

# A un siglo del Premio Nobel de Willem Einthoven (1860-1927) y el desarrollo de la electrocardiografía

## *A Century after Willem Einthoven's Nobel Prize (1860-1927) and the Development of Electrocardiography*

CAMILA AMPUERO ACUÑA<sup>1</sup>, ALEJANDRO DONOSO FUENTES<sup>1</sup>

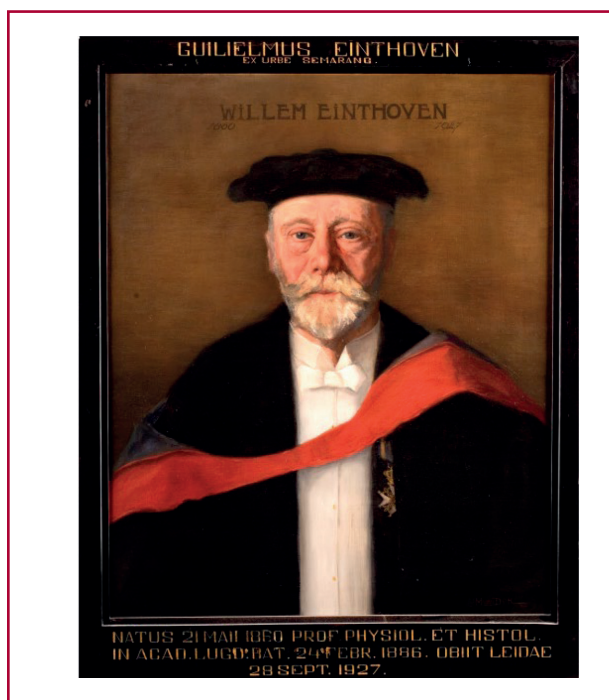
A cien años de la entrega del Premio Nobel de Fisiología o Medicina a Willem Einthoven (1860-1927) por su invento del galvanómetro de cuerda, actualmente conocido como electrocardiógrafo, este sigue siendo la herramienta diagnóstica de laboratorio cardiovascular más comúnmente utilizada para la evaluación de los trastornos de conducción cardíaca y enfermedad isquémica, pues es fidedigna, no invasiva y de bajo costo.

A continuación, se efectúa una reseña de la vida de tan notable médico y fisiólogo holandés, y se revisa parte de la historia del electrocardiógrafo, que concluyó con la instauración definitiva del dispositivo y el nacimiento de la electrocardiografía clínica.

La actividad eléctrica del corazón humano fue registrada por primera vez a fines del siglo XIX por el fisiólogo británico August Desiré Waller (1856-1922). Durante el mes de mayo de 1887, en el *St. Mary's Hospital*, del céntrico barrio londinense de Paddington, obtuvo un registro (entonces llamado electrograma) utilizando electrodos de superficie torácicos y un electrómetro capilar, dispositivo previamente desarrollado en 1873 por el físico francés Gabriel Lippmann (1845-1921). (1) El trazado era rudimentario y pobre en detalles, debido a la inercia del mercurio, y mostraba apenas dos deflexiones, la despolarización y la repolarización ventricular. Waller no estaba muy confiado en su utilidad; incluso mucho tiempo después (1911) señalaba: “No creo que la electrocardiografía vaya a tener alguna aplicación práctica en un hospital.... Se usará poco, o de vez en cuando en el caso de que haya que registrar una anomalía rara del pulso cardíaco.” (2)

Sin embargo, es opinión generalizada que la electrocardiografía moderna nació con el médico y fisiólogo holandés Willem Einthoven (1860-1927) (Figura 1).

Einthoven nació el 21 de mayo de 1860 en la ciudad de Semarang, en la isla de Java, actualmente perteneciente a Indonesia. Fue el tercero de seis hijos del



(En: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Portrait\\_of\\_W.\\_\(Willem\)\\_Einthoven,\\_professor\\_of\\_Physiology\\_and\\_Histology\\_at\\_Leiden\\_University\\_Icones\\_332.tiff](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Portrait_of_W._(Willem)_Einthoven,_professor_of_Physiology_and_Histology_at_Leiden_University_Icones_332.tiff). Dominio público)

**Fig. 1.** Retrato de Willem Einthoven, profesor de fisiología e histología en la Universidad de Leiden (1926). Autor: Albertus Jan Marinus van Dijk (1892-1967).

segundo matrimonio de Jacob Einthoven, con Louise Marie Mathilde Caroline de Vogel. Cuando murió su padre, Willem tenía apenas seis años. Cuatro años después, en 1870, junto a su familia se estableció en la ciudad de Utrecht, Holanda.(3)

El joven Einthoven intentó seguir los pasos de su padre, e ingresó en 1878 a la Universidad de Utrecht

REV ARGENT CARDIOL 2024;92:312-315. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v92.i4.20801>

Dirección para correspondencia: Camila Ampuero Acuña. E-mail: [camila.ampuero.a@gmail.com](mailto:camila.ampuero.a@gmail.com)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

©Revista Argentina de Cardiología

<sup>1</sup> Unidad de Paciente Crítico Pediátrico. Hospital Clínico Dra. Eloísa Díaz I. La Florida. Santiago. Chile.

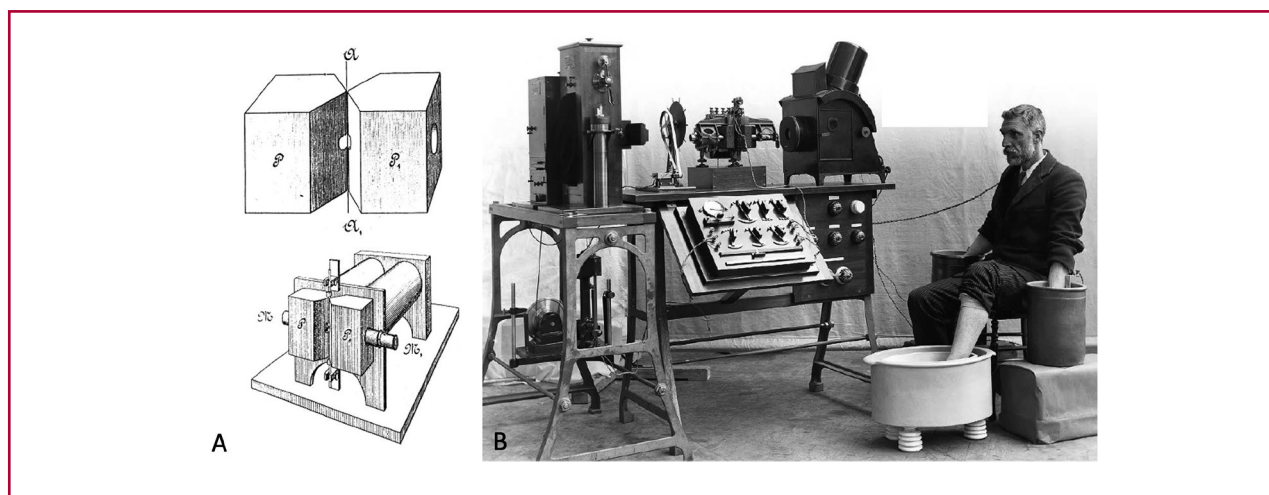
como estudiante de Medicina. A semejanza de su padre, también fue financiado por el ejército con la condición de que al terminar sus estudios trabajara como médico militar en las colonias. Durante sus años de estudio Einthoven destacó por ser un gran deportista (gimnasta, esgrimista y remero) y un firme promotor de la educación física, además de ser quien fundó el club de remo estudiantil de Utrecht y la Sociedad Olímpica de Gimnasia y Esgrima. Recibió su título de médico en 1885, y mientras se preparaba para honrar la palabra empeñada y retornar por ende como oftalmólogo a Java, ocurrió un inesperado suceso. Tan solo un año después de haberse graduado, quedó vacante la cátedra de Fisiología en la prestigiosa Universidad de Leiden, la más antigua de las universidades holandesas. Gracias al apoyo de su mentor, el Dr. Donders, quien había persuadido al consejo de la Universidad, logró ser nombrado en el cargo en febrero de 1886, y lo ocupó hasta su muerte. Gracias al salario que comenzó a recibir pudo pagar la garantía al ejército (6000 florines), para liberarse del compromiso de retornar a Java y así poder dedicarse cabalmente a la investigación. Al poco tiempo se casó con su prima hermana Frédérique Jeanne Louise de Vogel, con quien tuvo cuatro hijos. (2,3)

Bajo la dirección de Einthoven, el laboratorio progresivamente se convirtió en un afamado centro de referencia mundial. Entre 1885 y 1889 las investigaciones de Einthoven estuvieron ligadas a la óptica y la fisiología respiratoria, explorando temas como las presiones intrapleurales e intratorácicas y la fisiopatología del asma (describió el rol del nervio vago). Pero en 1889 Einthoven asistió al Congreso Internacional de Fisiología celebrado en Basilea (Suiza), donde tuvo la oportunidad de presenciar los nuevos experimentos de Waller con el electrómetro capilar. A partir de esa fecha sus intereses se orientaron hacia la electrofisiología del corazón, para lo cual se empeñó en diseñar un disposi-

tivo que pudiese medir en forma más precisa y a la vez registrar los impulsos eléctricos cardíacos, interés que lo acompañó durante toda su vida. En este laboratorio, a inicios del siglo XX, siempre auxiliado por su ayudante Van de Woerd (pues se señala que era especialmente torpe en lo referente a destreza manual), emergió una herramienta diagnóstica esencial e imperecedera.

Insatisfecho con los registros imprecisos que obtenía con el electrómetro capilar de Lippmann, a pesar de haber realizado correcciones matemáticas e importantes mejorías, comenzó a trabajar en una nueva solución técnica para lograr un galvanómetro de mayor sensibilidad, un instrumento al que denominó «galvanómetro de cuerda». Einthoven dio a conocer al mundo científico sus hallazgos (aunque otorgó crédito el trabajo previo de Waller) en varias publicaciones, una de las cuales se publicó en 1895 como *Ueber die Formen menschlichen Electrocardiograms*. Fue aquí donde apareció el término electrocardiograma, pero se señala que Einthoven se lo atribuyó a Waller como muestra de respeto hacia su colega. (4)

A inicios de 1901 divulgó su trabajo preliminar *Un nouveau galvanomètre*, (5) donde describió con mayor detalle este nuevo instrumento, comparando los registros obtenidos con los del electrómetro capilar. El galvanómetro de cuerda, explicó, “consiste en un fino filamento de cuarzo recubierto de plata que conduce la corriente eléctrica y que se estira como una cuerda en un campo magnético. El filamento, tan pronto como la corriente lo atraviesa, se desplaza de su posición de equilibrio en una dirección perpendicular a la dirección de las líneas de fuerza magnética, revelando un movimiento que puede observarse y fotografiarse mediante un aumento considerable; ... siendo posible regular la sensibilidad del galvanómetro con mucha precisión dentro de amplios límites, apretando o aflojando la cuerda” (Figura 2A).



A (En [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einthoven%27s\\_string\\_galvanometer.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einthoven%27s_string_galvanometer.jpg). Dominio público)  
 B (En [https://en.wikipedia.org/wiki/Image:Willem\\_Einthoven\\_ECG.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Image:Willem_Einthoven_ECG.jpg). Dominio público)

**Figura 2.** A. Principio del galvanómetro de cuerda, según el artículo de Einthoven de 1906 “Le Télécardiogramme”. B. Electrocardiógrafo utilizado por Lewis, construido por la Cambridge Scientific Instrument Company de Londres en 1911.

En 1903, publicó *El registro galvanométrico del electrocardiograma humano, con una revisión del electrómetro capilar en fisiología*, logrando, ahora sí, un gran impacto en la comunidad científica, pues fue en esta oportunidad donde analizó los dos tipos de trazados obtenidos, según se empleara el galvanómetro de cuerda o el electrómetro capilar, entregando una descripción más detallada (Figura 3).

Con su nuevo dispositivo registró cinco deflexiones a las que denominó P, Q, R, S y T. Einthoven nunca explicó por qué eligió esta secuencia de letras; la razón sigue siendo incógnita y ha originado diversas elucubraciones\*.

Este nuevo galvanómetro era más fácil de usar, libre de artefactos, sensible y preciso. Sin embargo, no se podía transportar al hospital. El peso era de poco más de 270 kilos, ocupaba dos piezas, necesitaba para enfriarse de una enorme camisa de agua, además de requerir de varias personas para operarlo. Más aún, se utilizaban grandes cubos de solución salina como

electrodos con el sujeto sumergiendo sus manos y pies en ellos. Por otra parte, a los pacientes no les era fácil salir del hospital. Así es como, para su uso clínico, Einthoven debió pensar en un método para transmitir a distancia, aproximadamente a un kilómetro y medio, los registros electrocardiográficos desde el hospital hasta su laboratorio de fisiología de Leiden (donde se ubicaba el galvanómetro). Decidió emplear los cables subterráneos de la red telefónica de la ciudad; a estos exitosos registros los llamó “telecardiogramas”; el primero de ellos se efectuó el 22 de marzo de 1905 a un “hombre sano y vigoroso”. (6) Lamentablemente, el uso de este sistema no era gratuito y debía de ser financiado tanto por el laboratorio del Dr. Einthoven como por el Departamento de Medicina del hospital; así fue como, en una oportunidad, el jefe de este último suspendió los pagos y se dio término a su uso.

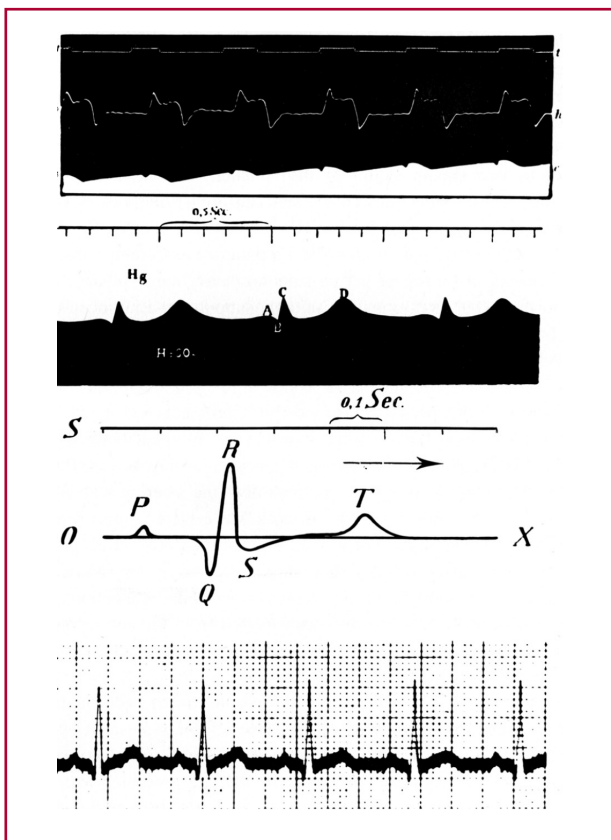
Empero, esto no disminuyó el entusiasmo del Dr. Einthoven, y con el transcurso del tiempo continuó realizando diversas mejoras para hacerlo más práctico; fue así como propuso reducir el número de electrodos de los cinco de Waller a tres, ocupando estos últimos para construir un triángulo equilátero imaginario invertido, centrado en el tórax y con los vértices en ambos brazos y una pierna (triángulo de Einthoven, como sería conocido a futuro). (7)

Sin embargo, como muchas otras grandes ideas, en un inicio no fue poca la resistencia que Einthoven encontró para que la comunidad científica reconociera esta nueva herramienta diagnóstica. Se debe recordar que el propio Waller no había mostrado mucho entusiasmo por la naciente electrocardiografía (*vide supra*), y que, de hecho, intentó disuadir a Einthoven de publicar sus ideas. (8)

A pesar de esto Einthoven continuó con gran convicción viendo un gran potencial diagnóstico en su instrumento (“*Se ha abierto un nuevo capítulo en el estudio de las enfermedades cardíacas, que ayuda a la humanidad que sufre*”) y realizó modificaciones al dispositivo, para finalmente ser reconocido en dos aclamados artículos, uno de ellos publicado en 1908 (9)\*\* y otro en la revista *Lancet* en 1912. (10)

En la siguiente década la aplicación clínica de la electrocardiografía comenzó a expandirse, y comenzaron a aparecer artículos clínicos de todo el mundo. Luego de 1913 Einthoven no hizo ninguna contribución importante a la electrocardiografía pero enseñó y dio numerosas conferencias sobre el tema. Sorpresivamente nunca llegó a publicar un libro basado en su trabajo.

Esta nueva herramienta diagnóstica pronto fue fabricada por la *Cambridge Scientific Instrument Company*, fundada por Horace Darwin (1851-1928), el hijo menor de Charles Darwin (1809-1882), quien



(En [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einthoven\\_ECG3\\_\(Cardio-Networks\\_ECGpedia\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einthoven_ECG3_(Cardio-Networks_ECGpedia).jpg). Dominio público)

**Fig. 3.** Ondas obtenidas por A.D. Waller (arriba); ondas obtenidas por Einthoven con su electrómetro capilar mejorado (centro); trazado electrocardiográfico mediante el galvanómetro de cuerda (abajo).

\* Einthoven optó para su nomenclatura por no usar las primeras letras del abecedario, sino otras letras “intermedias”, para que si se identificaban nuevas ondas se pudiera seguir un orden alfabético. Este fue el caso de la onda U descrita posteriormente.

\*\* “Consideraciones adicionales sobre el electrocardiograma”. Fue en este documento, el cual contaba con más de 5.000 registros, donde se estableció la abreviatura de electrocardiograma como EKG (del alemán, Elektrokardiogramm). Luego de la Segunda Guerra Mundial se cambió a ECG (del inglés, electrocardiogram).

fue el primero en comercializar oficialmente electrocardiógrafos. Uno de los tres primeros fue entregado al cardiólogo británico Sir Thomas Lewis (1881-1945) (Figura 2B), quien por más de una década, entre 1908 y 1920, mantuvo correspondencia con Einthoven y realizó importantes contribuciones para la comprensión de los mecanismos de las arritmias, siendo quien indudablemente llevó el nuevo dispositivo al lado de la cama del paciente y avaló definitivamente su real utilidad, por lo que es considerado por muchos el “padre de la electrofisiología cardíaca clínica”. Einthoven reconoció formalmente los aportes del Dr. Lewis durante la conferencia del premio Nobel. (11)

En 1924, Einthoven fue galardonado con el Premio Nobel de Fisiología o Medicina “*por su descubrimiento del mecanismo del electrocardiograma*”. Una vez recibidos los 40 000 dólares del premio, Einthoven buscó a uno de sus primeros asistentes, Van de Woerd, (quien había construido muchas de las partes del nuevo galvanómetro) para compartir el monto. Al enterarse de que este ya había fallecido, perseveró en su idea y logró encontrar a dos hermanas que le sobrevivían y vivían en la pobreza, y les entregó la mitad de la suma. Durante sus últimos años se dedicó a la docencia y dictar conferencias sobre electrocardiografía. Falleció el 29 de septiembre de 1927 a la edad de 67 años a causa de un cáncer abdominal.

Recientemente se han empleado los avances de la inteligencia artificial (IA) en el ámbito de la electrocardiografía, y se han podido obtener algoritmos de interpretación del ECG con la capacidad de procesar gigantescas cantidades de datos y de identificar patrones que antes eran desconocidos. (12) Estudios recientes demuestran cómo el empleo de los modelos de ECG-IA permite detectar con precisión reducción de la fracción de eyección ventricular izquierda en pacientes asintomáticos; otros han señalado su potencial para detectar pacientes con alta probabilidad de fibrilación auricular, e incluso algunos algoritmos han logrado, a partir del ECG, diagnosticar la edad y el sexo de los pacientes independientemente de los datos clínicos aportados.

El verdadero potencial de los modelos ECG-IA está empezando hacerse realidad, permitiendo que el ECG siga siendo una poderosa herramienta en cardiología en los años venideros, dando continuidad al camino iniciado por Einthoven.

Einthoven edificó su trabajo apoyándose en el de los fisiólogos precedentes o contemporáneos; cada uno de estos conocimientos fue una trascendente contribución para su objetivo final. El intervalo entre el desarrollo inicial de la invención, su instauración clínica y el reconocimiento final puede ser medido en décadas. Siempre pregonó que la ciencia debía ser puesta al servicio de la humanidad. No llegó a ver cómo, a pocos años de su muerte, su dispositivo se convirtió en un instrumento de uso universal.

#### Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

(Véanse formularios de conflicto de intereses de los autores en la Web).

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Waller, AD. An Introduction to Human Physiology. 2ND Ed; London: Longmans, 1893.
2. Cajavilca C, Varon J. Resuscitation great. Willem Einthoven: the development of the human electrocardiogram. *Resuscitation*. 2008;76:325-8. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2007.10.014>
3. Lama A. Einthoven. El hombre y su invento [Einthoven: the man and his invention]. *Rev Med Chil*. 2004;132:260-4. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872004000200018>
4. Fisch C. Centennial of the string galvanometer and the electrocardiogram. *J Am Coll Cardiol*. 2000;36:1737-45. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(00\)00976-1](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(00)00976-1).
5. Einthoven W. Un nouveau galvanomètre. *Arch N Sc Ex Nat* 1901;6:625.
6. Einthoven W. Le télécardiogramme. *Arch Int Physiol* 1906;4:132-64.
7. Einthoven W. *Eur Heart J*. 2019;40:3075-8. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz663>.
8. Waller AD. Remarks on the technique of electrocardiography for clinical purposes. *Lancet* 1913;182:379-82. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(01\)77789-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(01)77789-6)
9. Einthoven W. Weiteres über das Elektrokardiogramm. *Pflügers Archiv: Eur J Physiol* 1908;122:517-84. <https://doi.org/10.1007/BF01677829>
10. Einthoven W. The Different Forms of the Human Electrocardiogram and Their Signification. *Lancet*. 1912;179:853-61. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(00\)50560-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(00)50560-1)
11. Pahlm O, Uvelius B. The winner takes it all: Willem Einthoven, Thomas Lewis, and the Nobel prize 1924 for the discovery of the electrocardiogram. *J Electrocardiol*. 2019;57:122-7. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2019.09.012>
12. Kashou AH, May AM, Noseworthy PA. Artificial Intelligence-Enabled ECG: a Modern Lens on an Old Technology. *Curr Cardiol Rep*. 2020;22:57. <https://doi.org/10.1007/s11886-020-01317-x>