

SISTEMAS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURAS

María Queralt Gorgas¹

La temperatura corporal resulta del equilibrio entre el calor producido por los procesos orgánicos y el perdido hacia el ambiente exterior. El centro de control de la temperatura se localiza en el hipotálamo y funciona como un termostato encargado de mantener la temperatura adecuada en el organismo. La temperatura corporal se ve afectada por numerosos factores: sexo, edad, ejercicio, estrés, alimentación, hora del día, ansiedad, clima, tratamientos farmacológicos, enfermedades, etc. En condiciones normales, la temperatura media del cuerpo oscila entre 36,5-37,5°C. En general, se habla de hipotermia cuando la temperatura corporal es inferior a los 36°C y fiebre cuando es igual o superior a 38°C. Los lugares anatómicos más idóneos para la medida de la temperatura corporal son: el esófago, la arteria pulmonar, nasofaringe o vejiga. No obstante, estos métodos invasivos se reservan para unidades de cuidados intensivos y en la práctica clínica suele ser suficiente la precisión obtenida con técnicas no invasivas, siendo los lugares más utilizados la cavidad oral, el recto, la axila y el oído. La precisión de la medida de la temperatura corporal depende del lugar de medición utilizado y de un procedimiento de medición correcto. La cavidad oral y el recto nos dan una idea más precisa de la temperatura real del organismo, ya que el termómetro se aloja en una de sus cavidades (temperatura interna frente a temperatura externa axilar). En general, la temperatura rectal suele ser 0,5°C mayor que la oral y esta 0,5°C mayor que la axilar.

Los termómetros son productos sanitarios clase IIa con función de medición que se utilizan para la medida de la temperatura corporal.

TIPOS DE TERMOMETROS CLINICOS

En el mercado están disponibles varios tipos de termómetros clínicos. El dispositivo estándar más utilizado en la práctica clínica, hasta ahora, para medir la temperatura era el termómetro analógico de vidrio de mercurio, pero este deberá substituirse por otros sistemas de medición para adaptarse a las Normativas Comunitarias. Actualmente los termómetros digitales y los de infrarrojos son las alternativas más usadas.

Termómetros de mercurio

Es un cilindro de vidrio hueco con un depósito de mercurio en el fondo conectado a un tubo capilar, calibrado con una escala de medida y con el extremo superior cerrado. Al aumentar la temperatura el mercurio se dilata y asciende por el capilar, la escala graduada permite leer directamente el valor de la temperatura. Estos termómetros están dotados de un dispositivo de máxima o cámara de constricción, que consiste en un estrechamiento entre el bulbo y el capilar que impide el retorno del mercurio una vez terminado el calentamiento. El retorno del mercurio al bulbo se consigue agitando el termómetro. Existen dos tipos: el oral y el rectal cuya única diferencia es la forma del bulbo donde se aloja el mercurio, en el rectal es más redondeado y corto. Suelen ser de forma cilíndrica o ligeramente aplanada con perfil de aumento para facilitar la visión de la columna de mercurio. Este termómetro permite la toma de temperatura en la axila, boca y recto. Para que la medición sea fiable el termómetro debe permanecer en la axila de 8 a 10 minutos, la piel debe estar seca y el termómetro no debe entrar en contacto con la ropa. La medición oral y rectal debe durar 3-5 minutos.

Ventajas: Fácil manejo y bajo precio

Inconvenientes: Tiempo de colocación del termómetro, ya que las lecturas son diferentes según el tiempo de permanencia; también afecta la medición el mantenimiento de la posición

¹ Jefa del Servicio del Hospital San Bernabé, de Berga, Barcelona.

adecuada del termómetro y aunque en menor grado la temperatura ambiental. Además existe riesgo de toxicidad en caso de rotura.

Las medidas restrictivas para el uso de termómetros de mercurio están relacionadas con la protección del medio ambiente, debido a que el mercurio es un metal pesado, altamente contaminante, que afecta al sistema nervioso. Los seres humanos están expuestos al mercurio por la contaminación del aire, el agua o los alimentos.

Termómetros de vidrio sin mercurio

Una alternativa al mercurio es el galinstar®, un metal líquido compuesto por una mezcla eutéctica de galio, indio y estaño, con un comportamiento termométrico similar al del mercurio, pero sin su potencial contaminante. El termómetro está constituido por una varilla capilar de cristal óptico rodeado de una camisa protectora de vidrio en la cual se forma el depósito de galinstan. Existen pocos estudios clínicos comparativos, algunos demuestran que la correlación de las medidas frente a los termómetros de mercurio es buena, independientemente del sitio donde se haya tomado la temperatura, y que pueden ser una alternativa a [estos](#). La toma de la temperatura debe durar como mínimo 4 minutos. Sirven para medición rectal, axilar u oral. El galinstan es una aleación de componentes no tóxicos, ni para el ser humano ni para el medio ambiente, pudiéndose desechar en la basura doméstica. En caso de rotura no existe riesgo al manipular este producto, siguiendo las indicaciones del fabricante, ya que el líquido es inocuo y ecológico. La inhalación del líquido vertido no representa una posibilidad de exposición. La única precaución que ha de tenerse es que el líquido no entre en contacto con ciertos metales como el oro, plata, cobre y estaño ya que pueden reaccionar con los mismos y alterar sus propiedades.

Ventajas: Fácil manejo

Inconvenientes: Tiempo de medición de la temperatura, menos experiencia clínica y más caro.

Termómetros electrónicos

Los termómetros electrónicos utilizan unos sensores de temperatura en la punta metálica. Estos sensores son semiconductores cuya resistencia eléctrica cambia rápidamente con la temperatura. A cada temperatura corresponde una resistencia eléctrica diferente, que puede medirse usando un circuito electrónico adecuado y convertirse directamente en una lectura digital de la temperatura en una pantalla de cristal líquido. Se alimentan por medio de baterías algunas integradas en el propio termómetro y no sustituibles. La duración de las baterías varía según sus características pudiendo ir de 3000 a 6000 o más mediciones. También existen modelos con baterías recargables. Estos termómetros pueden verse afectados por interferencias electrónicas con otro tipo de aparatos o dispositivos de radio.

Los termómetros electrónicos pueden medir la temperatura oral, rectal o axilar, estabilizándose entre 30 y 60 segundos e incluso en tiempos más cortos, aunque algunos modelos tardan entre 3-5 minutos para la medida de la temperatura axilar. Casi todos los modelos pueden memorizar las medidas de temperatura, y la mayoría indican con una señal acústica que se ha alcanzado la temperatura máxima.

Los termómetros electrónicos pueden realizar medidas de temperatura de forma continua, esperando a que la temperatura del termómetro se estabilice; o de forma predictiva, aplicando un algoritmo de cálculo que les permite estimar en pocos segundos (10-15 segundos) cual será la temperatura final. Esta lectura en modo predictivo es poco precisa y está afectada por la temperatura ambiental.

Los hay de varios tipos, algunos pueden estar integrados en equipos en una unidad que se acciona por una batería y con una sonda que se aplica a la zona del cuerpo donde se va a tomar la temperatura, el sistema tiene una pequeña pantalla digital donde aparece el valor de medición de la temperatura, el rango de medición es más amplio permitiendo detectar hipotermia.

La mayoría disponen de fundas desechables con objeto de minimizar las posibilidades de transmisión de agentes infecciosos, cuando se usan para medir la temperatura de varios individuos.

Esta misma tecnología es utilizada en los termómetros esofágicos, en catéteres para medición de temperatura de la sangre en arteria pulmonar o en los incorporados a sondas vesicales.

Un tipo especial de estos termómetros electrónicos son aquellos que están incorporados en un chupete. Sirven para medir la temperatura oral en los niños de forma fácil y cómoda. Otros modelos de termómetros digitales incorporan un sintetizador de voz para facilitar su utilización por personas ciegas, así como por personas de edad avanzada o con defectos visuales.

Ventajas: Precisión, fácil de usar, bajo precio y rapidez de medición de temperatura, indicando la finalización de la medición con una señal audible.

Inconvenientes: Afecta la medición el mantenimiento de la posición adecuada del termómetro; menor precisión en lecturas a modo predictivo; generan residuo (pilas).

Termómetros de infrarrojos

Los termómetros de infrarrojos captan el calor corporal en forma de energía infrarroja desprendida por una fuente de calor. Su fundamento se basa en que las leyes que rigen la emisión radioactiva de los cuerpos, permiten el cálculo preciso de la temperatura del objeto radiante a partir de su espectro de emisión, sin que sea preciso el contacto directo con él. Aunque se pueden aplicar en cualquier lugar del cuerpo, se utilizan fundamentalmente en el conducto auditivo. En este caso, se obtiene la temperatura central del cuerpo a través del calor desprendido por la membrana del tímpano que comparte el riego sanguíneo con el hipotálamo. El aparato detecta la radiación infrarroja del canal auditivo y realiza un cálculo basado en una ecuación cuántica que determina y representa digitalmente la temperatura del cuerpo y la muestra en una pantalla de cristal líquido. Se obtiene una medición precisa siempre que la sonda del aparato se haya colocado correctamente dentro del canal auditivo, de lo contrario el infrarrojo no podrá medir la temperatura o dará un dato erróneo. En los termómetros timpánicos si la sonda toca el tracto auditivo y no el tímpano la temperatura suele ser hasta un grado menor que la temperatura corporal real.

La información de la medición de la temperatura aparece en la pantalla de cristal líquido al cabo de 2 a 3 segundos. El tiempo de medición es el más rápido y normalmente disponen de una señal acústica avisadora. La mayoría de los modelos pueden mostrar las medidas de temperatura en grados Celsius o Fahrenheit, y algunos modelos disponen de ajustes matemáticos para hacer comparable la medida de la temperatura del canal auditivo con las medidas de temperatura tomadas en otras zonas del cuerpo.

Estos termómetros dan errores si la temperatura de la habitación está fuera del rango normal (18-26°C).

Algunos estudios sugieren que estos termómetros no son aconsejables en niños de menos de 3 meses debido a que sus canales auditivos son demasiado pequeños. También es difícil obtener buenos resultados de medición en niños inquietos y activos.

Es una técnica que se caracteriza por ser rápida y fiable pero tiene algunas limitaciones como son la perpendicularidad de la luz infrarroja, la presencia de cerumen, otitis o cualquier otra incidencia. La lectura se tiene que realizar con rigor para ser fiable. Además la temperatura puede variar de un oído a otro, por ello se aconseja medir la temperatura en el mismo oído o en ambos.

Por otra parte existe una buena correlación entre la temperatura timpánica y la de la arteria pulmonar.

Ventajas: Medición rápida; permite obtener la temperatura central sin un abordaje invasivo; intervalos de medición con posibilidad de obtener valores de hipotermias; fácil lectura.

Inconvenientes: A pesar de ser una técnica sencilla requiere aprendizaje y entrenamiento; incorpora material fungible; muy frágil a las caídas; riesgo de contaminación; genera residuo (pilas); puede ser doloroso en pacientes con otitis al introducir el termómetro en el canal auditivo.

Los termómetros infrarrojos frontales miden la temperatura corporal en pocos segundos, leyendo el calor emitido desde la frente por medio de infrarrojos. Suelen disponer de sondas de formas tales que permiten leer exclusivamente el calor emitido, aislándolo del entorno. La frente, en particular la zona de la sien, es uno de los mejores puntos para detectar la temperatura corporal, ya que está irrigada por la arteria temporal, aunque las medidas pueden estar muy afectadas por la temperatura ambiental. Para obtener buenas lecturas con estos termómetros, es importante que tanto las máquinas como las personas estén aclimatadas en el ambiente donde se va a realizar la medición. El termómetro debe encontrarse en el lugar donde se va a efectuar la medida como mínimo 20 minutos antes de ésta, y la persona a la que se mide la temperatura, 5 minutos antes.

En algunos estudios muestran resultados similares a las mediciones realizadas con termómetros de mercurio. Sin embargo, la medición de la temperatura en la frente o la piel puede estar afectada por la sudoración, la presencia de cremas, lociones, etc.

Termómetros químicos o de cambio de fase

Son productos que permiten un control de la temperatura gracias a los cambios químicos que se producen en una matriz de puntos que contiene sustancias químicas termosensibles que cambian de color al variar la temperatura. Suelen tener la forma de barras plásticas o de tiras autoadhesivas. Estos termómetros pueden usarse en la cavidad oral, la axila y el recto. No pueden usarse en el oído. Los tiempos de lectura oscilan entre los 60 segundos en la cavidad oral y los 3 minutos en la axila. En cuanto a la precisión y exactitud de las medidas tomadas con estos termómetros, existen datos contradictorios en la literatura, aunque los últimos modelos aparecidos en el mercado se atribuyen comportamientos similares a los termómetros de mercurio y resultados satisfactorios para la práctica clínica. Un valor añadido de estos termómetros es que no contienen materiales potencialmente tóxicos, lo que unido a su bajo coste de producción, facilita el que sean productos desechables, con lo que se minimizan los riesgos de contaminaciones cruzadas entre pacientes. También existen modelos de varios usos para un mismo paciente.

Basándose en este mismo método existe un chupete que incorpora un dispositivo de cristal líquido termosensible, apenas perceptible, que indica en todo momento si la temperatura corporal del niño aumenta. Su color negro a temperatura normal, pasa a verde en caso de fiebre moderada y azul en caso de fiebre alta.

También existen cintas sensibles a la temperatura. Dan información de la temperatura corporal superficial. Se aplican sobre la piel, generalmente en la frente o en el abdomen, la cinta reacciona mediante un cambio de color. Es necesario que la piel esté seca, ya que la sudoración puede alterar la adherencia. El tiempo de colocación es sugerido por los fabricantes y varía entre 15 y 45 segundos. No obstante hay controversias en cuanto al tiempo adecuado para alcanzar un resultado fiable. El NICE no aconseja usar termómetros químicos en la frente en niños. Son de un solo uso y no son muy exactos en la medición.

Ventajas: Método rápido, no invasivo y al ser de un solo uso no hay riesgo de infección cruzada; sin residuos tóxicos.

Inconvenientes: Baja precisión de medida; resultan caros ya que hay que desecharlos después de cada uso. Sus lecturas son menos exactas que los anteriores ya que no reflejan los cambios rápidos de temperatura, especialmente en caso de hipertermia ni dan valores de hipotermia; gran influencia de la temperatura ambiental. Algunos se alteran si se almacenan a temperaturas superiores a 35°C.

Tabla I. Características diferenciales de los diferentes tipos de termómetros

	Mercurio	Galinstan	Electrónico	Infrarrojo	Químico
Intervalo de medición ²	35-42°C	35-42°C	32-42°C	33-42°C	35-42°C
Tiempo de medición ³	8-10 min. axilar	4 min. axilar	30-60 seg. axilar	2-3 seg. timpánico	Cutánea 2-3 min.
Lugar de medición	Oral, rectal y axilar	Oral, rectal y axilar	Oral, rectal y axilar	Tímpano Frente	Oral, rectal y cutánea
Fungible	No	No	Funda plástico opcional	Funda de plástico	Un solo uso
Residuo	Mercurio	Galinstan	Batería o pilas	Batería o pilas	No
Desinfección	Agua y jabón Alcohol	Agua y jabón Alcohol	Agua y jabón Alcohol	Incorpora fungible	Un solo uso

Criterios de selección

La elección de un sistema de medición de la temperatura corporal deberá hacerse en función del ámbito de utilización: hogar, hospitalización, cuidados intensivos, etc. Existen una serie de factores clínicos a considerar cuando se debe seleccionar un termómetro (tabla II), no obstante el factor más importante que afecta a la precisión de las medidas para la mayoría de los termómetros es que la técnica de medición sea la correcta y por ello deberá elegirse un modelo fácil de usar y a ser posible rápido.

Tabla II. Criterios de selección de un termómetro

Aspectos clave	Características específicas
Fácil de usar	Simple manejo Tiempo de lectura aceptable Tamaño adecuado Batería de larga vida
Precisión	Técnica de colocación fácil Rango de medida adecuado Sin necesidad de recalibración
Control infección	Fácil limpieza Cobertores desechables
Entorno ambiental	No afectados por la temperatura ambiental No interferencias con aparatos electromagnéticos Robustos
Factores del paciente	Útil para todo tipo de paciente y rango de edad

EL MERCURIO; CONTAMINACIÓN MEDIO-AMBIENTAL Y LA PRÁCTICA FARMACÉUTICA: LOS TERMÓMETROS MÉDICOS

El mercurio es un metal, que se encuentra en la naturaleza. A pesar de que el mercurio es un elemento conocido y utilizado desde la antigüedad, ha sido, en la era de la industrialización, cuando se ha extendido su empleo con múltiples aplicaciones en la vida diaria.

Ello ha originado que actualmente el mercurio sea uno de los principales contaminantes atmosféricos. Se estima que se consumen unas 166 TM/ año de mercurio, que acaban emitidas a la atmósfera.

Todos los organismos responsables mundiales han considerado que limitar su uso es un objetivo prioritario para mantener el medio ambiente, así como, adoptar medidas preventivas para disminuir o sustituir los productos y procesos que contienen mercurio, y aplicar medidas urgentes de control para una gestión eficaz de sus residuos.

² Varía según los modelos. Existen algunos especiales para hipotermia.

³ Varía según el fabricante y el modelo.

Las propiedades físicas del mercurio han hecho de él la materia prima indispensable en múltiples objetos y procesos industriales. Su conductividad es excelente y permite mediciones precisas de temperatura y presión, lo que le hizo durante mucho tiempo imprescindible para los instrumentos de medición principalmente termómetros, tensiómetros y barómetros. Otros usos del mercurio han sido la lámpara de vapor de mercurio como fuente de luz ultravioleta o para esterilizar agua, la iluminación de calles y autopistas, enchufes, rectificadores eléctricos, interruptores, el mercurio ha resultado útil de catalizador y para lámparas fluorescentes. El vapor de mercurio se utiliza también en los motores de turbinas, reemplazando al vapor de agua de las calderas y en la industria de explosivos. Sin olvidar otros sus usos sanitarios como biocida, o su uso por los dentistas en las amalgamas.

Actualmente se sabe que el mercurio también es una potente neurotoxina que afecta el SNC.⁴ Todas las formas de mercurio que existen en el medio ambiente se pueden acumular en los organismos, pero es en el agua donde las bacterias transforman el mercurio en metilmercurio. Uno de sus metabolitos bioacumulable en el tejido de los grandes peces predadores y, además, la forma en que se incorpora a la cadena alimentaria: los peces lo ingieren cuando se alimentan con las algas, por tanto prácticamente todos los pescados contienen rastros de mercurio. El metilmercurio se acumula en los tejidos de los peces y de los mariscos. En áreas de contaminación de mercurio, los peces grandes y viejos tienden a tener mayores niveles de mercurio.

El mercurio se emite al aire, a veces de forma natural, como, por ejemplo, en emisiones volcánicas o por combustión de fósiles y otras, por la intervención del hombre, actividades de minería, en la combustión de carbón, fundición y residuos sólidos. Incluso los incendios forestales son origen de mercurio que se libera al medio ambiente. Los vapores de mercurio emitidos al aire quedarán por años, mientras, el mercurio se mueve libremente por el agua y la tierra.

La exposición de una persona a altos niveles de metilmercurio provoca lesiones en distintos órganos, que puedan llegar a ser irreversibles: pulmones, edema pulmonar, cerebro (memoria, visión y audición) piel.

LA UNIÓN EUROPEA: estrategia comunitaria sobre el mercurio.

Con el objetivo de reducir la cantidad de mercurio que entra en el flujo de residuos, lo que reportará beneficios para el medio ambiente y a largo plazo para la salud humana, la Unión Europea ha considerado necesario el estudio de los diversos usos del mercurio.

Uno de los casos en que se han dictado pautas restrictivas a su comercialización ha sido el de los dispositivos de medición.

El 25 de septiembre de 2007, la Comisión ha publicado la “Directiva 2007/51 de 25 de septiembre” que restringe la comercialización de nuevos dispositivos de medición con mercurio. Esta directiva no debe aplicar restricciones a los que están en uso o se comercializan en el mercado de antigüedades.

El Parlamento Europeo ha tenido en cuenta, además, la viabilidad económica y técnica, así como la información disponible sobre los actuales dispositivos de medición y control, y ha concluido que sólo se aplicarán medidas restrictivas inmediatas a los dispositivos de medición destinados a la venta al público, tipo termómetros médicos para la fiebre.

DIRECTIVA 2007/51 de 25 de septiembre:

Los estados miembros adoptarán y publicarán las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a lo establecido en esta directiva a más tardar el 3 de octubre de 2008. Aplicarán dichas disposiciones a partir del 3 de abril de 2009.

⁴ La enfermedad de Minamata es un síndrome neurológico grave y permanente causado por envenenamiento de mercurio. Los síntomas incluyen ataxia, alteración sensorial en manos y pies, deterioro de los sentidos de la vista y el oído, debilidad y, en casos extremos, parálisis y muerte.

En el anexo I de la Directiva 76/769/CEE se inserta el siguiente punto:

«**19 bis Mercurio:** Número CAS: 7439-97-6

1. No podrá comercializarse:

- a) en termómetros médicos para la fiebre;
- b) en otros dispositivos de medición destinados a la venta al público en general. (Por ejemplo, manómetros, barómetros, esfigmomanómetros⁵ y termómetros no médicos).

2. La restricción mencionada en el apartado 1 letra b), no se aplicará a:

- a) los dispositivos de medición que tengan más de 50 años de antigüedad el 3 de octubre de 2007, o
- b) los barómetros⁶ [excepto los mencionados en la letra a)] hasta el 3 de octubre de 2009.

3. A más tardar el 3 de octubre de 2009, la Comisión llevará a cabo un estudio acerca de la disponibilidad de alternativas fiables más seguras, técnica y económicamente viables, de esfigmomanómetros que contengan mercurio y otros dispositivos de medición destinados a la asistencia sanitaria y a otros usos profesionales e industriales.

Sobre la base de dicho estudio o tan pronto como se disponga de nueva información sobre alternativas fiables más seguras de esfigmomanómetros y otros dispositivos de medición que contengan mercurio, la Comisión, si procede, presentará una propuesta legislativa dirigida a ampliar las restricciones mencionadas en el apartado 1 a los esfigmomanómetros y otros dispositivos de medición destinados a la asistencia sanitaria y a otros usos profesionales e industriales, de manera que se vaya eliminando progresivamente el mercurio de los dispositivos de medición según vaya siendo técnica y económicamente viable.»

Bibliografía

1. Crawford DC, Hicks B, Thompson MJ. Which thermometer? Factors influencing best choice for intermittent clinical temperatura assessment. *Journal of Medical Engineering&Technology* 2006;30(4):199-211.
2. Serna A, Useros P, Hidalgo T. Material para diagnóstico y registro de datos. En: Plan Nacional de Formación Continua. Productos Sanitarios. Módulo IV. 174-181. Edita Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos 2004.
3. García-Alvero MC, Berrade E, Marín B. Sistemas para determinar la temperatura corporal. *ROL Enf* 2000; 23(9):649-55.
4. Feverish illness in children. NICE clinical guideline 47. May 2007.
5. García-Callejo FJ, Platero A, Sebastián E, Marco M, Alpera RJ, Martínez MP. Condicionantes otológicos en termometría timpánica con infrarrojos en niños. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2004;55:107-13.
6. Nyholm B. Accuracy of digital tympanic, oral, axillary, and rectal thermometers compared with standard rectal mercury thermometers. *European Journal of Surgery* 2000;166(11):848-51.
7. Farnell S, Maxwell L, Tan S, Rhodes A, Philips B. Temperature measurement: comparison of non-invasive methods used in adult critical care. *Journal of Clinical Nursing* 2005;14:632-39.
8. Dodd SR, Lancaster GA, Craig JV, Smyth RL, Williamson PR. In a systematic review, infrared ear thermometry for fever diagnosis in children finds poor sensitivity. *J Clin Epidemiol* 2006; 59(4):354-7.
9. Hooper VD, Andrews JO. Accuracy of non-invasive core temperature measurement in acutely ill adults: the state of the science. *Biol Res Nurs* 2006; 8(1):24-34.

⁵En cuanto a los **esfigmomanómetros**, se considera que para garantizar la eliminación progresiva de otros dispositivos de medición utilizados en la asistencia sanitaria que contienen mercurio la Comisión se propone conocer la existencia de alternativas fiables más seguras y técnica y económicamente viables.

⁶ En cuanto a los **barómetros** se considera que son objeto de decoración y sobre todo no se manipulan y se usan menos que los termómetros, por tanto se establece un periodo que permita a los fabricantes adaptar sus empresas a la sustitución progresiva del mercurio por otro elemento de fabricación.