

merced a la fecunda iniciativa de su actual Rector, de contribuir a que los estudiantes de medicina se preparen cada vez mejor para el desempeño de la función social que señala a los médicos la época que vivimos.

## Finalidades, origen, directivas, plan general y metodología de la obra: "Análisis experimental de los fenómenos fisiológicos fundamentales"\*

Por el Dr. J. JOAQUIN IZQUIERDO.

Al escribir esta obra, con el propósito inmediato de fomentar las actividades del laboratorio de Fisiología como medio de adquisición activa de conocimientos y de aprendizaje del método científico de investigación, ha sido mi deseo que el esfuerzo que representa venga a sumarse a otros realizados con anterioridad, (1) tendientes a lograr en el medio patrio que tanto quienes aprenden como quienes enseñan Fisiología lo hagan apoyados en un comercio directo con los fenómenos y en el manejo de las herramientas instrumentales e intelectuales adecuadas para descubrir las correlaciones que existen entre dichos fenómenos y los diferentes factores o variables a que están ligados.

No la entrego a la publicidad sino hasta después de que la experiencia ganada durante varios años al ir desarrollando los trabajos que la componen, en la Escuela Médico Militar de Mé-

(\*) Leído en la sesión del 7 de junio de 1939.

(1) Consúltense los siguientes trabajos del autor:

Del *Curso de Fisiología de Laboratorio* por W. B. Cannon, traducido al castellano y anotado por J. J. Izquierdo, D. Appleton y Compañía, Nueva York y Londres, 1929, el Prefacio del traductor.

Del libro *Balance Cuatricentenario de la Fisiología en México*, Ediciones Ciencia.—México, 1934, el capítulo preliminar (página 7), la página 283 y siguientes y el capítulo VIII (página 301).

Del libro *Harvey Iniciador del Método Experimental*, Ediciones Ciencia, México, 1936, la Introducción (página XI-XVII).

xico (2), ha de mostrarse que todos ellos pueden ser ejecutados satisfactoriamente por alumnos preparados con el Bachillerato de Ciencias Biológicas, si se les dirige convenientemente.

Por comparación inevitable con lo acostumbrado en el medio en donde aparece la obra, desde luego se descubrirán en ella divergencias relativas a sus directivas y plan general, que en último término no son más que consecuencias del diferente grado de importancia que el autor concede, en comparación con otros autores, a las dos partes fundamentales del pensamiento de Claudio Bernard (3), acerca de la Fisiología General. Bernard, al declarar que la Fisiología General es el estudio de los fenómenos elementales que son comunes al hombre, a los animales y a los vegetales; reconoció que tales fenómenos son de la misma naturaleza que los estudiados por la física y por la química y les señaló como sitio las células, "verdaderos resortes ocultos de la máquina viviente".

---

(2) El folleto del autor **En qué ha contribuido la Escuela Médico-Militar al desarrollo de la Fisiología Experimental en México.**—Reflexiones a propósito de la inauguración de su nuevo laboratorio.—Talleres Gráficos de la Nación, México, 1937.—Contiene información acerca de estos cursos en su período de desarrollo. Debe agregarse que, además de ser el antecedente inmediato de esta obra, dichos cursos de laboratorio han sido los primeros que se llevan a cabo con éxito en el país y han servido para inspirar los que luego ha empezado a poner en práctica en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas el doctor Efrén C. del Pozo.

En la Facultad Nacional de Medicina, aun cuando la Fisiología General empezó a ser enseñada como materia independiente desde 1917, se la sigue enseñando en la forma exclusivamente teórica que señalábamos en 1934. (Véase Izquierdo, **Balance Cuatricentenario de la Fisiología en México**, página 277). A raíz de la crítica hecha en el libro anterior, se hizo un intento para que comprendiera un curso práctico, que fracasó por haber sido confiado a persona sin preparación ni experiencia sobre el particular.

(3) Consúltese especialmente su lección sobre "El Problema de la Fisiología General", escrita en 1867, incluida en la página 99 a la 148 de **La Science Expérimentale**.—Librairie J. B. Baillière & Fils., Paris, 1878.

También, la nota 212 de la página 317 de su **Physiologie Générale**.—Librairie Hachette et Cie.—Paris, 1872, y la lección inaugural de su curso de 1870, en las páginas 1 a 19 de sus **Leçons sur les Phénomènes de la Vie Communes aux Animaux et aux Végétaux**.—Librairie J. B. Baillière & Fils., Paris, 1878.

Quizá bajo la influencia de Verworn, que consideró que la Fisiología General no podría realizar sus fines "si no procedía como una fisiología celular" (4), y más seguramente bajo la de la obra en que Policard (5) encerró su estimable esfuerzo por sustituir la vieja histología puramente formológica por una histología fisiológica, a la que consideró como una rama de la fisiología general, inspirada en sus disciplinas y en sus métodos, los tratadistas y maestros nacionales han tendido a plantear los problemas de la fisiología general principalmente sobre la base de los datos morfológicos y a resolverlos recurriendo de modo casi exclusivo a las técnicas de la citología y de la histología clásicas, pero en cambio han relegado el estudio de los fenómenos físicos y químicos a un plano secundario e impreciso. Así, dentro de un plan general ajustado a los dos tipos de células "indiferenciada" y "diferenciada" establecidos por los histólogos, han venido acostumbrando considerar las funciones de la neurona sobre la base de sus aspectos citológicos y, en cambio, no han hecho sino de modo muy superficial, el estudio de los fenómenos físicos y químicos que intervienen en los procesos de excitación y conducción; con relación a los tejidos musculares, cuya fisiología general han declarado que "no podría comprenderse en manera alguna si se careciera de la base eficaz de la histología" (6), han prestado atención preferente a las hipótesis formuladas acerca del mecanismo de la contracción del músculo en vista de los aspectos de sus fibras, pero han dejado sin estudiar el fenómeno de la contracción misma, no obstante que con calificar a los fenómenos térmicos, eléctricos y químicos de "concomitantes de la contracción" han venido reconociendo implícitamente que ésta es el fenómeno fisiológico más evidente y característico de los tejidos musculares. Pero se la dejaba de estudiar por considerarla asunto más propio para la fisiología "especial" (7), designación

(4) Verworn, M. *Allgemeine Physiologie*.—Ein Grundriss der Lehre vom Leben. Fünfte Auflage. Verlag von Gustav Fischer, Jena, 1909, página 56.

(5) Policard, A. *Précis d'Histologie Physiologique*.—Librairie Octave Doin, Paris, 1922, página 2.

(6) Ocaranza, F.—*Fisiología General*—Publicaciones de la Secretaría de Educación Pública, Talleres Gráficos de la Nación, México, 1937, pág. 282.

(7). Ocaranza. Obra citada, página 282.

que se ha venido aplicando a la fisiología del hombre y de los mamíferos superiores. Sin embargo, si se atiende a que la fisiología es un estudio de la fenomenología de los seres vivos, resulta desautorizado calificar de "fenomenologías especiales" a las que tienen "interés especial" en el hombre, los mamíferos o las plantas, pues no refiriéndose a fenómenos diferentes de los estudiados por la fisiología general, cabe negar su existencia y repetir acerca de ellas el viejo dictado de Platón, de que no hay ciencia de lo particular.

Se acabará de apreciar el criterio dominante que se ha venido teniendo acerca de los fenómenos fisiológicos generales, con considerar que como remate de la fenomenología general de la célula "no diferenciada" se ha reconocido que en ella se efectúan las mismas funciones de digestión, nutrición, circulación, respiración, etc., de los organismos superiores (8), pero no se ha ido mucho más adelante en el análisis de los fenómenos fundamentales que intervienen en tales funciones, como tampoco se ha estilado entrar a discutir el "mecanismo íntimo" de diferentes sustancias de acción fisiológica, por considerar que esto "llevaría demasiado lejos y apartaría del punto de vista general" (9).

Convencidos de que la aplicación de los métodos cada vez más precisos de la física, la química y la físicoquímica al estudio de los fenómenos fisiológicos generales ha venido justificando de modo cada vez más completo, la validez del concepto relativo de Claudio Bernard, la presente obra, en vez de tomar como puntos de referencia a los tipos de células descritas por los histólogos, va dividida de acuerdo con las diferentes categorías de los fenómenos elementales generales. Además, en vez de limitarse al uso de células aisladas, para la resolución de diferentes problemas, recurre repetidamente al empleo de asociaciones de células (tejidos), cuyas ventajas se aprecian cuando se compara la copiosa información lograda acerca de los fenómenos de excitabilidad como resultado de empleo de nervios y tejidos musculares, con la exigua lograda anteriormente cuando sólo se hacía uso de los protozoarios.

---

(8) Ocaranza. Obra citada, página 210.

(9) Ocaranza. Obra citada, página 238.

Comienza la obra con una primera sección dedicada al estudio de los aspectos morfológicos fundamentales de las células, que insiste repetidamente en que los que deben considerarse como tales son los de las células vivientes y no los de las células tratadas por las técnicas de la histología clásica. Siguen tres secciones consagradas al estudio de los fenómenos físicos y químicos fundamentales, con relación a cada una de cuyas categorías se hace que el estudiante los aprecie primero en los sistemas físicos no vivientes y pase luego a considerarlos en lo viviente. Dentro de estas tres secciones queda incluido, aunque con amplitud y profundidad mucho mayores, el material con que los antiguos autores formaban un capítulo relativo a las influencias del "medio exterior" sobre células y tejidos. Las dos secciones finales se aplican al estudio de los fenómenos elementales de los tejidos excitables y de los movimientos fisiológicos fundamentales ciliar y muscular. De intento no se agregaron otras secciones relativas a tropismos, fenómenos de secreción, reproducción u otros, pues se consideró que hubieran llevado a volver a considerar los mismos factores fisiológicos fundamentales ya apreciados en las otras secciones del curso, alargando en cambio innecesariamente la extensión de éste. A fin de facilitar y mejorar la labor de los estudiantes, se consideró de utilidad formar un apéndice final que contiene instrucciones, datos y tablas diversos.

La obra no se limita a presentar las conclusiones alcanzadas por los autores de diversas cuestiones a fin de que el estudiante luego las verifique en el laboratorio, ni a sólo proporcionarle las instrucciones necesarias para el uso de los instrumentos y aparatos de que debe valerse para la ejecución de sus trabajos; sino que buscando la realización de las finalidades apuntadas al principio, está integrada por una serie de problemas que se plantean al estudiante para que sea él quien al resolverlos, se vea llevado a las mismas conclusiones. Al aplicarse a la resolución de algunos de ellos y observar que un fenómeno B se produce simultánea o secundariamente a otro A, se verá llevado a hacer la hipótesis de que A es una especie de causa o determinante de B, y si después de realizar el experimento de suprimir A, observa que B deja de producirse, tomando el hecho positivo como

la prueba y al negativo como la **contraprueba** de su hipótesis, se sentirá inclinado a pensar que su tarea ha terminado. Sin embargo, con dedicarse a la resolución de otros muchos problemas, no tardará en descubrir que la formulación de problemas en terminos parecidos a los anteriores es notoriamente incorrecta y no conduce más que a una solución preliminar y puramente **cualitativa** del verdadero problema, que es **cuantitativo** y consistente en averiguar la forma y grado en que pueda ir variando B a medida que vaya variando A, es decir, en averiguar la correlación que pueda existir entre A y B. Con considerar en esta forma sus problemas, se dará cuenta de que está trasladando al terreno de los fenómenos fisiológicos el concepto corriente en matemáticas de las **variables**, que no son sino magnitudes capaces de variar en función de otras magnitudes, y se compenetrará de la necesidad que hay para resolver los problemas fisiológicos, de **medir** las magnitudes de las variables que en ellos intervienen, y expresarlas por medio de cifras, de cuyo grado de exactitud y margen de variación —dependientes de los métodos empleados para medirlas— deberá asegurarse con ayuda de los métodos estadísticos. La medición repetida durante el curso, de longitudes, pesos, masas, volúmenes, concentraciones, fuerzas y demás factores de índole semejante, acabará de convencerlo de la verdadera naturaleza de las **variables fisiológicas**.

La práctica repetida de obsevaciones y experimentos con el fin de descubrir las correlaciones que ligan a las variables entre sí, conducirá en primer término al estudiante, al convencimiento de que dado el carácter inmutable de tales correlaciones entre los fenómenos, tanto de la Naturaleza viviente como de la no viviente, basta realizarlas en corto número, aunque siempre en idénticas condiciones, para contar ya con base suficiente para descubrir la naturaleza de tales correlaciones. Pero además, como fruto de tan importante ejercicio, habrá aprendido a manejar el **método de análisis inductivo**, que constituye la herramienta maestra de exploración de la Naturaleza, entrevista por el genio de Francis Bacon (10), y aplicada por vez primera con éxito asombroso al

---

(10).—Bacon, F. *Novum Organon Scientiarum*. Venetiis, Typis Gasparis Girardi, 1620. Aforismos 105 y 106. Consúltense además las páginas 7 a 15 de la segunda obra que cita la nota 11.

estudio de los fenómenos fisiológicos, por Guillermo Harvey (11). Pero no por ello dejará el estudiante de encontrar problemas en los cuales, para decidir si a lo por él observado en un caso particular son aplicables tales o cuales generalizaciones, tendrá que hacer uso de razonamientos deductivos verdaderos y por lo mismo diferentes del silogismo, expresión puramente formal de dicha operación mental, sellada por Aristóteles y consagrada por los Antiguos, que sólo conocieron el método sintético, pero no el analítico.

Así, como fruto de la práctica alternada, primero del análisis inductivo de los datos que vaya recogiendo y ordenando por sí mismo, y luego de las síntesis deductivas que efectúe a partir de generalizaciones anteriormente establecidas, podrá el estudiante compenetrarse de que ambas operaciones, que en un tiempo fueron consideradas como bases antitéticas de métodos rivales para la exploración de la Naturaleza, son en realidad complementarias y convergentes por cuanto a sus resultados, tal como lo reconoce el **empirismo científico contemporáneo**. (12). Y se dará cuenta, además, de que el verdadero método científico no consiste ni en la práctica ciega de un empirismo a priori o el empleo de un lenguaje que dé la impresión de estarlo utilizando, ni en la sujeción rígida a los principios de la lógica formalista, que por sí solos no protegen de caer en las especulaciones metafísicas, como lo prueba el hecho de que siempre ha sido posible levantar sistemas especulativos **more logico demonstrata**.

Dada la importante función que desempeña el lenguaje en la enunciación de los problemas y de los resultados de la ciencia, se ha procurado de modo general, ir acostumbrando al estudiante a que formule siempre sus asertos con estricta sujeción a una verdadera crítica científica, de suerte que, aunque sienta que sus afirmaciones resultan "menos exactas", prefiera emplear formas modestas como las de declarar que tal fenómeno ocurre "a veces"

(11).—Harvey, W.—*Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus*. Sumptibus Guillelmi Fitzeri, Franckfurt, 1628. Acerca de la magna obra de Harvey, consúltese el libro que le ha consagrado nuestra admiración: **Harvey Iniciador del Método Experimental**, Ediciones Ciencia, México, 1936, que contiene la primera traducción española de dicha obra.

(12) Véase Charles W. Morris. **Scientific Empiricism**. International Encyclopedia of Unified Science. Vol. I, pág. 63. The University of Chicago Press, 1938.

o que la explicación que de ello propone es "quizá cierta", en vez de excederse en formas ampulosas y dogmáticas en que declare que el fenómeno "siempre se presenta" y que la explicación que propone es "seguramente verdadera".

Para la descripción de las correlaciones entre los fenómenos, se hace que el estudiante haga uso del lenguaje simbólico de las matemáticas, \* que además de aventajar considerablemente para estos fines al lenguaje ordinario, posee sobriedad, concisión y desnudez tal de todo inútil adorno, que quien lo emplea se habitúa al uso de ideas claras y precisas. Desde luego, encontrará que las fórmulas algebraicas son muy apropiadas para expresar las correlaciones de los datos obtenidos por el experimento, y que, una vez establecidas, se puede comprobar su validez sustituyendo los valores de las variables que representan por los encontrados en un nuevo experimento, o puede utilizárselas para encontrar qué valor corresponde a una variable para un valor determinado y conocido de la otra. Después, recordando que los problemas de las correlaciones fisiológicas coinciden fundamentalmente con el que domina a todo el cálculo diferencial, de encontrar las pequeñas variaciones  $dy$  sufridas por una variable  $y$ , como consecuencia de las pequeñas variaciones  $dx$  de otra variable  $x$ , descubrirá que su tarea consiste precisamente en encontrar la magnitud de tan pequeñas variaciones y de su relación  $dy/dx$ , en vista de las mediciones espaciadas y simultáneas que haya podido hacer de los valores de  $x$  y de  $y$ , y que por lo mismo, debe recurrir a las técnicas de diferenciación. También encontrará problemas que, por requerir ser resueltos en un orden inverso, le obligarán a recurrir al **cálculo integral**.

Con igual finalidad se ha procurado que el estudiante aprenda a sacar provecho de la poderosa ayuda que ofrece el empleo de la **geometría de coordenadas**. Después de hacerle trazar las gráficas de los datos que ha recogido, se le lleva a inspeccionarlas para que, según resulten rectas o curvas, o que circunscriban áreas diferentes, descubra las correlaciones entre las variables consideradas. Se

---

\* Adviértase que por no hacer uso del simbolismo de las matemáticas, aplica el estudiante el método de las mismas, que es deductivo, no porque haga uso de formas silogísticas, sino por el carácter de las inferencias con que opera.

le hace ver que la analogía entre las gráficas de dos fenómenos biológicos diferentes, no basta para interpretarlos de la misma manera, como sucede con las correlaciones que resultan expresadas por curvas de la familia de las parábolas, que antes de contar con nuevos experimentos, no es posible decidir si corresponden a fenómenos de adsorción, o a equilibrios de masas reaccionantes o de las velocidades con que reaccionan. Se le hace aprender a sacar partido de las gráficas establecidas experimentalmente, para encontrar qué valor de una de las variables es el que corresponde a cada uno de los valores de la otra.

En suma, con esta obra y como consecuencia del continuado ejercicio en los métodos científicos de investigación, esperamos contribuir a que la juventud que se prepara para las carreras de la medicina y de otras ciencias biológicas, además de lograr conocimientos de confianza acerca de los fenómenos fisiológicos fundamentales de los seres vivientes, empiece a desarrollar esas dos capacidades de que tanto necesita el hombre contemporáneo para llegar a considerar de modo objetivo los múltiples factores que intervienen en los complejos problemas que le atañen: el hábito de plantearse verdaderos problemas científicos y la capacidad para obtener datos de verdadero valor científico, que le permitan resolverlos. Esperamos que como resultado del equilibrado ejercicio de las tareas de análisis y de síntesis, logre sortear los extremos del materialismo y del misticismo, que en el pasado resultaron del uso exclusivo de los métodos inductivo y deductivo. Con relación a sus carreras, esperamos que adquiera la capacidad máxima que es de desearse para cada una de ellas y que Augusto Comte dejó expresada en la sapientísima sentencia de **saber para prever, y así luego poder obrar** sobre la Naturaleza en provecho del hombre.

Por referirse a la juventud todas estas finalidades, a ella va dedicada la obra con las nobles palabras copiadas al frente de ella, mismas con que la invitamos a entregarse a las tareas de la investigación. \*

\* "Sea otro el que a la manera de los brutos, siga con ojos desprevenidos los campos que dora la febea lumbre, e indolente consuma todo su tiempo en juegos. Pero tú, de tan aguda mente dotada, desnuda ya de la vestidura de los Antiguos y revestida desde hoy de nuevos pensamientos, saca entre tanto todas las fuerzas de tu ingenio y en grata labor dedícate sagaz a descubrir los secretos de la Naturaleza y a desenterrar tus propios tesoros".