6). Esta curva se obtiene al graficar los puntos de fusión teóricos de algunos compuestos orgánicos (para una medición confiable se sugiere utilizar por lo menos seis compuestos entre el intervalo de punto de fusión a trabajar, entre más se utilicen, la medición obtenida tendrá una mayor confiabilidad) contra los puntos de fusión obtenidos experimentalmente respecto a las sustancias seleccionadas antes.

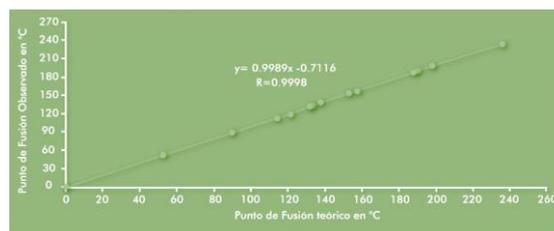


Figura 6. Ejemplo de gráfico de p.f. experimental contra p.f. teórico, en este caso se utilizaron 13 compuestos para la elaboración de la curva de calibración. Fuente: (Palacios et al., 2017).

Una vez que se obtiene el gráfico puede hacerse la medición del punto de fusión corregido, tomando el valor del punto de fusión obtenido experimentalmente e interceptando con la curva de calibración, bajando posteriormente hasta el punto de fusión teórico, el cual será el valor de nuestro punto de fusión corregido. Una segunda opción es obtener la regresión lineal de la gráfica, sustituir el valor de "y", el cual será el valor de punto de fusión obtenido durante la experimentación, y posteriormente despejar el valor de "x", el cual será el valor del punto de fusión corregido.

## Mezcla eutéctica (punto eutéctico)

Se entiende por mezcla eutéctica (del griego "eu"= fácil y "teksis" = fusión) a la unión de sólidos íntimamente conectados, que posee un punto de fusión más bajo que el que poseen los compuestos individualmente. Por ejemplo: sea el sólido A impurificado con B, los puntos de fusión respectivos son  $Pf_A$  y  $Pf_B$  y  $Pf_A < Pf_B$ , entonces el punto eutéctico  $P_e$  (temperatura a la cual funde la mezcla), será menor que el punto de fusión de A.

El ejemplo vale también para el caso en el que  $Pf_B < Pf_A$ , en este caso el punto  $P_e < Pf_B$ . La mezcla eutéctica se comporta como un sólido puro, no obstante, es incorrecto afirmar que se trata de una solución sólido (Figura 7).

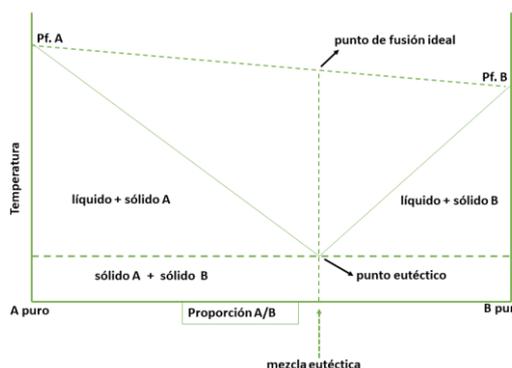


Figura 7. Diagrama de fases en una mezcla eutéctica. Fuente: elaboración propia con base en (METTLER TOLEDO®, 2020).

Se puede hacer una analogía con el descenso crioscópico (disminución de la temperatura del punto de congelación que experimenta una disolución respecto a la del disolvente puro) para soluciones y solutos.

## Punto de fusión mixto

El punto de fusión mixto sirve para identificar una sustancia. Se prepara una mezcla íntima 1:1 del compuesto desconocido con una muestra del compuesto de referencia, para esto se utilizan tres muestras para el punto de fusión que contengan respectivamente el compuesto desconocido, el conocido y una mezcla de ambos compuestos, y se calienta al mismo tiempo y en el mismo aparato.

Si los tres se funden simultáneamente, el compuesto desconocido es idéntico al de referencia (Figura 8).

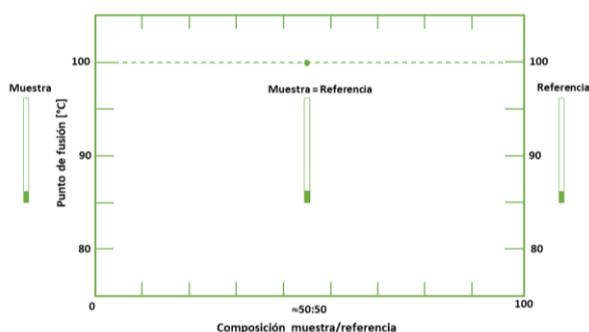


Figura 8. La muestra y la referencia son iguales.

Fuente: elaboración propia con base en (METTLER TOLEDO®, 2020).

Si la mezcla tiene un punto de fusión intermedio entre los otros dos (y el compuesto desconocido tiene el punto de fusión menor), el compuesto desconocido es probablemente una muestra impura del compuesto de referencia.

Si la mezcla tiene el punto de fusión más bajo, las otras dos sustancias son compuestos diferentes, aunque por casualidad tengan puntos de fusión idénticos (Figura 9).

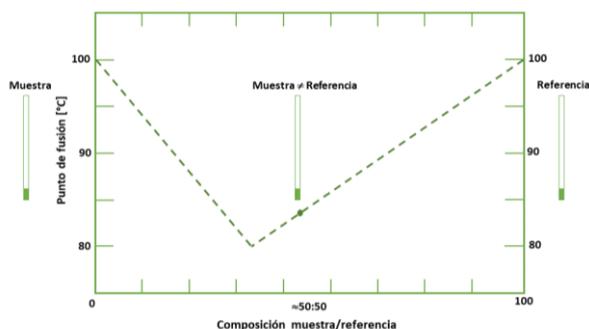


Figura 9. La muestra y la referencia son diferentes. Fuente: elaboración propia con base en (METTLER TOLEDO®, 2020).

## Referencias

Brown, T. L., LeMay Jr, H. E., Bursten, B. E., Murphy, C. J. & Woodward, Patrick M. (2012). *Química: La ciencia central*. 12ª ed. Pearson.

Chang, R. & Goldsby, K. A. (2013). *Química*. 11ª ed. McGraw-Hill.

Gilbert, J. C. and Martin S. F. (2010). *Experimental Organic Chemistry A Miniscale and Microscale*. USA: Brooks and Cole.

González, G. (2020, 18 de octubre). *experimentos fáciles*.

<https://www.pinterest.es/pin/103653228910037214/>

METTLER TOLEDO®. (2020). *¿Qué es el punto de fusión? Todo lo que necesita saber sobre la determinación del punto de fusión*.

[https://www.mt.com/mx/es/home/applications/Application\\_Browse\\_Laboratory\\_Analytics/Thermal\\_Values/melting-point-determination.html#top](https://www.mt.com/mx/es/home/applications/Application_Browse_Laboratory_Analytics/Thermal_Values/melting-point-determination.html#top)

Mohring, J.R., Alberg, D.G., Hofmeister, G.E., Schatz, P.F. & Hammond, C. N. (2014). *Laboratory Techniques in Organic Chemistry Supporting Inquiry-Driven Experiments*. 4th ed. W. H. Freeman and Company.

MRC- Laboratory Equipment (2020). *Melting-Point Apparatus With Microscope*. [https://www.mrclab.com/Media/Uploads/INE-X-4\\_OPR.pdf](https://www.mrclab.com/Media/Uploads/INE-X-4_OPR.pdf)

Neuberg, B. (2020). *The Kofler Hot Bench: Repair of a Classic Melting Point Determination Apparatus*. <https://www.mccrone.com/mm/kofler-hot-bench-repair-classic-melting-point-determination-apparatus/>

Palacios, V. O., Ramírez Salgado, M. R. & Martínez Cruz, G. (2017). *Determinación del punto de fusión de compuestos orgánicos*. <https://www.rua.unam.mx/portal/recursos/ficha/21513/determinacion-del-punto-de-fusion-de-compuestos-organicos>

Pavia, D. L., Lampam G. M., Kriz G. S. and Engel R. (2011). *A Small Scale Approach to Organic Laboratory Techniques*. USA: Brooks and Cole.

Phalada, R., Sunkada, S. (2007). Making Sense of Boiling Points and Melting Points. *Resonance*, 12, 43–57. <https://doi.org/10.1007/s12045-007-0059-5>

Wray, H. A. (ed). (1992). *Manual on flash point standards and their use: methods and regulations*. ASTM manual series MNL 9.