

---

# Monitoreo hemodinámico en la unidad coronaria

Ma. de Lourdes Navarro Velázquez, Ma. Elena Tellez Olvera, Lucia Sánchez Ortega, Martha Castañeda Santos y Ma. del C. Elena Lira Góngora.

## Resumen

*El monitoreo hemodinámico del corazón es un proceso altamente sofisticado y de gran utilidad. El catéter de Swan Ganz es adecuado para la medición del gasto cardiaco, conocer la presión del llenado ventricular izquierdo, determinación de la saturación de oxígeno, conocer la presión de la aurícula izquierda y la presión pulmonar capilar, conocer la presión de la arteria pulmonar y estudiar la respuesta ante el uso de fármacos que afectan la función ventricular. Las indicaciones para el uso de este catéter son la insuficiencia ventricular izquierda, choque cardiogénico, síndrome de bajo gasto cardiaco, sobrecarga aguda de cavidades cardíacas, pacientes cardiopatas que requieren grandes cantidades de líquidos y pacientes cardiopatas que usan medicamentos que alteran la función ventricular.*

*La línea articular es el registro de la presión arterial directa. Se utiliza para obtener la presión arterial en pacientes que no la tienen palpable, para obtener sangre arterial frecuente y para la monitorización constante de la presión arterial.*

*El tercer tipo de monitorización es el catéter de aurícula izquierda. Este se coloca directamente dentro de la aurícula izquierda al final de la cirugía cardíaca, a cielo abierto, y mide la presión interior de la aurícula, permitiendo una precisión más exacta de la presión venosa central, evaluándose el volumen de reposición, la presión de llenado de la aurícula izquierda y la presión diastólica final del ventrículo izquierdo.*

## Summary

*Hemodynamic monitorization of the heart is a highly sophisticated and most useful procedure. The Swan Ganz catheter is appropriate for the study of cardiac output, filling pressure of the left ventricle, measure of oxygen saturation, measure of the pressure of the left ventricle and pulmonary capillary pressure, measure the pressure of the pulmonary artery and explore the hemodynamics of the heart after the use of drugs. This catheter is useful in left ventricular insufficiency, cardiogenic shock, low cardiac output, acute cardiac overloading, cardiac patients who need massive liquid application and cardiac patients receiving drugs that affect ventricular function.*

*The arterial line is a direct registration of arterial pressure. It is used in patients whose arterial pressure cannot be felt, when frequent arterial blood samples are required, or for continuous pressure monitorization.*

*The third type of monitorization is the left auricle catheter. It is placed directly within the auricle upon finishing open heart surgery, and measures the pressure within the auricle, allowing better precision of the central venous pressure, evaluation of volume recovery, the filling pressure of the left auricle, as well as the final diastolic pressure in the left ventricle.*

---

## Introducción

El tratamiento de la serie compleja de fenómenos identificados de manera colectiva bajo el título de "infarto del miocardio", se facilita mucho si se conocen los cambios hemodinámicos que acompañan a este trastorno patológico frecuente.<sup>1</sup>

La poca confiabilidad del cateterismo de la arteria pulmonar mediante microcateter junto con los errores

conocidos, fue la base del desarrollo de un acceso digno de confianza y relativamente seguro al cateterismo de la arteria pulmonar basado en un principio de flotación, fue el principio del catéter con globo de flotación de la punta, dirigido en el sentido de la circulación, muy flexible, con el cual la frecuencia de arritmias cardíacas fue pequeña como para constituir un riesgo mínimo.<sup>2</sup>

El catéter está condicionado para proporcionar datos importantes en la práctica de la clínica con un grado

---

M<sup>a</sup> de Lourdes Navarro Velázquez, M<sup>a</sup> Elena Tellez Olvera y Lucia Sánchez Ortega. Enfermeras Especialistas, U:C:C: Martha Castañeda Santos. Subjefe de Servicio de U:C:C: M<sup>a</sup> del C. Lira Góngora. Jefe de Enfermeras del Hospital de Especialidades, Centro Médico La Raza, IMSS, México, D.F.

relativamente alto de seguridad. La importancia de estos datos en el tratamiento de los pacientes y en la toma de decisiones terapéuticas es grande, y su significado es comprensible con facilidad para médicos y enfermeras que atienden pacientes graves.

### Descripción del catéter<sup>3</sup>

El catéter de Swan Ganz está diseñado para cumplir los criterios de seguridad y fácil introducción.

El tamaño estándar para adultos mide 110 cm, que es el 7 F, también se puede usar el 5 F que tiene 80 cm, y en pediatría el 4 F, es el más adecuado. Es de polivinilo, flexible y suave con un balón inflable en el extremo distal, que cumple varias funciones:

- Permite la flotación de la punta del catéter en el torrente sanguíneo, lo que facilita su transporte en el sentido de la corriente.
- Hace mínimo el traumatismo sobre el endocardio, por lo que disminuye el riesgo de perforación y de inducción de arritmias.
- Obstruye a voluntad el flujo por la rama de la arteria pulmonar en que esté situado, lo que permite el registro de la presión distal a la obstrucción.

El catéter básico consta de cuatro vías:

- Vía para la inyección de aire para el globo.
- Vía distal que va a alojarse en la arteria pulmonar para que al inflar el globo, la corriente sanguínea lo arrastre y quede enclavado en los capilares pulmonares y poder registrar la presión capilar pulmonar o cuña.
- Vía proximal, situada a 30 cms. antes de la distal que viene a quedar en la vena cava o en la aurícula derecha y que sirve para tomar la presión de la aurícula derecha y para la inyección del suero frío en el cálculo del gasto cardiaco.
- Vía para termodilución, que termina 4 cms. por encima del extremo del catéter, y contiene en su punta un dispositivo llamado termistor, capaz de registrar la temperatura de la sangre que circula a su alrededor. Está vía se conecta a la computadora del gasto cardiaco.

### Objetivos

- Medir el gasto cardiaco del paciente empleando la técnica de termodilución.
- Conocer la presión de llenado ventricular izquierdo.
- Determinación de la saturación de oxígeno mediante la

toma de muestras sanguíneas para conocer la existencia de cortos circuitos intracardíacos.

- Conocer la presión de la aurícula izquierda o inferirla por medio de la presión capilar pulmonar, que permite anticiparse al edema agudo pulmonar o de la insuficiencia cardiaca.
- Conocer la presión de la arteria pulmonar.
- Deducir o conocer el estado hemodinámico secundario al uso de drogas que actúan sobre la función ventricular.

### Indicaciones

- Insuficiencia ventricular izquierda.
- Choque cardiogénico.
- Síndrome de bajo gasto cardiaco.
  - por infarto del miocardio extenso o masivo.
  - arritmias cardiacas graves.
- Sobrecarga aguda de cavidades cardiacas como: tromboembolias pulmonar, insuficiencia mitral, ruptura del septum interventricular.
- Pacientes cardiopatas que requieren gran cantidad de líquidos, incluso sangre.
- Pacientes cardiopatas en que están utilizando medicamentos que alteren la función ventricular.

### Equipo para su instalación

- Carro rojo con desfibrilador.
- Fluoroscopia.
- Transductor.
- Computador de termodilución.
- Carro de curación.
- Equipo de venodisección.
- Gorros y cubre boca.
- Batas y campos estériles.
- Guantes.
- Anestésicos locales.
- Jeringas de cristal y desechables.
- Extensión D 750 y llaves de 3 vías.
- Solución glucosada al 5% 250 cc con 1000 UI y 5000 UI de heparina respectivamente
- Suturas
- Tela adhesiva y Steri drape
- Venda elástica de 10 cms.
- Un tripie
- Solución Benjuí
- Monitor de presiones con pantalla
- Electrocardiógrafo

**Técnica de inserción**

Se elige el sitio de instalación que podrá ser por yugular, subclavia, femoral o basílica. Se procede a realizar la asepsia de la zona, se cubre con campos estériles y se procede a la anestesia cuidadosa de la zona de incisión. Se comprueba la integridad del globo, se conectan las vías proximal y distal del catéter a sus respectivos sistema de suero heparinizado, con llaves de tres vías, y se purga al catéter para evitar obstrucciones durante la progresión, se procede a canalizar la vena o iniciar la venodisección. Se introducirá la primera porción del catéter lo hacemos progresar fijándose en las marcas del catéter (hay una cada 10 cms.), esta progresión se hará bajo control fluoroscópico del trayecto, o mediante registro gráfico en el osciloscopio. La morfología de la distintas ondas que aparecen nos permitirá saber en que cavidad cardíaca nos encontramos (fig. 1). Normalmente a los 30-40 cms del catéter introducido (dependiendo de la vía), nos encontramos en la aurícula derecha, entonces debemos inflar el globo para que la corriente sanguínea lo arrastre y pase más fácilmente al ventrículo derecho, de esta forma la posibilidad de desencadenar arritmias por excitabilidad del miocardio ventricular se reduce considerablemente; no obstante se puede desencadenar extrasístoles ventriculares. El catéter pasará a la arteria pulmonar y posteriormente a una de sus ramas. Una vez ahí, se pasará a los capilares pulmonares, se desinflará el globo y se comprobará su colocación.<sup>4</sup> Se fijará el catéter a la piel con puntos de seda que impidan el deslizamiento del catéter y se cubrirá el sitio de inserción con un apósito estéril y

aislante. Posteriormente se pedirá una placa de tórax de control.

**Toma de presiones**

Una vez colocado el catéter de Swan Ganz procederemos a la medición de presiones, pero para que éstas sean exactas tendremos que calibrar antes el sistema de medición.<sup>5</sup>

En el caso de los transductores y amplificadores de presión, esté calibrado debe ser doble de la escala inferior siempre será 0 y el superior 100 mmHg.

La calibración 0 y 100 se obtiene poniendo el transductor a nivel de la línea media axilar y comunicando el transductor a la atmósfera, mediante una llave de tres vías, posteriormente se comunicará el transductor al catéter. Pero se aconseja repetir la calibración 2 a 3 veces al día.

La medición de presiones se debe realizar con arreglo de las siguientes pausas:

- a) Comprobar que el sistema esté libre de sangre o burbujas de aire.
- b) Calibrar el transductor.
- c) Desconectar el ventilador si lo tienen, y si es posible.
- c) Medir la presión pulmonar sistólica, diastólica y media.
- e) Inflar lentamente el balón observando la morfología, hasta que se produce el cambio de la presión de la arteria pulmonar a la de la presión capilar pulmonar.
- f) Desinflar el globo al terminar de tomar las presiones.
- g) Conectar el transductor a la vía proximal para medir la presión de la aurícula derecha.
- h) Conectar el transductor a la vía distal y lavar el catéter.

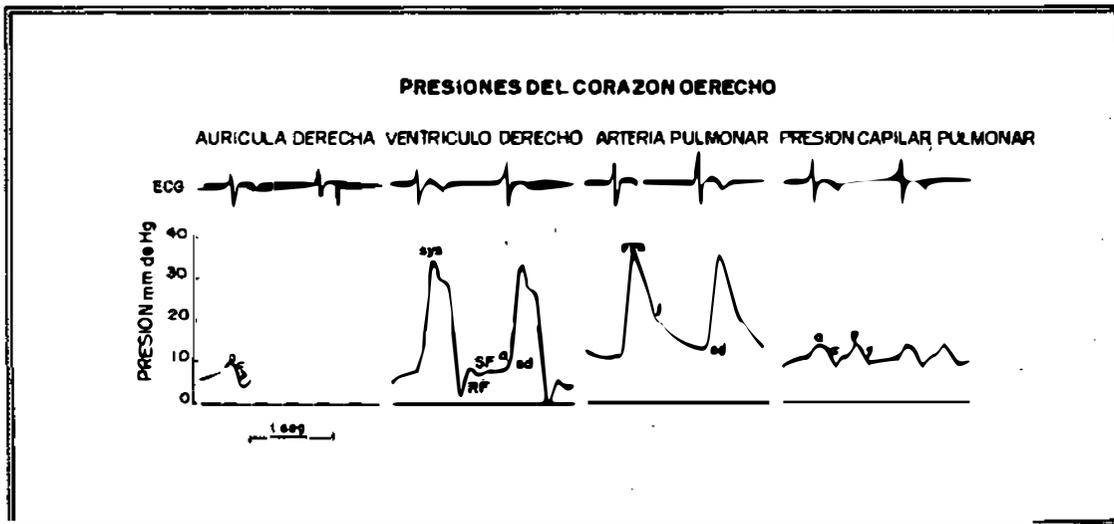


Figura 1.

## Presiones normal del corazón y grandes vasos

Presiones en mm Hg	Promedio	Extremos
Aurícula derecha		
Media	2.8	1 - 5
Ventrículo derecho		
Sistólica máxima	25	17 - 32
Diastólica final	4	1 - 7
Arteria pulmonar		
Media	15	9 - 19
Sistólica máxima	25	17 - 32
Diastólica final	9	4 - 13
Presión en cuña de la A. P.		
Media	9	4.5 - 13
Aurícula izquierda		
Media	7.9	2 - 12
Ventrículo izquierdo		
Sistólica máxima	130	90 - 140
Diastólica final	8.7	5 - 12
Arteria humeral		
Media	85	70 - 105
Sistólica máxima	130	90 - 140
Diastólica final	70	60 - 90

## Precauciones

1. Mantener siempre desinflado el globo, excepto cuando se mida la presión capilar pulmonar.
2. Verificar la permeabilidad de las vías con las soluciones heparinizadas.
3. No exceder la cantidad de aire para inflar el globo por peligro de ruptura del globo (1 ml).
4. En caso de presentar tromboflebitis, retirar inmediatamente el catéter.
5. El catéter no debe permanecer más de 5 días.
6. Las soluciones para permeabilizar las vías se cambiarán cada 24 horas.
7. Vigilar que el circuito del transductor no tenga burbujas de aire o sangre de reflujo.
8. Cuando se tomen muestras para laboratorio, siempre se tomarán por vía proximal, así como la administración de soluciones y medicamentos.
9. Extremar la asepsia en las manipulaciones, y cambiar el apósito cada 24 horas o cuando sea necesario, vigilando el aspecto del punto de punción ó herida.
10. No inyectar fármacos por vía distal por alteraciones local del endotelio arterial.

## Complicaciones

1. Infección cutánea y pulmonar.
2. Hemorragia pulmonar.
3. Embolismo pulmonar.
4. Ruptura miocárdica y taponamiento cardíaco.
5. Arritmias cardíacas y trastornos de conducción.
6. Formación de asas o acodamiento, o incluso nudos al estar instalando el catéter.
7. Sobredistensión y ruptura de una de las ramas de la arteria pulmonar.
8. Necrosis del epitelio en el sitio de contacto de la punta del globo inflado.
9. Infarto pulmonar por isquemia, si se deja el globo inflado.
10. Embolias gaseosas por entrada de aire procedente de los sistemas.

## Gasto cardíaco

El principio de Fick aplicado al consumo de oxígeno, se refiere a que el consumo de oxígeno del organismo en una unidad de tiempo (minuto), es directamente propor-

cional a la sangre que circula en ese tiempo (volumen minuto) y a la diferencia en el contenido de oxígeno entre la sangre que llega a los tejidos (arterial), menos el de la que los abandona (venosa).<sup>6</sup>

Con el catéter de Swan Ganz el método de la termolición se utiliza para medir el gasto cardíaco, si inyectamos suero glucosado en cantidad conocida y a temperatura conocida en la aurícula derecha (orificio proximal del catéter) permitimos que se mezcle homogéneamente con la sangre en el ventrículo derecho y medimos la variación que se produce en la temperatura de la sangre (diferencia de temperatura en la arteria pulmonar antes y después de la inyección), sabremos qué cantidad de sangre pasó durante el tiempo en que se ha producido el cambio de temperatura.

Para ello se necesita:

1. Tener colocado el catéter de Swan Ganz.
2. Disponer de un sistema de inyección que introduzca una cantidad de suero constante y en un tiempo constante. Esto se consigue con mayor precisión mediante una pistola de aire comprimido. Cuando no se tiene esto se hace manual.
3. Disponer de una computadora que:
  - a) Mida la temperatura del suero que inyectamos
  - b) Recoja los datos de las diferencias de temperatura en la arteria pulmonar (Thermistor)
  - c) Integre todos los datos y nos de como resultado de sus operaciones el gasto cardíaco.

La manipulación de la computadora varía según el modelo. Como normas adicionales a tener en cuenta, quizá sea conveniente realizar un mínimo de tres determinaciones cuyos resultados no varíen más de un 5 por ciento, y recordar que con gastos cardíacos bajos las posibilidades de error disminuyen si se inyectan 10 cc de suero a temperatura de 0° C.

Para comparar gastos es más conveniente referirlos al índice cardíaco, que se obtiene dividiendo el gasto cardíaco expresado en litro/minuto, por el área de la superficie corporal expresada en M<sup>2</sup>. El índice cardíaco, para todos está entre los 3 y los 4 lts/min/m<sup>2</sup>.

## Línea arterial

### Concepto

Es el registro de la presión arterial directa por medio de la cateterización de una arteria que es transmitida a un monitor de cabecera a través de un transductor.<sup>7</sup>

### Objetivos

1. Obtener la presión arterial en pacientes que no es palpable.
2. Obtener muestras de sangre arterial frecuentes.
3. Monitorización constante de la presión arterial.

### Sitios de instalación

Las arterias más frecuentemente empleadas son: la radial, previa comprobación del pulso cubital, maniobra de Allen's,<sup>8</sup> la femoral y la braquial.

El diámetro del catéter y su longitud variará según la arteria a canalizar. Para la radial y braquial la longitud puede ser de 4 pulgadas y el calibre de 18 a 20; para la femoral, calibre de 18 y longitud de 6 a 8 pulgadas. El material debe ser de consistencia semirrígida y radiopaco.

### Equipo

1. Mesa de mayo con equipo de venodisección.
2. Carro de curación equipado con; soluciones antisépticas, gasas, vendas, solución benjui, solución salina, gorros, cubrebocas, suturas, anestésicos locales, llave de tres vías.
3. Batas y campos estériles.
4. Catéter para arteria radiopaco.
5. Tela adhesiva y férula para brazo.
6. Transductor con solución salina heparinizada.
7. Extensiones D 750.
8. Monitor de cabecera con módulos de presiones.

### Procedimiento<sup>8,10</sup>

1. Dar apoyo emocional al paciente.
2. Preparar y trasladar el equipo a la unidad del paciente.
3. Preparar el transductor con solución salina 250 cc más 5000 unidades de heparina.
4. Conectar el transductor al módulo de presiones y calibrar.
5. Proporcionar al médico soluciones antisépticas, campos, catéter y llave de tres vías.
6. Proporcionar al médico gorro, cubreboca, bata y guantes.
7. La inserción puede ser por punción percutánea, seguida de la introducción de una guía semirrígida de punta deformada a través de la cual pasa el catéter, se fija a la piel.
8. La inserción también puede ser por arteriodisección en la cual se utilizará el equipo de venodisección.
9. Se conecta el transductor al catéter por medio de la llave de tres vías y se verifica su funcionamiento.

10. El catéter y la llave se fija a la piel con tela adhesiva previa aplicación de solución Benjuí.
11. Se coloca férula posterior y se fija con una venda, se sujeta a la cama con otra venda.
12. Se realizan mediciones de la presión arterial sistólica, media y diastólica (ver cifras normales en hoja anterior).
13. Dejar la palanca de selección en presión arterial media, para vigilancia constante.
14. Anotar parámetros en la hoja de registros clínicos.

#### Precauciones

1. Garantizar la permeabilidad mediante flujo constante, con solución salina heparinizada a flujos de 3-6 cc/hora.
2. En caso de obstrucción si fuera por trombo deberá extraerse y no tratar de pasarlo al torrente sanguíneo.
3. Es indispensable tener presente que en el sistema arterial, cualquier trombo o burbuja de aire puede producir una embolia distal con la consiguiente isquemia, que puede ser grave. Por ello hay que ser especialmente cuidadoso en su lavado y en la vigilancia de fenómenos isquémicos (ausencia de pulso, frialdad o cianosis).
4. Se vigilará la curva de presión en el osciloscopio continuamente para detectar la aparición de artefactos o modificaciones en los valores.
5. Se tendrá especial cuidado en la fijación y correcto ajuste de las conexiones, que preferentemente serán de rosca, para prevenir hemorragias que pueden ser importantes dada la elevada presión del sistema arterial.
6. Los valores de la presión arterial medida por transductor y amplificador son superiores en 10 mmHg a los obtenidos mediante el sistema habitual de compresión externa con manguito y auscultación. Las modificaciones en estos márgenes deben hacer sospechar artefactos cuya causa debe ser buscada y corregida.

#### Complicaciones

1. Dolor en el sitio de punción o incisión.
2. Obstrucción arterial o vasoconstricción.
3. Hemorragia externa.
4. Desprendimiento de la placa de ateroma.
5. Disección de la pared arterial.
6. Infección.

En su conjunto y si se es cuidadoso, las complicaciones no superan el 1%. En su mayoría son reversibles con la retirada del catéter. Esto siempre se debe realizar cuidadosamente haciendo compresión que se mantendrá durante cinco o diez minutos hasta que deje de sangrar.

#### Catéter de aurícula izquierda

La monitorización de la aurícula izquierda por medio de un catéter colocado directamente en el interior de la misma es un concepto relativamente nuevo en México, en pacientes sometidos a cirugía de corazón abierto.

La medición de la presión de la aurícula izquierda nos da un parámetro más verídico o una mejor guía de la presión venosa central, para valorar reposición de volumen, además de que nos señala la presión de llenado de la aurícula izquierda y la presión diastólica final del ventrículo izquierdo.<sup>8</sup>

Este catéter se coloca durante el acto quirúrgico una vez que se termina el procedimiento correctivo (congénitos) sustitutivos (prótesis) o paliativos (isquémicos) y se decide terminar el período de derivación cardiopulmonar, o de bomba extracorpórea, ya sea colocándose por medio de una jareta en la aurícula izquierda, o en el trayecto de la sutura de la misma cuando hubo necesidad de apertura.

Las cifras de presión auricular son específicas para cada paciente dependiendo del tipo de cardiopatía, de la cirugía realizada, de la complejidad de lesiones del mismo paciente, de la cardiomegalia, las cifras normales (ver página 22).

Se puede prescindir del catéter de Swan Ganz contando con este catéter para seguir la evolución postoperatorio inmediato.

El retiro del catéter se valora según las condiciones hemodinámicas del paciente, pero habitualmente se retirará dentro de las primeras 48 horas de postoperatorio previamente al retiro de los drenajes.

La manipulación inadecuada puede traer complicaciones graves, entre las más frecuentes: embolismo e infección. No es vía para la administración del medicamento, ni soluciones parenterales ni para toma de muestras de sangre. Debe mantenerse permeable con solución heparinizada y constante monitorización, vigilar la presencia de burbujas de aire en el sistema.

#### Agradecimientos

Agradecemos a los doctores Salvador Miyamoto Chongy Jesús Cordero Pérez médico de la Unidad coronaria su colaboración y revisión del manuscrito.

#### Referencias

1. Forreter JS. Medical Therapy of acute myocardial-infarction by application of hemodynamic subsets. *New Engl. J. Med.* 295: 1404, 1976.
2. Swan HJC, Ganz W, Forreter J, Marcus H, Diamond G and Chonette D. Catheterization of the heart in man with use of flow directed balloon-tipped catheter. *New. Engl. J. Med.* 283: 447, 1970.

3. A de la Torre E. Manual de cuidados intensivos segunda edición, pag. 195-200, 1982 Editorial Científica Médica. Barcelona.
4. Willian Bary, Willian Grossman. Cateterismo. Tratado de Cardiología Vol.I: 297-329, 2983.
5. Yang SS. Cateterismo Cardíaco y Parámetro Hemodinámico. Manual Moderno 1976.
6. Fick A. Uber die Messung des blutquantums in des herzventrikeln sitz der physik. Med Ges. Wurzburg; 16: 1870.
7. Gardner RM et al. Percutaneous indwelling radial artery catheter for monitoring cardiovascular function. New Engl. J. Med. 290: 1227, 1976.
8. Douglas M Berhrendt, W Gerald Austen. Intraoperative. Brown and Comapnay pg. 21-52, 1985.
9. Manual de Procedimientos. Unidad Coronaria del Hospital de Especialidades del Centro Médico La Raza.
10. Cárdenas LM. Procedimientos del Servicio de Urgencias y Unidad Coronaria. Instituto Nacional de Cardiología México 1982: III,37,38.

## EL TERMOMETRO DE MERCURIO

De Daniel Fahrenheit (1686-1736), se cuenta cómo en 1714 inventó el termómetro de mercurio y la escala térmica con que se le recuerda cotidianamente en los países de habla inglesa. Fahrenheit era nativo de Danzig, aunque pasó muchos años en Holanda; fue uno de los investigadores de principios del siglo XVIII que estudió el interesante y complicado problema físico del calor.

En años posteriores, y con propósitos similares, se le unieron otros inventores de escalas de temperatura como Reaumur, naturalista francés (1613-1757) cuya medición "*Reaumur*" (1730) aún se usa en algunos países; Andrés Celsius (1701-1744), astrónomo sueco de Uppsala, quien fue el primero en calibrar el termómetro en centígrados (1742), y lo dividió en 100 grados correspondientes a los puntos de congelación y ebullición del agua; termómetro que a la fecha se utiliza en la mayoría de los países. Finalmente William Thomson (Lord Kelvin), quien propuso una "*escala absoluta*" en la cual el agua hierve a 373.7 grados, se congela a 273.7 grados y teóricamente deja de existir como agua si se puede bajar la temperatura a cero absoluto.

J. S. P.