

## Fisiología e Instrumentación en el cambio de siglo: José Gómez Ocaña

*Ana Romero de Pablos*

Arbor CLXIII, 643-644 (Julio-Agosto 1999), 387-407 pp.

---

*Los aparatos registradores del movimiento humano y animal revolucionaron la Fisiología en el cambio del siglo. José Gómez Ocaña, catedrático de Fisiología de la Universidad de Madrid, fue el introductor en España de esas nuevas técnicas. Sus viajes a reuniones científicas internacionales, en representación de España, y sus contactos con el Instituto Marey, culminaron en la realización de instrumental de invención propia, por parte de él y de su equipo, en el Laboratorio de Automática de Leonardo Torres Quevedo.*

---

### **José Gómez Ocaña**

José Gómez Ocaña nació en Málaga en 1860. Se licenció en Medicina y Cirugía en 1882. En 1886 hizo en Madrid su “examen de grado” y en este mismo año obtuvo ya el título de Doctor, aunque en realidad lo podía haber tenido desde tres años antes. Problemas con el pago de las tasas al Estado, produjeron este retraso. En 1885 se presentó a unas oposiciones de ayudantes de clínicas de la Facultad de Medicina de Madrid, y las aprobó con el número uno; en junio de ese mismo año tomó posesión del

cargo, comenzando entonces a percibir 1.500 pesetas anuales. Pero apenas incorporado a su plaza, en julio de 1885 se convocó la cátedra de Fisiología de la Universidad de Sevilla, Facultad de Cádiz; los ejercicios se realizaron en mayo del año siguiente, y José Gómez Ocaña obtuvo la cátedra. Desde aquí preparó sus dos libros destinados a la docencia<sup>1</sup>, además de numerosos artículos científicos.

En 1894 ganó un concurso de méritos por el que ocupó la cátedra de Fisiología de la Facultad de Medicina de Madrid, lugar donde permaneció hasta su muerte en 1919<sup>2</sup>. Esta cátedra le permitió disponer de un laboratorio mucho mejor dotado que el de Cádiz. Sus quejas sobre la escasez de medios materiales en los laboratorios, fueron constantes en sus escritos. En el prólogo del libro *Fisiología de la circulación* hace una referencia al que fue su primer laboratorio, el de la Facultad de Medicina de Cádiz. De él decía que tenía poco más de dos docenas de instrumentos, que tan sólo disponían de la cantidad de 150 pesetas al año como todo gasto para experimentación, que podían contar sólo con “medio” ayudante, ya que tenían que compartirlo con la cátedra de Terapéutica, y con dos mozos que tenían que dar servicio a dieciseis cátedras al tiempo.

Aunque no hay un relato expreso del laboratorio que a partir de 1894 dispuso en San Carlos, la Facultad de Medicina de Madrid, si es posible hacer una pequeña reconstrucción, a través de comentarios que se deslizan en sus distintos textos. Contó con bastante más personal que en Cádiz: como ayudantes dispuso del Dr. Manuel Menéndez Potenciano, que como veremos más adelante fue uno de sus grandes colaboradores, y del Dr. Medina, uno de sus más apreciados discípulos; en calidad de interno estaba el Sr. del Campo al que hay que unir la colaboración de un antiguo discípulo el Sr. Muñoz Urra. A partir de 1910 José Gómez Ocaña y su laboratorio contaron con la excelente ayuda técnica del Laboratorio de Automática, fundamental como veremos para el diseño y construcción de sus instrumentos.

Hay otros datos biográficos que pueden resultar de interés para situar a este ilustre catedrático. En 1900 entró a formar parte, como académico numerario, de la Real Academia de Medicina donde ocupó el puesto que había dejado vacante Rico y Sinobas. En 1904 fué recibido en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, para cubrir la vacante de José Echegaray. Fue también miembro fundador de la Sociedad Española de Biología (1912), y miembro de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, donde precisamente, en su Congreso celebrado en Madrid en 1913, presentó su nuevo cardiógrafo.

Sus contactos con el extranjero fueron numerosos e influyeron en gran medida, como veremos más adelante, en sus trabajos e investigaciones. Fue el representante español en los Congresos Internacionales de



Fisiólogos: Turín (1901) primero de esta clase que tuvo representación oficial española y en el de Bruselas (1904). En el Congreso de Heidelberg (1907) el propio Gómez Ocaña formó parte del Comité Internacional Organizador. En el de Viena (1910) fue nuevamente miembro del Comité Internacional Director y compartió la representación española con August Pi y Suñer, entonces joven catedrático de esta asignatura en la Universidad de Barcelona. El último Congreso Internacional de Fisiología al que asistió José Gómez Ocaña como representante español fue el de Groninga (1913). No se celebró un nuevo congreso en 1916, como por su periodicidad hubiera correspondido, debido a la guerra del 14. Y pocos meses después del final de la contienda murió Gómez Ocaña.

Asistió también a las Reuniones de Fisiólogos del Instituto Marey, institución clave de la fisiología europea de la época, celebradas los años 1911 y 1912. Pero aparte de estas reuniones, visitó este centro en otras tres ocasiones. La primera de ellas parece que la realizó en 1901, año en que se creó este centro. La segunda visita fue en 1904 de camino al Congreso de Bruselas. Y la tercera, la más extensa en tiempo y en “beneficio” como veremos más adelante, fue la que realizó en el año 1909.

Su importante labor docente e investigadora tuvo al final de su vida otro refrendo, esta vez entre los profesores que junto a él formaban el claustro de la Universidad: en 1914 fue elegido senador en representación de la Universidad de Madrid, cargo que ostentó hasta su muerte en el mes de julio de 1919. A su muerte su cátedra fue ocupada, de forma interina, por su discípulo el Dr. Medina. Dos años después, y ya en propiedad, la cátedra fue ocupada por el Dr. Juan Negrín.

Para entender bien la figura del Dr. José Gómez Ocaña, sus visitas al extranjero, sobre todo las que realizó al Instituto Marey, y los instrumentos que diseñó y posteriormente construyó, tenemos que destacar la importancia que este profesor dió a la introducción en la enseñanza de la fisiología de los métodos y prácticas experimentales. Fue Gómez Ocaña el hombre que hizo de la experimentación la base de la Fisiología en España. Su interés como catedrático y enseñante, se centró en regularizar y ampliar las enseñanzas experimentales, en el campo de la fisiología, con el fin de que los alumnos experimentasen y manipulasen por sí mismos. En este sentido se expresa en la Memoria que envía a la Junta para ampliación de Estudios (JAE) tras su visita, como pensionado, al Instituto Marey: “...*En las ranas se ensayan mis discípulos y aún se construyen por sí mismos los cardiógrafos ... con materiales simples, con pajas, juncos, alfileres y láminas de corcho, puede cualquiera construirse un aparato escribiente ...*”<sup>3</sup>

Quizá convenga recordar en este momento la pertenencia de Gómez Ocaña a la Comisión encargada de velar por el buen funciona-



miento del Instituto del Material Científico. Este organismo, que se creó para ordenar y unificar, en una sólo partida económica, las cantidades destinadas a la compra de material científico para los centros docentes del Estado, tenía como cometido recibir las peticiones y, de acuerdo con estas, hacer las propuestas de distribución al Ministerio; promover las reparaciones, permutas y traslados del material científico que creyeran pertinente; y facilitar las adquisiciones y fabricación de nuevo instrumental, así como sus modificaciones.

Este interés de Gómez Ocaña por reforzar el peso de la experimentación, hay que entenderlo dentro de un contexto internacional que él conoce bien debido a sus distintas salidas al exterior. En la Memoria que realizó tras asistir, como comisionado por la JAE, al VII Congreso de Fisiólogos celebrado en Heidelberg en 1907, destaca: *“La tendencia experimental, bien marcada en los Congresos de Turín y Bruselas, se agudiza en el de Heidelberg, como puede notarse por el número de comunicaciones seguidas de demostración o sustentadas en documentos experimentales ... a los Congresos, como a los Laboratorios, se va a investigar y, lo que más interesa son los métodos de investigación, los aparatos de análisis y los documentos experimentales. Por esta razón nuestros Congresos han prescindido de actas”*.<sup>4</sup>

En la memoria que recoge lo sucedido en el siguiente congreso, el celebrado en Viena en 1910, aparecen de nuevo reflexiones en este mismo sentido, que incluso intentan ir más allá: se propone aceptar sólo las comunicaciones que fueran acompañadas de demostraciones prácticas: *“los profesores Tigerstedt y Verworn propusieron en la sesión de clausura del VII Congreso celebrado en Heidelberg, que se cerrase el paso a toda comunicación verbal que no fuese acompañada de demostración (...) y la remitió [la propuesta] para su examen al Comité organizador, (...) acordó por unanimidad que en principio era su criterio favorable a la preferencia solicitada para las demostraciones experimentales, pero que al presente ofrecía dificultades ...”*<sup>5</sup>

El viaje que hizo José Gómez Ocaña a París en 1909, y su estancia allí por tres meses, de fines de agosto a fines de noviembre, le permitió a su vuelta a España estar en condiciones de diseñar y dirigir la construcción de un cardiógrafo. El conocimiento que adquirió tras el estudio de los diferentes instrumentos con que contaba el Instituto Marey, unido a toda la experimentación que desde hacía años venía realizando en el Laboratorio de Fisiología de la Facultad de Medicina de Madrid, le llevó a este nuevo instrumento. El mismo dice: *“nuestro cardiógrafo no ha sido inventado de improviso, sino que es el fruto de multitud de ensayos y tentativas hechas durante muchos años en el curso de nuestras investigaciones ...”*<sup>6</sup>



### El Instituto Marey

En el texto de solicitud de pensión a la JAE (10 de mayo de 1909) Gómez Ocaña dejó claro cuales eran sus intereses: aprender nuevos métodos que le permitieran observar de forma precisa, los fenómenos fisiológicos en los que ya desde hacía tiempo venía trabajando. Para ello quiso trasladarse al más famoso y prestigioso Instituto de su tiempo en temas de aplicaciones del método gráfico a la fisiología y de contraste de instrumentos de observación y de aparatos autográficos. El título concreto del trabajo fue: *“Aplicaciones del método gráfico a la fisiología, cronofotografía, cronofotografía y radiocronofotografía. Contraste de los instrumentos de observación y de los aparatos autográficos”*.<sup>7</sup>

La Memoria que presentó a la JAE una vez terminada su estancia parisina, resulta muy ilustrativa para saber no solo como estaba organizado un instituto de investigación como éste, sino también para conocer los distintos instrumentos y aparatos que existían entonces (al ser un centro muy bien dotado y altamente especializado, se supone que contaba con todos los instrumentos que de este tipo existían en el momento) y con los que un investigador como Gómez Ocaña podía contar para sus estudios e investigaciones prácticas. Esto es interesante sobre todo si tenemos en cuenta que el cardiógrafo que diseñó Gómez Ocaña fue el resultado por un lado de lo que vio y experimentó en París y por otro de las dificultades técnicas que, para proseguir su investigación, tenía en España.

Siguiendo las palabras de Gómez Ocaña, E.J. Marey *“...fué escultor, dibujante, mecánico e inventor. Gracias a su genio logró que el corazón escribiera sus propios latidos, e igualmente tradujo en gráficas las pulsaciones de las arterias, la carrera de un vehículo o el galope de un caballo.(...) Dotó a la Biología, a la Medicina, a la Industria y al Arte de medios para fijar por medio indeleble los factores del movimiento ...”*<sup>8</sup>

Etienne Jules Marey (1830-1904) fue un fisiólogo que se interesó tanto por la fisiología animal como por la humana. Introdujo dos técnicas fundamentales para las investigaciones fisiológicas: el registro gráfico y la cinematografía. En 1857, con su tesis doctoral, comenzó sus estudios sobre la circulación sanguínea. Durante los diez primeros años de su carrera como investigador, Marey desarrolló innovaciones decisivas: aplicó la técnica del registro gráfico al estudio del sistema circulatorio, del pulso, la respiración, y las contracciones del músculo en general<sup>9</sup>. Analizó los sistemas circulatorio y muscular en términos de variables físicas: elasticidad, resistencia y tonicidad. Su primer instrumento fue un esfigmógrafo (1856), instrumento destinado al registro gráfico de los movimientos del pulso. El aparato en uno de sus extremos tenía una tablilla osciladora que apoyaba sobre las venas de la muñeca, mientras un punzón, en el





Figura 1

otro extremo, inscribía las fluctuaciones del corazón sobre una cinta de papel carbón con un movimiento a una velocidad uniforme. Este instrumento tenía una mejora importante con respecto al fabricado por Vierordt un año antes: mientras este tenía como antagonista de la pulsación arterial, un peso que contribuía con su inercia a la deformación del trazado, en el esfigmógrafo de Marey el peso fue sustituido por un resorte, que permitía una reproducción fiel de los detalles de la curva esfigmográfica. Con las gráficas estableció la relación del ritmo del corazón y la presión sanguínea, superando los estudios previos que sobre estos temas se habían desarrollado.

Marey también estudió la longitud y frecuencia de los pasos dados por los seres humanos y cuadrúpedos bajo diversas condiciones (figuras 1 y 2). Para este trabajo dependió en gran medida del instrumento llamado “tambor de Marey”. Inventado por Chauveau y Marey en 1861, transmitía y registraba movimientos sutiles sin limitar la libertad del sujeto. Consistía en una cápsula metálica llena de aire y cubierta por una membrana de caucho. Cuando la compresión distorsionaba la membrana, el aire era expulsado a través de una apertura desde la cápsula a un tubo fino y sensible; al otro extremo del tubo otra cápsula similar recibía estas variaciones de la presión del aire y su membrana activaba una palanca inscriptora sobre la gráfica registradora. Este instrumento, que se ha seguido utilizado hasta 1955, ha sido un aparato de gran utilidad para la investigación fisiológica.

Cuando Marey vió que el ritmo del movimiento de las piernas y de las huellas de los cascos de un caballo al trote, podían describirse claramente por fotografías tomadas en rápida sucesión, se interesó por el perfeccionamiento de un aparato fotográfico que le fuera útil para mejorar los estudios de locomoción animal. A partir de 1881 las modificaciones que incorpora a



Figura 2



una cámara que había sido utilizada por Jansen para registrar el tránsito de Venus en 1874, supusieron una contribución importante al desarrollo de las técnicas cinematográficas. En este mismo año, en 1881, convenció al Consejo Municipal de París para unir a su cátedra (en 1868 había sucedido a Pierre Flourens en la cátedra de "Historia Natural de la organización de los cuerpos" en el Colegio de Francia), un pequeño territorio en el Parque de los Príncipes donde construyó una estación fisiológica para el estudio fotográfico de la locomoción animal al aire libre, bajo las condiciones más naturales posibles. Durante la casi totalidad de las dos décadas siguientes se dedicó a la aplicación de la cinematografía a la fisiología, usándola para temas como fotografiar corrientes de agua producidas por el movimiento de peces y organismos microscópicos.

Para Marey la fisiología "es en sí misma el estudio de los movimientos orgánicos" y un gráfico lo que mejor representa las variaciones que dichos fenómenos suponen. Marey creía, de todas maneras, que estos movimientos en último término se debían explicar por leyes físicas y químicas. Además, mientras que aceptaba la aplicación de la investigación fisiológica a problemas médicos, subordinaba este propósito utilitario a un fin más abstracto: "analizar las condiciones que modifican las funciones vitales y determinar con mayor precisión las leyes que regulan dichas funciones". En el camino a ese fin la medicina servía sólo como un medio más en el análisis.

El fuerte deseo de E. J. Marey de que las gráficas se convirtieran en el lenguaje para la descripción fisiológica, le hizo temer que la confusión y la repetición crecerían si no se producía alguna estandarización del equipamiento y los parámetros usados para registrar. En este sentido propuso al IV Congreso Internacional de Fisiólogos celebrado en Cambridge en 1898 que se formara un Comité para sugerir parámetros uniformes y para perfeccionar la tecnología de los aparatos registradores. Cuando se aceptó su sugerencia, solicitó y obtuvo donaciones del gobierno francés, la municipalidad de París, la Royal Society de Londres y otras academias científicas para la construcción, en el Parque de los Príncipes, de un instituto donde los miembros del Comité pudieran trabajar. Este instituto se llamó desde entonces Instituto Marey.

Ya hemos visto como el Instituto Marey tuvo su origen en una propuesta hecha por el propio Etienne Jules Marey, y cómo el objetivo era que existiera un centro donde se pudieran estudiar, para hacer comparables entre sí, los diferentes aparatos inscriptores usados en los laboratorios de fisiología y en general la uniformidad de los métodos fisiológicos. En el V Congreso de Fisiología celebrado en Turín en 1901, fué donde se acordó dar el nombre de Marey a este Instituto, aunque hay que decir



que no fue el inventor del método gráfico ni siquiera el autor de sus aplicaciones fisiológicas. Antes de que Marey inventara su esfigmógrafo en 1856, se conocían el kimógrafo de Ludwig y Baltzar (1847), instrumento empleado para el registro gráfico de determinadas funciones; el miógrafo de Helmholtz (1852), aparato con el que se obtiene el registro gráfico de las contracciones de un músculo determinado o un grupo de ellos; y otro esfigmógrafo, de Vierordt (1855), que como ya hemos dicho son instrumentos destinados al registro gráfico de los movimientos del pulso.

El Instituto funcionó bajo la dirección de un Comité internacional del que formaron parte importantes científicos del momento. La Presidencia de Honor la ostentó Auguste Chauveau; fisiólogo y médico veterinario estuvo siempre muy interesado en la experimentación, y tuvo un talante especial, como veremos más adelante, para diseñar aparatos que sirvieran para obtener registros gráficos. Las funciones de la presidencia efectiva las desempeñó el entonces Director del Instituto Fisiológico de Berna, el fisiólogo Hugo Kronecker. La vicepresidencia la ocupó Charles R. Richet, profesor de Fisiología de la Facultad de Medicina de París, que durante los años de su formación había trabajado en el laboratorio del propio Marey y también en el Colegio de Francia junto a Maurice Berthelot. Las tareas de administración y tesorería estuvieron al cargo del profesor Weiss. En 1909, y según nos relata José Gómez Ocaña, componían este Comité once científicos de nacionalidad francesa: el físico Emile Amagat, el profesor Carvallo, el ya mencionado Auguste Chauveau, los profesores Darboux y Dastre, el matemático e ingeniero Maurice Levi, el físico y astrónomo Gabriel Lippmann, el también mencionado Charles R. Richet, el fundador, junto a Pasteur de la medicina bacteriológica Pierre P. Roux, y los profesores Weiss y Wertheimer; seis alemanes: el fisiólogo Theodor Engelmann, los profesores Gütznier, Hürthle, Langendorff y Schenek, y el también fisiólogo Hugo Kronecker. El fisiólogo americano Henry Bowditch, también formó parte de este Comité; fue el primero en establecer un laboratorio para la enseñanza de la fisiología en EEUU, concretamente en la Harvard Medical School de Boston. La presencia de hombres de ciencia ingleses estaba representada por el profesor de fisiología de Cambridge John Langley, que a partir de 1914 dirigió el laboratorio de esta disciplina en esta universidad, y por los profesores Scherrington y Wallew. Austria estaba también presente en el Comité con el profesor Exner. Tres fueron los belgas el fisiólogo Léon Fredericq, el profesor Heger y el industrial Solvay. Ramón y Cajal fue la representación española. El fisiólogo holandés Willem Einthoven, autor como veremos más adelante de importantes instrumentos registradores para el mundo de la electrocardiografía, también formó parte de esta Comisión. Italia estaba representada por el también fisiólogo Angelo Mosso. En el Comité



también estaba presente Rumanía con un miembro y Rusia con dos. Por último Suecia tenía como representante al biólogo Wilhelm Johannsen.

Este centro se mantuvo desde el principio gracias a las subvenciones del gobierno francés, del ayuntamiento de París, de corporaciones académicas (Academia de Ciencias de París, Sajonia, San Petesburgo y Londres), y de los países representados en el Comité; estos últimos podían a cambio enviar un delegado que realizara trabajos y utilizara las instalaciones y material de dicho centro.

La fundación Marey reunió en sus laboratorios un conjunto de aparatos, los más perfeccionados que entonces se conocían o incluso se estaban inventando en esos momentos, para las investigaciones fisiológicas. Esta fue la razón por la que el Comité del Instituto invitó a todos los profesores e inventores a que enviaran al centro los aparatos de su invención. De esta forma se creó un museo de instrumental que, junto al laboratorio de investigación que tenía el Instituto, le fueron de gran utilidad, como veremos más adelante, a José Gómez Ocaña.

Este centro organizó reuniones internacionales, tenemos constancia de las celebradas los años 11 y 12, propiciando así el medio oportuno para que los fisiólogos diesen a conocer sus trabajos de investigación, los procedimientos técnicos empleados y los nuevos aparatos. Veremos también cómo aprovechó esta oportunidad Gómez Ocaña. Hay que recordar que los congresos se celebraban cada tres años, por lo que en el tiempo intermedio se convocaban estas reuniones. También en cada Congreso Internacional de Fisiólogos figuraba, como número obligado en el programa, una comunicación del Instituto Marey para dar cuenta a la Asamblea de los trabajos que, durante el trienio, se habían realizado.

De la descripción del Instituto que hace Gómez Ocaña destaca la existencia de un excelente taller donde se reformaban o modificaban los aparatos, los adaptaban a operaciones no previstas y los construían de nueva planta; esto sin duda nos hace pensar en el Laboratorio de Automática. Fueron construidos en este taller aparatos como el cilindro registrador con diapasón de Bull, el odógrafo de Nogués, un esfigmomanómetro de G. Weiss, un fonoscopio de O. Weiss, un esquema de circulación artificial de Carvallo-Nogués y un radiocronógrafo de Carvallo.

Vamos a detenernos ahora en los instrumentos con los que Gómez Ocaña tuvo la oportunidad de trabajar y experimentar en el Instituto Marey, así como otros aparatos que, aunque no trabajó directamente con ellos, sí los vio en las Reuniones y Congresos de Fisiólogos a los que asistió. Para ello nos vamos a basar en la Memoria que dirigió a la JAE tras el disfrute de la pensión así como en los distintos informes/memorias que realizó tras asistir a los Congresos como comisionado de este organismo. Queremos así intentar establecer, en la medida de lo posible, el panorama



ma con el que contó este ilustre catedrático a la hora de diseñar y construir su instrumento.

El método gráfico más generalizado dentro de las investigaciones fisiológicas fue la cronoestilografía. Fue denominado así por Chauveau haciendo alusión a dos factores fundamentales en la gráfica: cronos y estilo. Los aparatos más comunes que siguen este método son los cardiógrafos (instrumentos que registran gráficamente la actividad cardíaca) y los miógrafos (aparatos que registran las contracciones de un músculo o grupo de ellos). Las gráficas surgen de la combinación de dos movimientos, el que mide la duración del fenómeno a analizar, y el que representa la amplitud del movimiento realizado por el móvil. En un eje de coordenadas, el primero de ellos estaría representado en el eje de las abscisas y el segundo en el de las ordenadas. Los soportes destinados a mover el papel donde se inscribe la gráfica eran generalmente cilíndricos, razón por la que siempre se habla de cilindro registrador. Un asunto importante por el que se preocuparon en gran medida los fisiólogos y constructores de estos cilindros registradores, fue la uniformidad en el movimiento. Un buen cilindro registrador debía ser uniforme en su rotación, obediente a los cambios de velocidad, susceptible de las posiciones vertical u horizontal, etc. En este contexto es donde hay que entender los distintos cilindros registradores que Gómez Ocaña estudió en su estancia en París.

Uno de los modelos más conocidos entonces, era el cilindro de Marey que tenía como motor un aparato de relojería, de resorte, con tres ejes para velocidades diferentes. Esto supuso un inconveniente, que pronto se preocuparon de solventar: se limitaba tan sólo a tres velocidades distintas; además el paso de una velocidad a otra requería el cambio del eje del cilindro. Por indicación del profesor Bull, y la ayuda del mecánico parisino E. Tainturier, se modificó el cilindro registrador que desde hacía años se venía utilizando en la Facultad de Medicina de esta ciudad: se le dotó de unas palancas que permitieron el cambio de velocidad, sin necesidad de desmontar el eje. Otra transformación que se le añadió fue el cambio del motor de resorte por el regulador electromagnético ideado por el profesor Bull. De esta forma el cilindro de Marey se transformó en un magnífico aparato registrador. La primera noticia sobre el regulador eléctrico de Bull la tuvo Gómez Ocaña en el Congreso Internacional de Fisiólogos de Heidelberg en 1907, foro en el que fue presentado por el profesor Carvallo en representación del Instituto Marey. Luego tuvo la oportunidad de trabajar con él durante su estancia en el Instituto Marey y le debió de interesar, ya que en marzo de 1911 este instrumento formaba parte de la instalación del Laboratorio de Fisiología de la Facultad de Medicina de Madrid, equipamiento del que él era el máximo responsable.



Otro instrumento del que nos habla Gómez Ocaña, como ejemplo de otra forma de controlar el movimiento del cilindro, es el antiguo miógrafo de Helmholtz. En él la velocidad de rotación podía modificarse en virtud del rozamiento de dos aletas que giraban en un recipiente cilíndrico lleno de aceite. Otro uso común, para controlar el movimiento de los cilindros, fue el de aletas de este tipo pero que en lugar de prestar resistencia a un líquido, lo hacían al aire. De este tipo cuenta Gómez Ocaña, como en el laboratorio de la Facultad de Medicina de Madrid que tenía a su cargo, había un modelo construido por Kagennar de Utrech que gracias a la combinación de dos cambios de marcha, con el rozamiento en el aire de tres pares de aletas de distintos tamaños, obtenía velocidades variadas.

Pero de todos los cilindros registradores el que a Gómez Ocaña le pareció más recomendable fue el llamado Kimógrafo de Ludwig y Baltzar, de Leipzig. Este estaba movido por un aparato de relojería con engranajes intercambiables, que permitía velocidades tan diferentes como las comprendidas entre una vuelta en tres segundos y otra en muchos minutos. Además constaba de un freno y de las aletas del regulador centrífugo de Foucault que, dependiendo de su posición, ofrecían mayor o menor resistencia al aire.

Una vez hecho este repaso de los cilindros registradores, vamos ahora a detenernos en el otro elemento clave de lo que hemos llamado cronoestilografía: lo que los fisiólogos llaman estilos o palancas escribientes. Lo hemos llamado elemento clave pues depende de ellos que sean fieles transcritores y que no deformen los movimientos registrados.

Otro instrumento que registra y analiza fenómenos fisiológicos fue el odógrafo, que sobre todo fue útil para estudiar los fenómenos que se desarrollan en un largo espacio de tiempo. Por ello conviene que la rotación del cilindro sea lenta, uniforme y sostenida por un espacio de tiempo indefinido y con un movimiento automático del cilindro.

El segundo de los métodos registradores que estudia Gómez Ocaña en su estancia en el Instituto Marey es la cronografía. Estos instrumentos, los cronógrafos permiten inscribir el tiempo directamente, como el cronógrafo de Verdin y el esfigmocronógrafo de Jaquet, o indirectamente sirviéndose en la mayor parte de los casos de un péndulo. El tercero de los ámbitos al que dedica Gómez Ocaña su Memoria es a la cronofotografía y los avances hechos por Marey y Muybridge por fijar imágenes de un objeto en movimiento y su aplicación, a las investigaciones fisiológicas.

Lo que más le interesaba a Gómez Ocaña era la cardiografía y los instrumentos y métodos para estudiar los movimientos del corazón. Los clínicos estudiaban indirectamente el corazón a través de tres fenómenos: el latido, los ruidos y las oscilaciones de la corriente arterial. Pero los fi-



siólogos iban más allá en la exploración cardíaca: primero lograron las gráficas de los latidos (cardiogramas), de las oscilaciones de la presión arterial y de los ruidos del corazón (cardiofonograma y cardio-electro-fonograma); segundo, obtuvieron cardiogramas directos ya sobre el corazón conservando sus relaciones normales, ya sobre corazones aislados que se les mantenía la circulación artificial; tercero, fotografiaron las oscilaciones eléctricas de la función cardíaca (electrocardiograma).

El primero en pensar un cardiógrafo fué Marey. Ya hemos descrito, al hablar de este inventor, el tambor que lleva su nombre. Verdin construyó entonces sobre este modelo un explorador doble, pero que tenía importantes desventajas. Registraba a la vez las oscilaciones respiratorias y las cardíacas, pero al ser las primeras más grandes anulaban las pulsaciones del corazón, que apenas quedaban registradas. El paso entre los exploradores indirectos y directos lo estableció el cardiógrafo de aguja de Laulaine. Con este instrumento, según indica Gómez Ocaña, no contaba el Instituto Marey pero sí la Facultad de Medicina de París. Gracias a la amabilidad del profesor G. Weiss que se lo prestó lo pudo estudiar y hacer las pruebas que pensó oportunas. Pero enseguida vió inconvenientes a este tipo de aparatos: sólo se podía trabajar con animales, ya que había que sacrificarlos, lo cual era además enormemente costoso, y los mamíferos, en la mayor parte de los casos, precisaban de una operación previa, la traqueotomía, para mantenerles la respiración artificial durante el tiempo que durara el experimento.

Lo que sí presenta Gómez Ocaña como novedad en su Memoria es la inscripción de las variaciones eléctricas que experimenta el órgano cardíaco (electrocardiograma), y las fotografías de los ruidos del corazón ya directamente con el fonógrafo ideado por Otto Weiss, o indirectamente con el galvanómetro de cuerda, como lo logró Einthoven. El fonógrafo de Weiss consiste en una cuerda o hilo muy fino de cristal, cubierto de una delgadísima placa plateada para hacerlo opaco. Las vibraciones de este hilo, que vibra directamente por los sonidos, son las que se impresionan en la película contenida en el aparato cronofotográfico. Las vibraciones se propagan por el aire contenido en una especie de embudo metálico; el fondo de este embudo está cerrado por una delgadísima película que recuerda por su función a la membrana del tímpano; y así esta película transmite igualmente al hilo del fonógrafo las vibraciones del aire. Este instrumento permite obtener gráficas de cualquier ruido fisiológico y patológico.

Las salidas que José Gómez Ocaña realizó fuera de España con motivo de los distintos Congresos Internacionales de Fisiólogos, le permitieron también estar al día no sólo de las últimas investigaciones, sino también del más innovador instrumental que las casas comerciales,



aprovechando estos foros, exponían y ofertaban en las sedes de las reuniones. Un apartado del informe que realizó tras su asistencia, junto al catedrático de Organografía y Fisiología Animal de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, José Gogorza y González, al Congreso celebrado en Heidelberg en 1907, lo dedicó a la “Exposición de nuevos aparatos concernientes a la Fisiología”. Colecciones de instrumental para anatomías y vivisecciones, aparatos de sujeción perfeccionados para animales pequeños, aparatos de fotografía, modelos destinados a demostraciones anatómicas, fisiológicas y embriológicas, aparatos de proyección, microtomos, gran número de microscopios, etc. Pero junto a este material, en homenaje a quien había sido profesor de aquella Universidad, el Congreso dedicó uno de sus espacios a Herman von Helmholtz, fallecido en 1894. En la “Exposición Helmholtz” se podían ver aparatos por él inventados e incluso, en algunos casos, también por él construidos. Estaban presentes un oftalmómetro, modelos hechos con cuerdas para probar la marcha de los rayos luminosos en ojos anastigmáticos, discos para demostrar en ciertos casos la visión de los colores, aparato para observar las imágenes de Purkinje en la acomodación del ojo a las distancias, diversos discos para observar los efectos de la mezcla de los colores, figuras de papel para el estudio de los colores complementarios, aparato para mostrar los diversos movimientos de la cadena de huesos del oído durante la audición, el miógrafo, etc...

Es en este contexto donde hay que encuadrar el diseño de su “nuevo modelo de cardiógrafo” y su posterior construcción en los talleres del Laboratorio de Automática.

### **El cardiógrafo de José Gómez Ocaña**

*“Con el cardiógrafo en cuestión no trataba yo de enriquecer con un aparato más el ya abundante y complicado arsenal de la técnica de la cardiografía. Lo ideé y solicité su construcción para satisfacer exigencias experimentales que me asaltaron en el curso de mi investigación acerca de las acciones fisiológicas de las sales de calcio, bario y magnesio, pues en todos los casos me interesaba la exploración del corazón, con su documento escrito, es decir, el cardiograma. Este representa la imagen gráfica de la pulsación cardíaca, ...”*

En este texto están implícitos varios temas de interés para la tesis que venimos manteniendo. El autor en primer lugar indica como hay una importante presencia de instrumentos que permitían registrar gráficamente los movimientos del corazón. Pero al tiempo, pese a los importantes avances que esto suponía para el mundo de la medicina, ninguno de



estos aparatos le permitía a Gómez Ocaña continuar sus investigaciones. Los contactos en los Congresos con los colegas extranjeros y su estancia más prolongada en París, le permitieron ponerse al día en todas las novedades existentes en este campo, y experimentar con cada uno de estos instrumentos. Las prácticas que con ellos realizó le afianzaron en su idea de construir un nuevo instrumento; las respuestas y soluciones que le proporcionaron los cardiógrafos del Instituto Marey, no le resultaron satisfactorias.

Son muchos los inconvenientes, independientemente del explorador que se emplee, que se presentan a la hora de obtener una buena gráfica de la pulsación cardíaca, tanto en el hombre como en los animales, pues el cardiograma varía y se deforma según la presión y el lugar del tórax en que se aplique. Cambia también con los decúbitos, y el cardiógrafo después de aplicado, se desenfoca fácilmente. Se añaden a estas perturbaciones la combinación de los movimientos respiratorios con los cardíacos. Por todo lo dicho es fácil entender la preocupación de los investigadores por conseguir la fijación del cardiógrafo una vez aplicado y, también, la poca proliferación de exploradores de este tipo en clínicas, mientras crecía la presencia de esfigmógrafos, ergógrafos (aparatos que registran las variaciones del trabajo muscular en experimentos de trabajo o fatiga), y demás aparatos autográficos.

Todas estas dificultades resultan todavía mayores cuando lo que se quieren obtener son cardiogramas de animales pequeños: en ellos es relativamente menos enérgico el choque del corazón, el foco del latido es más limitado y se mantiene peor el explorador. Ni incluso utilizando el doble explorador de Marey, se consiguen en el conejo cardiogramas puros, sino más bien pneumo-cardiogramas útiles tan solo para contar el número de movimientos respiratorios y pulsaciones cardíacas, además estas últimas aparecen pequeñísimas apenas sin relieve ni detalles en las gráficas.

Han existido detractores, en el mundo de los fisiólogos y los clínicos, de las prácticas cardiográficas; pero también hay quienes han expresado su confianza en estos métodos y Gómez Ocaña fue uno de ellos.

Este investigador defendía el empleo en sus experimentaciones de conejillos de indias o del conejo vulgar, pues los veía como excelentes animales de laboratorio. El contexto en el que desarrolló el diseño del nuevo cardiógrafo, fue trabajando sobre la acción fisiológica de las sales de sodio, potasio, calcio, magnesio y bario. Le interesaba ver el efecto que dosis de estas sales podían ejercer sobre el corazón. Sobre todo tenía mucho interés en registrar estos efectos en los cardiogramas y conservar estos como pruebas y comprobantes de los experimentos realizados.



El primer problema que tuvo que solucionar estaba en relación con los animales con los que Gómez Ocaña experimentaba: los conejos. Ya hemos visto como los cardiógrafos que hasta entonces estaban disponibles, estaban pensados para trabajar con animales de gran tamaño. Las razones que explican esta preferencia de Gómez Ocaña están en relación con algo que ya hemos comentado antes, las deformaciones que pueden ocasionar en las gráficas los movimientos respiratorios (si los animales son más grandes, estos son más pronunciados). Estos al ser mucho más extensos y superficiales que los cardíacos, resultan en las gráficas más amplios y empequeñecen y dejan sin detalle las curvas de las pulsaciones del corazón. Esta es una de las razones por las que se ha discutido la exactitud del cardiograma como expresión fiel de la pulsación cardíaca.

Gómez Ocaña hizo ensayos con el explorador del doble tambor de Marey. Pero con este cardiógrafo consiguió tan sólo pneumo-cardiogramas (curvas que registran el ritmo de la respiración) que, en el mejor de los casos, le posibilitaban contar el número de pulsaciones; los miocardiogramas que obtuvo tampoco le dieron buenos resultados, y además en la mayor parte de los casos dañaban el órgano estudiado.

Otro grupo de experimentos, los hizo apelando a los métodos para obtener cardiogramas directos, que requerían la apertura de la capacidad torácica y el mantenimiento de la respiración de forma artificial. De estos procedimientos, como ya se ha dicho, Gómez Ocaña no era nada partidario, pues entre otras cosas defendía la conservación de los animales para posteriores experimentos.

Sus experimentos con el cardiógrafo de aguja de Laulanié, le confirmaron en su inutilidad para su empleo con animales pequeños. Se adaptaba mal al tórax y no resultaba útil para experimentar con conejos.

Pero aunque todas estas experiencias no le resultaran satisfactorias, en el diseño de su cardiógrafo estarán presentes muchos elementos e ideas de estos otros instrumentos mencionados.

En el diseño de lo que denominó "cardiógrafo directo o cardiomiógrafo"<sup>10</sup> Gómez Ocaña conservó la aguja acodada en ángulo recto de Laulanié. Cuando dicha aguja se introducía a través del espacio intercostal, en la región en que son más notables las pulsaciones del corazón, procurando que se apoyara sobre él horizontalmente, la rama vertical que sobresale del tórax denunciaba a la vista y al tacto, dos clases de movimientos: unos de expansión y retracción, amplios y poco frecuentes, que son los respiratorios y, otros de oscilación más rápidos y debidos a las contracciones del corazón. Si se registraban ambos movimientos el resultado era un pneumo-cardiograma: grandes curvas respiratorias con pequeñas ondulaciones que correspondían al pulso del corazón.



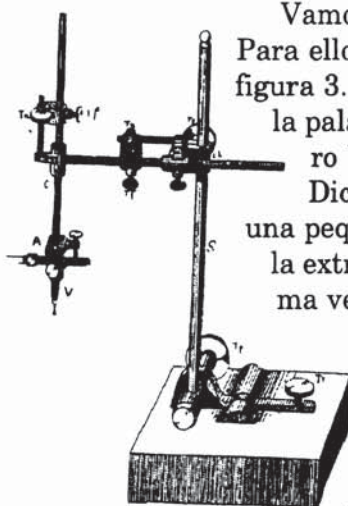


Figura 3

Vamos a describir cómo funciona este instrumento. Para ello conviene seguir el dibujo representado en la figura 3. Los movimientos de la aguja los transmite a la palanca escribiente *P*, un vástago vertical de acero *V*, que se mueve también en sentido vertical. Dicho vástago *V* termina en su parte inferior en una pequeña cavidad cupuliforme destinada a recibir la extremidad superior, ligeramente olivar, de la rama vertical de la aguja *a*. Dependiendo de cómo se ajuste la articulación entre la aguja y el vástago y el ángulo que formen las dos partes articulares, aquél transmitirá a la palanca escribiente los dos movimientos de la aguja (pneumo-cardiograma) o sólo las pulsaciones del corazón (cardiograma). En este último caso los movimientos respiratorios se desvanecen

parte en la carrera vertical que realiza el vástago, y parte en la resistencia que éste opone a su transmisión; ambas causas no logran afectar a la palanca escribiente.

Para facilitar el ajuste de la articulación entre la aguja y el vástago, el brazo horizontal *B* que mantiene el explorador y la rama vertical *RV* que sostiene el eje de la palanca, están provistos de cremalleras *C* y *C'* para los movimientos lentos. Una vez que se consigue la posición conveniente, se fijan dichas partes a favor de los tornillos *tr* y *tr'*.

La palanca representada en la figura 3 puede desmontarse fácilmente con su eje y ser sustituida por la de la figura 4. Con esta sustitución el cardiógrafo de aguja se transforma en un cardiógrafo directo o cardiomiógrafo, con el cual pueden obtenerse trazados de las aurículas o ventrículos y también de la punta aislada del corazón. Los pivotes que en la pieza *A* de la figura 3 sostienen el eje de la palanca escribiente, reciben en su lugar el

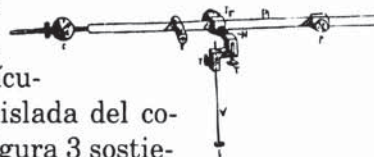


Figura 4

eje *E* de la palanca representada en la figura 4. Por delante de dicho eje, es decir en el brazo más largo de la palanca y a la distancia que se quiera, se coloca una pieza *N* que forma cruz con el brazo de la palanca y sostiene un vástago *V* terminado en el botón *b* que ha de apoyarse sobre el corazón, pasando a través de una ventana abierta en la pared torácica. El vástago *V* es susceptible de subir o bajar, avanzar o retroceder, aproximarse o alejarse de la palanca y cuando se logra la posición buscada, los tornillos *T*, *T'* y *Tr* la fijan. La abrazadera *p* fija, a su vez, el estilo escribiente, casi siempre una laminita estrecha, delgada y de aluminio, que remata en punta para que escriba sobre el cilindro registra-



dor. *C* es un contrapeso que con su avance o retroceso equilibra, en la cantidad que se desee, el peso del brazo largo de la palanca. En la figura 5 se puede ver el cardiógrafo funcionando, con la palanca de la figura 3, sobre el ápice aislado del corazón.

Las tres ventajas que Gómez Ocaña ve en el cardiógrafo que diseñó son su fácil aplicación, la obtención de trazados típicos en las gráficas y la eliminación de las curvas respiratorias, siempre que esté en el interés del investigador conseguir un cardiograma puro. A estas tres ventajas se puede añadir una cuarta, y es la inocuidad de la exploración. Por último decir también, que este cardiógrafo tiene, como ya se ha visto, una doble aplicación: se podía utilizar también como un cardiógrafo directo, sustituyendo una palanca por otra.

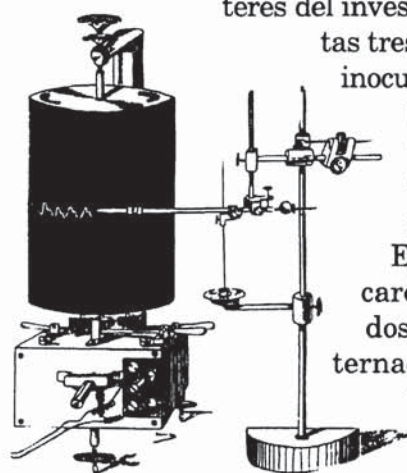


Figura 5

#### **El miógrafo de inscripción rectilínea del Dr. Manuel Menéndez Potenciano**

Otro investigador también adscrito a esta cátedra de Fisiología Humana de la Facultad de Medicina de Madrid, el profesor auxiliar Manuel Menéndez Potenciano, fue responsable del diseño de otro instrumento, en este caso un miógrafo, que como en el caso anterior fue construido igualmente en los talleres del Laboratorio de Automática.

Las investigaciones realizadas por este profesor le llevaron a intentar corregir las interpretaciones, para él nada satisfactorias, dadas por muchos fisiólogos a la forma de verificar el acortamiento del músculo o lo que también se conoce como fase de energía creciente del músculo, y a la comprobación de la supuesta actividad en la que el músculo vuelve a su período de relajación o fase de energía decreciente. El primer problema que Menéndez Potenciano vió a estas interpretaciones era que estaban hechas sobre inscripciones o miogramas que no representaban fielmente la forma de la contracción del músculo. Creía que la razón de esto residía en un problema técnico de los propios instrumentos: las palancas de los miógrafos hacían una descripción en forma de arcos de círculo que, unido a la deformación provocada por el movimiento del cilindro registrador, hacía que el resultado de la curva resultara exagerado y deformado prin-



principalmente en los extremos de la gráfica. Estas fueron las razones que le llevaron a pensar sobre el diseño de un nuevo aparato que solventara estos inconvenientes. Este nuevo instrumento lo llamó “nuevo miógrafo de inscripción rectilínea”<sup>12</sup>.

El aparato (figura 6) consta de un pequeño cilindro de acero *H*, hueco en casi toda su longitud para disminuir su peso, y colocado en posición horizontal mediante un mecanismo que con el menor rozamiento permite su movilidad en esta dirección. El mecanismo está constituido por dos pequeñas poleas distanciadas y colocadas una delante de la otra, sobre las cuales se apoyaba el cilindro *H*, y encima de este y de cada una de las poleas dos ligerísimos rodillos de acero. De este modo se encuentra el cilindro mantenido en su posición, siendo tal su sensibilidad que basta inclinar ligeramente el aparato para que el cilindro se ponga en movimiento. En uno de sus lados lleva una pinza para fijar la palanca escribiente *L*, que es conducida en la misma dirección que se mueve el cilindro, y en el punto opuesto al de la palanca un índice que recorre la escala grabada en la platina. Para que la palanca no sufra oscilaciones verticales, hay un vástago de aluminio que desde la parte inferior del cilindro termina en una ruedecita que corre por una ranura hecha en la platina del miógrafo. Del extremo anterior del cilindro sale un hilo *F* provisto en su extremidad libre de un ganchito metálico *Cr* para fijarlo al tendón del músculo de la rana, y del extremo posterior pende un platillo *P*, en el que se colocan los pesos cuya resistencia tiene que vencer el músculo. El hilo por el cabo destinado al tendón, pasa entre dos poleas que disminuyen su rozamiento y le mantienen siempre en su posición horizontal, que es paralela a la que también se mueve la palanca inscriptora *L*. Todo esto va montado sobre una platina metálica *T*, en cuya cara superior va grabada una escala milimétrica, que nos mide la longitud del recorrido del cilindro producida por la contracción del músculo. En uno de los bordes de la platina hay un anillo provisto de tornillo para fijarla en el soporte *S*. En su borde anterior dos pinzas con tornillos de presión para colocar el corcho donde está la rana. Por último en su cara inferior y cerca del lado donde está el anillo de fijación al soporte, lleva un tornillo milimétrico *V* que sirve para subir o bajar todo el aparato y hacer que el estilo toque la superficie del papel ahumado en el grado de presión necesaria.

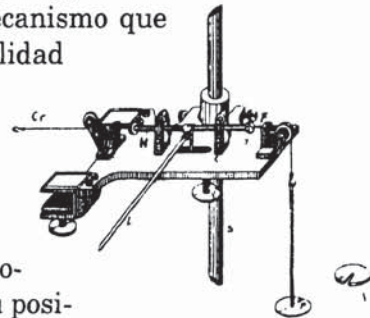


Figura 6

Las ventajas que consiguió con este nuevo miógrafo fueron: en primer lugar la inscripción que obtenida responde exactamente a la amplitud e intensidad que el músculo produce en su contracción, siendo perfecta-



mente esta medida por el aparato; en segundo lugar, los trazados de la gráfica son lineales y no curvos, evitando así una de las causas comprobadas de deformación en los aparatos autográficos, asunto que tanto preocupaba a Menéndez Potenciano. Defiende así este autor la utilización de gráficas que fueran fiel reflejo de la función desarrollada por el músculo, para poder estudiar en ellas los distintos agentes o circunstancias que sobre ellos pudieran influir, y conseguir así un buen conocimiento del fenómeno que se ha producido. Circunstancias especiales de las propias investigaciones, pueden hacer necesarias, en ocasiones, inscripciones más amplias. El conseguir estas por medio de ampliaciones a través de procedimientos fotográficos por ejemplo, lo veía peligroso por que se podían de nuevo introducir distorsiones. En este problema también piensa Menéndez Potenciano y le busca una solución: creó una pieza accesoria (figura 7) con la que se podía aumentar la inscripción hasta cuatro veces su tamaño, sin que esta perdiera su pureza.

Esta pieza accesoria consistía en un doble paralelogramo que amplificaba en cuatro veces los miógrafos sin deformarlos. Cuando se deseara realizar una ampliación no había más que sustituir la palanca inscriptora *L* por el paralelogramo *A*, que se fija al soporte *S* a favor de la virola *V*.

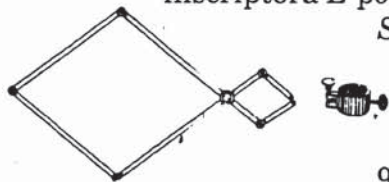


Figura 7

Para concluir podemos decir que, tras el estudio y análisis de estos dos instrumentos, las investigaciones y trabajos que estos hicieron posibles, nos sitúan ante unas inquietudes muy parecidas a las que en estos momentos y dentro del campo de la fisiología se estaban produciendo en Europa. Sabemos, por nuestros estudios sobre el Instituto del Material Científico, que de las dotaciones recibidas por las cátedras universitarias, la de Fisiología Humana, puesta bajo la responsabilidad de José Gómez Ocaña, fue una de las más beneficiadas. Gómez Ocaña dió un gran impulso a la enseñanza a través de la experimentación, e hizo que la fisiología española saliera de nuestras fronteras. Por un lado llevó y mostró en los foros científicos extranjeros los trabajos que en este campo se estaban realizando en España, y por otro ocasionó a su vez que los trabajos e investigaciones españoles se permearan de las corrientes europeas más nuevas. Los instrumentos presentados en este artículo son claro ejemplo de todo ello. Por último conviene destacar como en todo este proceso el Estado jugó un papel importante. Apoyó una ciencia que en estos momentos del cambio del siglo se estaba convirtiendo en una ciencia experimental, por lo que las dotaciones para equipar los laboratorios, resultaron determinantes. En este sentido podemos decir que, en el



desarrollo de la fisiología en el primer tercio del siglo XX, tuvo mucho que ver la actitud que adoptó el Estado español.

### Notas

<sup>1</sup> GOMEZ OCAÑA, J. Fisiología de la circulación en el organismo humano. Cádiz, 1894. Fisiología del cerebro. Cádiz, 1894.

<sup>2</sup> La figura de José Gómez Ocaña ha sido estudiada por:

BARONA Y VILLAR, J.L. La doctrina y el laboratorio. Fisiología y experimentación en la sociedad española del siglo XIX. Madrid, 1992.

RUIZ DE GALARRETA, A. "El doctor José Gómez Ocaña". Archivo Iberoamericano de la Medicina, vol. X, fasc.4. 1958. (379-499).

<sup>3</sup> GOMEZ OCAÑA, J. "Estudio de los aparatos autográficos en el Instituto Marey y comparación de las gráficas por ellos obtenidas". Anales Junta para Ampliación de Estudios. Tomo IV, Memoria 4ª. Madrid, 1911. (179).

<sup>4</sup> GOMEZ OCAÑA, J. "Memoria que elevan a la JAE los delegados de España en el VII Congreso Internacional de Fisiólogos, celebrado en Heidelberg en agosto de 1907". Apéndice 4º. Memoria Junta para Ampliación de Estudios. Madrid, 1908. (148).

<sup>5</sup> GOMEZ OCAÑA, J. y PI Y SUÑER, A. "Memoria sobre el VIII Congreso Internacional de Fisiólogos. Viena 27 al 30 de septiembre de 1910". Anales de la Junta para Ampliación de Estudios. Madrid, 1911. (225).

<sup>6</sup> GOMEZ OCAÑA, J. "Estudios Fisiológicos. Comunicaciones en las reuniones de fisiólogos celebradas en el Instituto Marey en Junio de 1911 y Mayo de 1912". Anales Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. Tomo XI, Memoria 1ª. Madrid, 1913. (12).

<sup>7</sup> Archivo de la JAE. Residencia de Estudiantes.

<sup>8</sup> GOMEZ OCAÑA, J. "Estudio de los aparatos autográficos..." Opus cit. (148).

<sup>9</sup> MAREY, E.J. La Machine Animale. Locomotion terrestre et aérienne. Paris 1882.

<sup>10</sup> El propio autor dice que pensó mucho cómo denominar a este instrumento. Ya hemos visto que lo que Chauveau y Marey en 1863 llamaron cardiógrafo, era un instrumento que registraba la presión intercardíaca, por lo que deberían haberlo llamado esfigmógrafo. Lo mismo ocurrió con los distintos exploradores de la función cardíaca. Pero en los primeros años del siglo XX, esta denominación se aplicó con frecuencia y preferencia a los exploradores que, enfocados en la región precordial, se impresionaban por el latido del corazón, y escribían su trazado: el cardiograma.

<sup>11</sup> GOMEZ OCAÑA, J. "Nuevo cardiógrafo directo o cardiomiógrafo". Boletín de la Sociedad Española de Biología. Madrid, 1911. (102-105).

GOMEZ OCAÑA, J. "Consideraciones acerca del cardiograma y de la práctica de la cardiografía, con motivo de un nuevo modelo de cardiógrafo". Arxius de L'Institut de Ciències. Any I, num. II. Barcelona, 1912. (22-31).

GOMEZ OCAÑA, J. "Un nuevo modelo de cardiógrafo" Estudios Fisiológicos. (Comunicaciones en las reuniones de fisiólogos celebradas en el Instituto Marey en junio de 1911 y mayo de 1912). Anales de la Junta para Ampliación de Estudios. Tomo XI. Madrid, 1913. (5-15).

<sup>12</sup> GOMEZ OCAÑA, J. "Miógrafo de inscripción rectilínea". Estudios Fisiológicos. (Comunicaciones en las reuniones de fisiólogos celebradas en el Instituto Marey en junio de



1911 y mayo de 1912). Anales de la Junta para Ampliación de Estudios. Tomo XI. Madrid, 1913. (16-18).

MENENDEZ POTENCIANO, M. "Un nuevo modelo de miógrafo de inscripción rectilínea". Boletín de la Sociedad Española de Biología. Madrid, 1911. (106-108).

MENENDEZ POTENCIANO, M. "Estudios Miográficos y presentación de un nuevo Miógrafo de inscripción rectilínea". Asociación Española para el Progreso de las Ciencias. Congreso de Granada. Tomo VIII. Madrid, 1913. (26-29).