

≈ 10 ≈

Fundamentos de la psicología en el siglo XIX

Progresos en fisiología

Fisiología general del sistema nervioso

Fisiología del cerebro

Fisiología de las sensaciones

Psicofísica

Ernst Heinrich Weber

Gustav Theodor Fechner

Hermann von Helmholtz

Evolución

Charles Darwin

Herbert Spencer

Francis Galton

Resumen

En este capítulo veremos tres movimientos científicos del siglo XIX que tuvieron un efecto directo en la fundación de la psicología y en su posterior manifestación en el siglo XX. Primero, en fisiología, la investigación de la actividad del sistema nervioso dio una base empírica para muchas funciones humanas que antes se consideraban mentales. Segundo, una corriente alemana llamada *psicofísica* trató de encontrar el fundamento cuantitativo de la relación entre mente y cuerpo y empleó un método empírico que superó la obra psicológica de Herbart. Por último, en Inglaterra, la obra de Charles Darwin afirmó una teoría de la evolución basada en las pruebas empíricas de la selección natural. Los tres movimientos ayudaron a establecer el estudio formal de la psicología.

PROGRESOS EN FISIOLOGÍA

La investigación empírica en fisiología hizo importantes avances en el siglo XIX. El estudio de la actividad nerviosa, las sensaciones y la fisiología del cerebro confirmaron las ventajas de las estrategias empíricas cuidadosas y sistemáticas. En particular, estas ventajas apuntaron a la posibilidad de elucidar las bases fisiológicas de las operaciones mentales.

Fisiología general del sistema nervioso.

Charles Bell (1774-1842) y François Magendie (1783-1855) demostraron en forma independiente la distinción entre nervios sensorios y motores con sus trabajos experimentales. Bell nació en Edimburgo y en Londres se hizo famoso como anatomista. Magendie fue un profesor muy estimado y miembro de la Academia francesa. Su obra conjunta, formulada en la ley de Bell-Magendie, partía del descubrimiento de que las raíces posteriores de la médula espinal contienen sólo fibras sensorias, mientras que en las anteriores no hay más que motoras. Las fibras nerviosas dejaron de ser consideradas “tubos huecos” que transmitían “espíritus” de actividad o fibras generales que comunicaban funciones sensoriales y motoras mediante “vibraciones” suscitadas por los estímulos. Resultó que tienen una función específica y que la conducción nerviosa sigue una sola dirección.

La obra de Bell y Magendie fue profundizada sistemáticamente por los trabajos de Johannes Müller (1801-1858), quien dio el tono de la fisiología decimonónica. Su exhaustivo *Handbuch der Physiologie des Menschen* (*Cuaderno de fisiología humana*, 1833-1840) se convirtió en la compilación clásica de la época. Luego de que en 1822 obtuviera su doctorado en la Universidad de Bonn, Müller fungió ahí como catedrático hasta 1833, cuando fue invitado como profesor de fisiología a Berlín. Muchos de los principales fisiólogos europeos del siglo fueron sus discípulos y otros tantos fueron influidos por su *Handbuch*. Basado en la obra de Bell y Magendie, Müller articuló la llamada doctrina de las energías nerviosas específicas. Describió las cualidades concretas de la transmisión nerviosa y las formuló en 10 leyes. La mayor implicación de la doctrina de Müller es la aseveración explícita de que no estamos conscientes de los objetos, sino de los nervios. En consecuencia, el sistema nervioso es el intermediario de los objetos y la mente. Müller afirmaba que las cinco clases de nervios imponen su cualidad a la mente. Como paralelo fisiológico de la noción kantiana de categorías mentales, la obra de Müller estimuló el estudio de la localización de las funciones cerebrales, que consideraremos adelante.

La comprensión de la fisiología de los sentidos dio un gran paso cuando se descubrió que la conducción nerviosa era básicamente un proceso eléctrico, lo que descartó por fin la opinión de que las fibras nerviosas contenían “espíritus animales”. Dijimos en el capítulo 8 que Galath de Leiden almacenó cargas eléctricas en series de botellas. Un fisiólogo italiano, Luigi Galvani (1737-1798), utilizó las botellas de Leiden como fuente de energía en su clásico experimento de estimulación de la acción refleja de la pata de una rana con la médula parcialmente intacta. Galvani concluyó que los nervios conducen electricidad, aunque para colocar su descubrimiento en el contexto de sus días, pensó que había aislado una sustancia peculiar —la “electricidad animal”— que sería transportada por un fluido de los nervios a los músculos. Fue un estudiante de Johannes Müller, Emil Du Bois-Reymond (1818-1896), quien terminó con la idea de los “espíritus animales” y estableció la base moderna de la transmisión nerviosa al describir las propiedades eléctricas de los impulsos nerviosos.

La velocidad de estos impulsos fue medida por otro alumno de Müller, Hermann von Helmholtz (1821-1894), a quien veremos más adelante. En el *Handbuch*, Müller

había aceptado, si bien con cierto escepticismo, una de las principales implicaciones de los “espíritus animales” de la transmisión nerviosa, a saber, que la velocidad de los impulsos nerviosos es demasiada para ser observada y estudiada empíricamente. Pero Helmholtz ideó un método para medir el tiempo entre la aplicación de un estímulo eléctrico a un nervio de rana y la flexión del músculo. En la rana, encontró tiempos de reacción de 0.0014 y 0.0020 segundos para fibras nerviosas de 60 y 50 milímetros, respectivamente, lo que dio límites de 42.9 y 25.0 metros por segundo. Usando el mismo método para medir los tiempos de reacción en los seres humanos, Helmholtz estimulaba a sus sujetos en un dedo del pie y en el muslo y calculaba las diferencias. Descubrió que la velocidad de transmisión de los impulsos sensoriales es de 50 a 100 metros por segundo. Aunque otros, como Du Bois-Reymond, harían después cálculos más precisos, Helmholtz demostró empíricamente la transmisión nerviosa y aumentó la confianza en ese método científico. Más aún, como Helmholtz pudo medir los efectos de la estimulación en las respuestas conductuales abiertas (es decir, el tiempo de reacción) de sus sujetos, el experimento fue un prototipo de la psicología empírica.

Fisiología del cerebro

Quizá la mayor manifestación de los principales adelantos en la fisiología del cerebro durante el siglo XIX ocurrió en 1906 cuando se concedió el premio Nobel al neurólogo italiano Camillo Golgi (1844-1926) y al anatomista español Santiago Ramón y Cajal (1852-1934). En 1873, Golgi publicó un trabajo en el que informaba que había aplicado nitrato de plata a las células nerviosas para observar bajo el microscopio los detalles de su estructura. Ramón y Cajal, profesor de neuroanatomía en la Universidad de Madrid, utilizó más adelante esta técnica de tinción en su descubrimiento de la neurona, la unidad básica del sistema nervioso. Su obra, que concluyó un siglo que había iniciado con la noción de que el funcionamiento del sistema nervioso era similar al circulatorio, demostró el valor de las estrategias empíricas en el estudio de la actividad nerviosa.

A comienzos del XIX, la interpretación dominante de las funciones del cerebro se encontraba en la doctrina de la frenología, encabezada por Franz Joseph Gall (1758-1828) y su discípulo J. G. Spurzheim (1776-1832). En buena medida, la frenología y otras corrientes similares en la fisiología cerebral fueron una consecuencia lógica del modelo mentalista encarnada en la psicología “de las facultades” de Wolff y Kant. En particular, la frenología quería encontrar el sitio de las facultades mentales. Gall comenzó como maestro en Viena, pero en 1800 el gobierno austriaco lo presionó para que se fuera y pasó el resto de sus días en París. Gall y Spurzheim postularon que hay 37 poderes mentales correspondientes al mismo número de órganos cerebrales, cuyo desarrollo causa las protuberancias características del cráneo. Entonces, fundaron una pseudociencia que daba la ubicación precisa de las funciones cerebrales. La frenología sostenía que el grado de una facultad o rasgo mental que poseyera el individuo estaba determinado por el tamaño del área cerebral que controlaba tal función y que podía ser calculado midiendo la zona respectiva en el cráneo.

Con todo, la fenomenología de Gall puso en el primer plano de las investigaciones fisiológicas el problema de la localización de las funciones cerebrales. El trabajo de

Luigi Rolando (1773-1831) llevó a rechazar la frenología y a sustituirla con pruebas mejores de las regiones del cerebro. En 1809, publicó en Italia los resultados de sus investigaciones, que en 1822 fueron repetidas en Francia. Apoyado en observaciones patológicas, Rolando argumentaba que los hemisferios cerebrales son los principales mediadores del sueño, la demencia, la melancolía y las manías. Las funciones sensoriales se localizan en la médula oblonga. Aunque sus experimentos eran primitivos, descubrió que la estimulación eléctrica suscita contracciones musculares más violentas si se aplica en centros cerebrales superiores. Del mismo modo, el científico francés Pierre-Paul Broca (1824-1880) realizó la autopsia de un hombre que había sufrido de afasia y encontró lesionada una parte específica del córtex frontal (la que hoy se llama área de Broca). Lo interpretó como confirmación de la tesis de la localización de las funciones cerebrales y la señaló como el sitio del lenguaje expresivo.

El estudio de la fisiología del cerebro tomó su forma definitiva de la metodología precisa y las interpretaciones coherentes de Pierre Flourens (1794-1867). Después de estudiar la fisiología de los sentidos en París, asumió una cátedra de anatomía comparada y fue elegido para la Academia francesa por su refutación clara y concisa de la frenología, que se encuentra resumida en su *Examen de la phrénologie* (1824).

En lugar de acudir a las pruebas patológicas clínicas reunidas en las autopsias, Flourens perfeccionó el método más controlado de la extirpación, que, en esencia, consiste en que se aísla cierta área del cerebro de un animal vivo y se retira o destruye sin dañar el resto del órgano. Después de la recuperación, se observa al animal para averiguar qué funciones pierde y cuáles recupera. Flourens suponía que hay seis áreas cerebrales y, gracias a sus habilidades como cirujano, identificó las funciones de cada una:

Hemisferios: voluntad, juicio, memoria, vista y oído.

Cerebelo: coordinación motora.

Médula oblonga: mediación de las funciones motoras y sensoriales.

Cuerpos cuadrigéminos (que comprenden las eminencias anteriores y posteriores): visión.

Médula espinal: conducción.

Nervios: excitación.

Flourens advirtió la unidad esencial del sistema nervioso al destacar las acciones comunes de varias partes además de sus funciones particulares. Si bien su planteamiento anatómico reflejaba la tendencia a la localización practicada por los frenólogos, su insistencia en la unidad del sistema representa un alejamiento de la postura radical de Gall. Más aún, sus innovaciones metódicas arrojaron datos que anticiparon el futuro de la investigación neurofisiológica.

Charles S. Sherrington (1857-1952) culminó los progresos del siglo XIX en la fisiología del cerebro que echaron los cimientos de la moderna neurofisiología y las disciplinas afines de la electrofisiología y la histología. Su larga carrera se divide en dos partes. En la primera fase, que se prolongó hasta 1906, Sherrington llevó hasta sus conclusiones los trabajos de Müller, Bell, Magendie, Flourens y otros. Esta obra esta-

bleció las bases neuroanatómicas de la reflexología, es decir, la causalidad fisiológica que funda las respuestas conductuales abiertas a los estímulos del exterior. Las investigaciones de Sherrington, resumidas en su clásica *The Integrative Action of the Nervous System* (1906), abrió el camino para la psicología conductista del siglo XX que iniciaron Pavlov y J. B. Watson. Durante la segunda mitad de su carrera, coronada por el premio Nobel en 1932, Sherrington continuó sus experimentos prolíficos y educó a una generación de neurofísicos en la Universidad de Oxford. Así, no sólo estableció los fundamentos de la neurofisiología, sino que también elaboró sobre tales cimientos y dio grandes pasos en la comprensión de las bases fisiológicas de los sucesos psicológicos.

Las primeras investigaciones de Sherrington sobre los reflejos estuvieron dominadas por sus análisis de la actividad espinal y la acción recíproca de músculos antagonistas. Para comunicar sus descubrimientos, creó una terminología que ahora es esencial para las neurociencias. Acuñó términos como *nociceptivo*, *propioceptivo*, *fraccionación*, *restablecimiento*, *oclusión*, *mitosis*, *reserva neuronal* y *motoneurona*. Sus contribuciones a la neuroanatomía, publicadas en la década de 1890, consistieron en identificar las vías motoras y los nervios sensoriales en los músculos y rastrear la distribución cutánea a las raíces posteriores de la médula. Estos estudios revelaron la dinámica de la coordinación nerviosa, que describía como una “combinación” de reflejos formados por la interacción de arcos reflejos en vías comunes. Sherrington concluyó que tras esta actividad refleja se encuentran los procesos cruciales de las acciones inhibitorias y excitatorias en las regiones entre las células nerviosas, a las que llamó *sinapsis*.

Sherrington aplicó el método de la extirpación en sus estudios y su obra de 1906 exploró todas las posibilidades de la neurofisiología a partir de las propiedades integradoras del sistema nervioso. En esta obra, describe los reflejos complejos en términos de cadenas sinápticas de vías convergentes. Es difícil exagerar el efecto de los trabajos de Sherrington y su importancia para la psicología contemporánea. Su concepto de procesos inhibitorios y excitatorios tiene un lugar destacado en nuestra comprensión de las relaciones entre cerebro y conducta y es la piedra angular de la teoría del condicionamiento. Sus ideas han sido ampliadas y, en esencia, confirmadas en este siglo, sobre todo por sus brillantes estudiantes, entre los que sobresale John C. Eccles (1903-1997), quien abrió la posibilidad de interpretaciones enteramente nuevas en la psicología.

Fisiología de las sensaciones

Un movimiento relacionado se dedicó al estudio de las sensaciones desde el punto de vista de la física y la anatomía. Las propiedades anatómicas de los órganos de la recepción (digamos, el ojo) fueron examinadas en términos de las propiedades físicas del estímulo (la luz), mientras que se analizaba la experiencia psicológica resultante —la sensación— según los procesos físicos y fisiológicos combinados.

Esta postura fue la del científico inglés Thomas Young (1773-1829), que también es conocido como uno de los primeros traductores de los jeroglíficos egipcios. Young trató de extender los trabajos en óptica de Newton y elaboró una teoría de la visión cromática. En ensayos publicados en 1801 y 1807, explicó que hay tres colores prima-

rios —rojo, amarillo y azul— que tienen longitudes de onda características y que estimulan diferentes áreas de la retina. Más adelante, Helmholtz (al que veremos después) fortaleció esta teoría tricromática con mejores pruebas y ahora se conoce como la teoría de Young-Helmholtz de la visión en color. El psicólogo Müller también contribuyó a la fisiología de los sentidos con su descripción de la experiencia subjetiva directa de la acción nerviosa, distinta de la descripción del entorno, que sólo conocemos en forma indirecta. Además, Müller trató, con menos éxito, de formular una teoría de la audición.

Quizá el investigador más interesante de la fisiología de los sentidos del XIX haya sido el checo Jan Purkinje (1787-1869). Sus variadas investigaciones le dieron renombre como fisiólogo. Relacionó con la sensación los componentes físicos y fisiológicos de la experiencia subjetiva para darle cabida en su metodología. De niño, sus padres lo destinaron al sacerdocio, pero sus propios estudios de los filósofos contemporáneos lo hicieron rechazar esa dirección. Entonces, se mantuvo como tutor y completó su educación científica en Praga. De 1823 a 1850 fue profesor de fisiología en la Universidad de Breslau (que hoy es la ciudad polaca de Wroclaw), donde fundó el primer instituto de fisiología de las universidades europeas. En 1850 volvió a Praga, donde logró que el checo fuera aceptado como lengua de enseñanza junto con el alemán. Durante los últimos años luchó por revivir la vida política checa y por enriquecer en general la cultura eslava.

En sus primeras investigaciones sobre la fisiología de los sentidos, por falta de fondos Purkinje fue su propio sujeto. Al estudiar sus reacciones visuales mediante observaciones meticulosas, lo impresionaba que ciertos sucesos, como errores perceptuales, discrepancias entre la intensidad y la fuerza perceptual de los estímulos y las experiencias sensoriales sin causa, no ocurrieran al azar, sino que estuvieran regidos por la relación sistemática entre la estructura del ojo y las conexiones nerviosas al cerebro. En 1825 publicó sus observaciones, conocidas como efecto de Purkinje, de que la luminosidad relativa de los colores con luz débil difiere de la que aparece a plena luz. Esta diferencia en la visión escotópica y fotópica fue explicada más adelante por la mediación de los bastones y los conos de la retina. Purkinje también advirtió la incapacidad para distinguir colores de la periferia de la retina.

Otros, como el celebrado poeta y dramaturgo romántico alemán Johann Wolfgang von Goethe, hicieron en ellos mismos observaciones similares de las ilusiones perceptuales. Como científico, Purkinje apreciaba estos fenómenos por su valor fisiológico. Postuló una base fisiológica objetiva correspondiente para todos los fenómenos sensoriales subjetivos y mostró que es posible aprovecharlos como herramienta para explorar tales bases objetivas. Desde luego, aceptaba el método de la observación y la descripción de uno mismo como forma válida de investigación. Más aún, propuso varios modos de utilizarlo. Sus contribuciones sustanciales, al igual que su planteamiento metodológico, fueron reconocidos por los psicofísicos posteriores y fueron incorporados en uno de los primeros modelos psicológicos formales.

Purkinje también trabajó extensamente en el campo de la neuropsicología e identificó ciertas células del cerebro (células de Purkinje) y de la estructura del corazón (fibras de Purkinje). Su reconocimiento de la necesidad de la experimentación y de la

observación personal tuvieron un gran efecto en la dirección metodológica de la psicología. Abogaba por el estudio de las experiencias subjetivas además de los componentes físicos y fisiológicos más objetivos para comprender los procesos sensoriales. Ahora consideremos el movimiento llamado psicofísica, precursor inmediato de la moderna psicología y que tiene una deuda con Purkinje.

PSICOFÍSICA

Se da el nombre de *psicofísica* a cierta vertiente de la fisiología de los sentidos que destacaba la experiencia subjetiva en el estudio de las relaciones entre los estímulos y las sensaciones. Como grupo, los psicofísicos examinaron las sensaciones desde puntos de vista diversos. Las consideraban una manifestación del problema de mente y cuerpo, más que una cuestión de mero estudio anatómico y físico. Pero al mismo tiempo no eran psicólogos, porque no buscaban una nueva disciplina general. Por el contrario, se mantuvieron en las disciplinas tradicionales que estudiaron —fisiología, física o filosofía natural—. De hecho, sólo *a posteriori*, con el conocimiento de la aparición subsecuente de la psicología, adquiere la psicofísica coherencia como movimiento. De cualquier manera, operó como una transición crítica entre el estudio de los componentes físicos y fisiológicos de las sensaciones y el surgimiento de la propia psicología. Así, los pensadores del movimiento psicofísico fueron los precursores inmediatos de la psicología moderna.

Ernst Heinrich Weber

Ernst Heinrich Weber (1795-1878), el primero que puede ser clasificado como psicofísico, fue profesor de anatomía y fisiología en Leipzig desde 1818 hasta su muerte. La Universidad de Leipzig fue el centro principal tanto del movimiento psicofísico como de la aparición de una psicología conformada según las ciencias naturales. Entre las contribuciones de Weber se encuentra una investigación exhaustiva del sentido del tacto. Estableció una orientación metodológica que pareció demostrar la posibilidad de cuantificar las operaciones mentales o psicológicas.

Su principal obra acerca de la psicología, *De Tactu: Annotationes Anatomicae et Physiologiae (Del tacto: notas de anatomía y fisiología)*, que fue publicada en 1834, contenía extensos trabajos experimentales. Distinguía tres manifestaciones del sentido del tacto: sensaciones de temperatura, presión y ubicación. La temperatura se dividía en sensaciones positivas y negativas de frío y calor, que a Weber le parecían equivalentes a las de luz y oscuridad de la visión. En sus investigaciones de la presión, presentó una innovación metodológica conocida como el umbral de dos puntos. En pocas palabras, empleaba un compás con dos puntas y medía la sensibilidad de la piel por la distancia mínima entre ambas que podía sentir el sujeto. Weber descubrió que este umbral variaba con el sitio de estimulación, una variación que explicaba postulando densidades distintas de fibras nerviosas bajo la epidermis. Este método lo llevó a estudiar la discriminación del peso y, al cabo, a formular la ley que lleva su nombre por iniciativa de su colega

Gustav Fechner, a quien veremos enseguida. Weber descubrió que la diferencia mínima detectable entre dos pesos se expresa por la razón de la diferencia entre los pesos, relativa al valor absoluto de los pesos, y es por ello que la razón es independiente de los valores absolutos de los pesos. Extendió sus investigaciones a otros sentidos y estableció la validez general de la razón de la mínima diferencia detectable entre dos estímulos. La última sensación táctil, la ubicación, le parecía más que una dimensión sensorial, pues pensaba que dependía más de la percepción, que él entendía como actividad mental.

Weber tuvo éxito en el empleo de una aproximación cuantificable de las sensaciones, un enfoque que fue adoptado por sus sucesores. Sin embargo, en su interpretación de la actividad mental de estas sensaciones, se basó en el sistema filosófico de Alemania; en concreto, el punto de vista de Kant respecto a la mente. En otras palabras, Weber veía la percepción como algo regido por categorías mentales del tiempo y el espacio, y no especuló más allá.

Gustav Theodor Fechner

Gustav Theodor Fechner (1801-1887), el principal defensor de la psicofísica, se dedicó a explorar a fondo las relaciones entre sensaciones y percepciones. Le dio nombre al movimiento con sus *Elemente der Psychophysik* (*Elementos de psicofísica*, 1860), que pretendía que fuera la ciencia exacta de las relaciones funcionales entre el cuerpo y la mente. Más aún, la psicofísica de Fechner fue elaborada como un ataque al materialismo. Este propósito es interesante por sus premisas básicas. En particular, Fechner no creía que las nociones de ciencia y mente fueran excluyentes por necesidad; no hay razón alguna para reducir la mente al materialismo (como hace la fisiología) con el fin de estudiar científicamente las operaciones mentales. En cambio, dentro de la tradición de la filosofía alemana, aceptaba la actividad esencial de la mente y propuso una ciencia empírica que permitiera que el aumento relativo de la estimulación sensorial, corpórea, sirviera como medida de la intensidad mental de las experiencias.

Fechner nació en un pequeño poblado del sureste de Alemania, hijo del pastor de la iglesia local. A los 16 años comenzó a estudiar medicina en la Universidad de Leipzig y se tituló en 1822. Su interés cambió por la física y se quedó en Leipzig a aprenderla, manteniéndose como traductor y tutor y con lecciones ocasionales. En 1831 publicó un trabajo sobre la medición de la corriente directa con las fórmulas divulgadas por Georg Ohm en 1826. En 1834, Fechner fue nombrado profesor de física en Leipzig y su futuro pareció asegurado. Sus intereses comenzaron a llevarlo a los problemas de las sensaciones, y, para 1840, había publicado sus investigaciones sobre la visión cromática y las posimágenes. Por esa época, sufrió lo que hoy llamaríamos un colapso nervioso. Se había agotado por el trabajo excesivo y se había dañado los ojos por ver al sol durante sus investigaciones de las posimágenes. El derrumbamiento de Fechner parecía total, así que renunció a su puesto en la universidad y vivió retirado tres años.

Fechner se recobró, pero su enfermedad y su confinamiento tuvieron un profundo efecto en él. Salió de la crisis comprometido con los aspectos espirituales de la vida y renovó sus convicciones religiosas. Estaba convencido de la existencia de la mente y la materia, y creía que el materialismo de la ciencia, ejemplificado por

la prevaleciente fisiología de los sentidos, era una distorsión. Durante el resto de su vida, publicó sobre una amplia variedad de temas. Además de la psicofísica, quiso formular una estética experimental y aun propuso una solución al problema de determinar la forma de los ángeles.

Sus contribuciones a la psicofísica son sus obras más importantes. Después de dos artículos breves sobre la materia, en 1860 aparecieron sus *Elemente*, que al principio no fueron muy aceptados, pero llamaron la atención de dos figuras de la psicología alemana, Helmholtz y Wilhelm Wundt. Un repaso de la psicofísica de Fechner debe comenzar con el concepto de *umbral*, que concibió Herbart y desarrolló Weber. Se trata de una noción cuantitativa que tiene dos aplicaciones. Su primer uso se refiere a la energía física mínima que requiere el estímulo para que lo detecte el observador; es el *umbral absoluto*. El segundo atañe al cambio mínimo en esa energía que detectan los sentidos.

Fechner comenzó con esta relación de la ley de Weber:

$$\frac{\Delta R}{R} = k$$

Aquí, con símbolos alemanes ($R = Reiz =$ estímulo), Fechner expresó el descubrimiento de Weber de que el cociente del cambio en el valor del estímulo (ΔR) entre el estímulo (R), es igual a una constante, una medida del segundo uso de umbral, que Fechner llamaba la *diferencia apenas perceptible* (dap) por el sujeto en la intensidad del estímulo. Entonces, relacionó la magnitud de la sensación experimentada (S) con la del estímulo empleando como factor k , o la dap:

$$S = k \log R$$

El cuadrante B de la figura 10.1 muestra la función que Fechner derivó de manera empírica de la relación entre la magnitud del estímulo (eje de las ordenadas) y la fuerza de la sensación (eje de las abscisas). Es posible extender el razonamiento de Fechner más allá de su demostración empírica, y los cuadrantes A, C y D de la figura pretenden representar relaciones hipotéticas según su método. Por ejemplo, la relación entre la intensidad del estímulo y la sensación del cuadrante A describiría la incapacidad de detectar el estímulo, lo que se relaciona con el subumbral de la atención. El cuadrante C ilustra las posibles experiencias sensoriales en ausencia de estimulación física y el D las que no son sensoriales ni tienen estímulo. Las primeras (C) se definirían como alucinaciones; las segundas (D), como sueños. Si bien esta interpretación quizá lleva los conceptos de Fechner más allá de lo que pretendía, es fascinante que sus ideas sobre la relación entre sensaciones y estímulos comprendan un marco general dentro del modelo activo de la mente que prevalecía en la filosofía alemana. De hecho, Fechner fue en buena medida parte del clima intelectual de su época.

Fechner propuso tres métodos fundamentales para determinar los umbrales. Llamó al primero *método de las diferencias apenas perceptibles*, el cual consiste en que se pide al sujeto que detecte o responda al cambio mínimo en el estímulo. El segundo es el

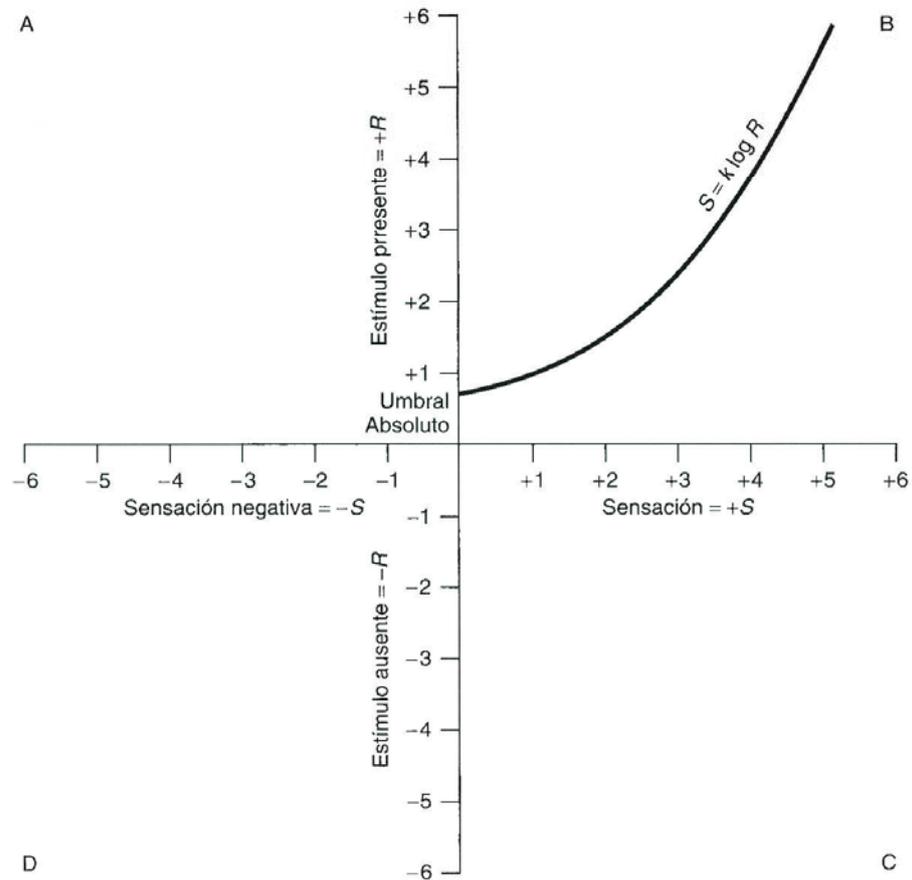


FIGURA 10.1 Las relaciones posibles entre la intensidad del estímulo y la magnitud de la sensación. Los ejes de las abscisas y las ordenadas tienen unidades arbitrarias. El cuadrante B muestra la relación —derivada empíricamente— entre la intensidad de un estímulo y la magnitud de la sensación descrita por la función $S = k \log R$. En el cuadrante A, aparecería la no detección (sensación negativa) del estímulo. El C ilustra una sensación en ausencia de estímulo y el D la no detección de ningún estímulo.

método de los casos correctos y equivocados, o de los estímulos constantes, en el que el sujeto tiene que juzgar repetidamente cuál de dos estímulos es más intenso. El tercero, el *método del error promedio*, requiere que los sujetos manipulen los estímulos hasta que sean iguales. Estas técnicas calculan las principales variables en los estudios psicofísicos y en las investigaciones actuales aún se emplean procedimientos similares.

Si juzgamos de acuerdo con las declaraciones antimaterialistas de Fechner, es probable que no estuviera muy complacido con sus propios aportes a la psicología, que en gran parte fueron metodológicos. No obstante, sin tratar de iniciar una nueva disciplina estableció un área sistemática de investigación que ya no cuadraba en la fisiología de los sentidos ni la física. Quienes después quisieron definir una nueva ciencia de la psicología, reconocieron la importancia de la psicofísica de Fechner y la adoptaron.

Hermann von Helmholtz

Hermann von Helmholtz (1821-1894) fue uno de los más distinguidos científicos del siglo XIX y realizó descubrimientos notables en la fisiología y la física tanto como en la psicología. Ya hablamos de su medición de la velocidad de los impulsos nerviosos y de sus estudios en óptica que, por medio de experimentos cuidadosos, confirmaron la teoría tricromática de la visión en color de Young. Hijo de un oficial del ejército prusiano, Helmholtz nació en las afueras de Berlín y adoptó la carrera de las armas. De 1838 a 1842, asistió a un instituto de medicina en Berlín que era gratuito para quienes fueran a ingresar a la milicia como cirujanos. Sirvió en esa calidad hasta 1849, pero durante ese lapso se relacionó con los principales intelectuales de la Universidad de Berlín, en particular Johannes Müller. En ese año, Helmholtz recibió una oferta para una cátedra de fisiología y patología en la Universidad de Königsberg. Después, trabajó en las universidades de Bonn, Heidelberg y Berlín, donde permaneció los últimos 23 años de su vida. Además de que fue celebrado por sus obras científicas, fue conocido como maestro soberbio que atraía estudiantes de Europa y América.

La obra psicológica más famosa e importante de Helmholtz fue su *Handbuch der Physiologischen Optik* (*Cuaderno de óptica fisiológica*), publicada entre 1856 y 1866. Además, sacó a la luz su *Tonempfindungen* (*Sensaciones tonales*, 1863), que contiene su teoría de la resonancia auditiva, la cual proponía que las fibras transversales de la membrana basilar actúan como analizador tonal y responden selectivamente a la variación de las frecuencias. A diferencia de Fechner, Helmholtz prestaba más atención a los determinantes externos o físicos de la actividad sensorial. En cierta medida, sus tesis sobre la fisiología de los sentidos se acercaban más a la tradición filosófica británica que a la alemana, es decir, pensaba que las experiencias explican las percepciones y no al contrario, aunque no negaba los conocimientos innatos y de hecho aceptaba la exis-



HERMANN VON HELMHOLTZ (1821-1894). Cortesía de Simon and Schuster/Prentice Hall College.

tencia de los instintos argüía que el desarrollo de las percepciones puede explicarse adecuadamente por las experiencias.

Helmholtz propuso una doctrina perceptual de la inferencia inconsciente que parecería no corresponder con su postura empírica. Pero la defendía como una respuesta perceptual basada en la acumulación de experiencias. Aceptaba que los elementos de la presentación actual del estímulo no daban cuenta de ciertas experiencias perceptuales. Por ejemplo, el problema en la vejez de la percepción de la profundidad no puede explicarse del todo por la simple estimulación de los sentidos. Helmholtz argüía que inferimos las características perceptuales como resultado de la repetición de las experiencias; las inferencias son inconscientes en la medida en que las hacemos instantáneamente sin cálculos ni soluciones conscientes. Helmholtz las llamaba “irresistibles” porque, ya formadas, no puede modificarlas la conciencia. Además, calificaba al proceso de inductivo, pues el cerebro es capaz inconscientemente de generalizar las inferencias, una vez adquiridas, a otros estímulos del entorno.

En cuanto a su metodología, Helmholtz destacaba la importancia de observar las sensaciones en oposición al objeto percibido; esto es, el nivel crucial de la observación se encuentra en quien tiene la experiencia, no en las características del estímulo. Así, tenía en alta estima el trabajo de Purkinje, quien obtuvo datos interesantes de sus innovadoras técnicas observacionales. La idea general de Helmholtz de los procesos perceptuales subrayaba la dependencia que las pautas sensoriales tienen de las funciones centrales, como la inferencia inconsciente y la imaginación. Adelantó el estudio de la psicofísica porque utilizaba un planteamiento metodológico empírico para definir la percepción como algo más que una fisiología de los sentidos.

Este breve repaso de los principales psicofísicos revela orientaciones muy distintas. Por un lado, Fechner estudió los sucesos sensoriales y perceptuales desde el punto de vista de la actividad mental básica característica de la escuela alemana. Por el otro, Helmholtz se ocupó de los mismos fenómenos y los interpretó en congruencia con la orientación del empirismo, más relacionada con los pensadores de Inglaterra. Sin embargo, ambos científicos apuntaron a un área de investigación que no cabe con facilidad en la física, la fisiología ni la filosofía natural, una que comprendía el nuevo objeto de estudio de la psicología.

EVOLUCIÓN

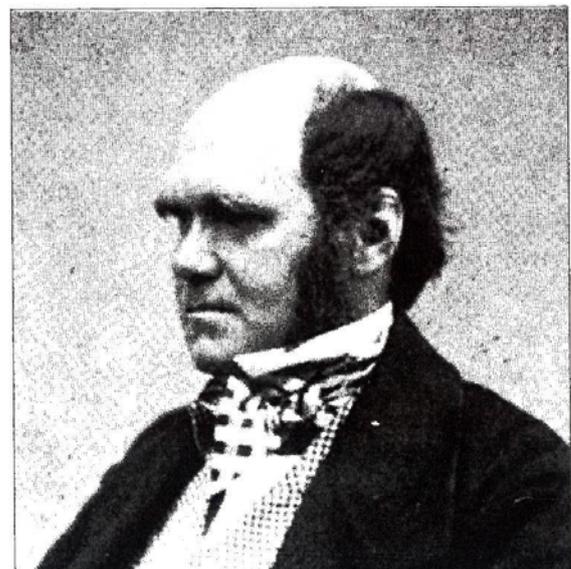
La publicación de *El origen de las especies* (1859) de Charles Darwin representó para la ciencia la cumbre de los adelantos que comenzaron con Copérnico. Con éste se inició el cuestionamiento de la base teológica de la autoridad y continuó con otros pensadores que desgajaron el campo de la teología a partir del periodo posterior al Renacimiento. Las ciencias de la física, la fisiología y la química, así como la primera psicología empírica, dieron respuestas fiables a los temas complicados de la vida, sin volver a las explicaciones que recurrían a la mediación divina. La teoría de la evolución de Darwin, si bien no fue una innovación total, aportó pruebas convincentes que sacudieron a los teólogos. Primera, si los seres humanos y los monos descienden de un

antepasado común, nada garantiza una posición privilegiada para una humanidad creada a imagen de Dios. Segundo, si toda la vida evolucionó según el principio de la selección natural, es innecesaria la función de Dios como causa primera de la creación. Para la psicología, la teoría de la evolución de Darwin representa el tercero de los movimientos del siglo XIX (los otros dos son el perfeccionamiento de la investigación fisiológica y el desarrollo de la psicofísica) que no sólo facilitaron el surgimiento de su estudio formal, sino que de hecho la hicieron inevitable y urgente.

Charles Darwin

Ya vimos que Erasmus Darwin propuso un concepto evolucionista en la Inglaterra decimonónica. Su nieto Charles (1809-1882) fue el quinto hijo de Robert Darwin, un médico exitoso de Shrewsbury, en el este de la isla. En 1825, Charles fue enviado a la Universidad de Edimburgo a estudiar medicina, pero no le gustaron las prácticas clínicas. En cualquier caso, durante su estancia en Edimburgo conoció las opiniones evolucionistas del naturalista francés Jean Baptiste Pierre Lamarck (1744-1829). En pocas palabras, Lamarck argumentaba que los cambios en los animales ocurren por los esfuerzos de las especies, para adaptarse a su medio; así, las jirafas desarrollaron cuellos largos para tener mejores fuentes de alimento. Las características adquiridas de la adaptación al entorno pasan de una generación a la otra. Mientras estaba en Edimburgo, Darwin también se familiarizó con la metodología de la biología naturalista y la geología.

Para encontrarle una nueva carrera, su padre lo envió a la Universidad de Cambridge a convertirse en clérigo anglicano. Darwin se graduó en 1831 y por medio de los contactos que había logrado consiguió que lo invitaran a unirse como naturalista sin paga a una expedición patrocinada por el almirantazgo británico que debía explorar las costas de la Patagonía, Tierra de Fuego, Chile, Perú y algunas islas del Pacífico. Después de superar las objeciones de su familia, Darwin zarpó el 27 de diciembre de 1831 a bordo del HMS *Beagle*, capitaneado por Robert Fitzroy.



CHARLES DARWIN (1809-1882).
Cortesía del Museo Estadounidense de Historia Natural, Oficina de Servicios Bibliográficos.

Los cinco años del viaje del *Beagle* tuvieron profundos efectos en Darwin. Las observaciones y las pruebas que recogió fueron la base de su obra. Los sitios que visitó el *Beagle* —de las islas de Cabo Verde en la costa occidental de África a las lejanas Galápagos en el Pacífico, frente a Sudamérica— no sólo fueron para él un laboratorio viviente, sino también una historia de enorme importancia. Pudo bajar a tierra y observar formas primitivas de culturas humanas e innumerables especies de vida animal. Su trabajo de esos años le dio convincentes pruebas botánicas, geológicas y anatómicas en respaldo de la teoría de la selección natural.

La teoría de la evolución natural de Darwin difería de la de Lamarck en varios puntos importantes. Primero, Darwin propuso que la variación de las especies es resultado de la casualidad, no de esfuerzos por adaptarse. Segundo, la selección natural es una lucha inherente de las especies por sobrevivir, una noción que para Darwin era congruente con las ideas económicas del filósofo inglés Thomas Malthus (1766-1834). El argumento de Darwin en favor de la evolución por selección natural descansaba en varios conjuntos compatibles de pruebas. Postulaba que el número de miembros de las especies es relativamente constante, pero también observó la producción excesiva de polen, semillas, huevos y larvas, de lo que entendió que en la naturaleza los índices de mortalidad son elevados. Además, reunió suficientes pruebas para demostrar que los miembros de las especies no son idénticos, sino que presentan variaciones anatómicas, conductuales y fisiológicas. Concluyó que algunos miembros están más capacitados para adaptarse que otros y que tenderán a dejar más descendientes, que a su vez se reproducirán. Por último, señaló los parecidos entre padres e hijos, de lo que dedujo que las siguientes generaciones subsecuentes no sólo mantienen, sino que también perfeccionan su adaptabilidad a las condiciones del ambiente. Cuando éstas varían, los criterios para la selección natural difieren, y con el tiempo las generaciones divergen de sus antepasados. Para Darwin, la pieza que faltaba a su teoría era la índole exacta de la transmisión hereditaria, que no pudo descubrir. Un oscuro monje checo, Gregor Johann Mendel (1822-1884), completó la teoría con sus experimentos botánicos que explicaron la herencia de las características particulares y fundó el estudio de la genética.

Las implicaciones para la psicología de la evolución por selección natural fueron tratadas por Darwin en dos obras posteriores, *El origen del hombre* (1871) y *La expresión de las emociones en el hombre y los animales* (1872). Darwin aseguraba que la diferencia esencial entre los seres humanos y los primates superiores es de grado, no de fondo. Señalaba toda la gama de actividades, de la autopreservación a la cognición y las emociones, que comparten todos los animales, incluidos los hombres. Además, Darwin abarcó en su marco teórico la evolución de las actitudes morales y destacó el valor del desarrollo moral, para la sobrevivencia. Un admirador de Darwin, George Romanes (1848-1894), prosiguió el estudio comparativo de las especies en su obra *Animal Intelligence (Inteligencia animal, 1882)*. Romanes ofreció pruebas de una evolución común de las actividades humanas y no humanas y elaboró una forma primitiva de psicología comparada. Su metodología era algo imprecisa y anecdótica, lo que le ganó a sus conclusiones la crítica de que eran antropomórficas. Otro pionero de la psicología comparada, Lloyd Morgan (1852-1936), pretendió contrarrestar el antropomorfismo

de Romanes recomendando una convención de moderación en los estudios comparativos conocida como el “canon de Lloyd Morgan”: si la conducta del animal se explica con varias funciones, hay que elegir la más simple y la que sea más baja en términos filogenéticos. La validez de la vertiente comparativa de los estudios psicológicos se estableció en Inglaterra como consecuencia directa de las ideas de Darwin.

Herbert Spencer

Las obras de Herbert Spencer (1820-1903) contienen una imagen más general de los estudios psicológicos con implicaciones sociales derivadas de la teoría de la evolución. Spencer ha sido llamado “asociacionista evolutivo”. Sus escritos sobre la asociación de ideas, que postulaban este fenómeno como el principal mediador de las experiencias, colocan a dicho autor en la tradición empírica británica. Además, su obra cierra el ciclo de las ideas de los físicos jonios de la antigua Grecia, que buscaban en la naturaleza la sustancia básica de la vida como explicación del cambio. De manera similar, Spencer propuso la evolución como el principio básico y aplicó su interpretación del cambio en la vida al individuo en la sociedad.

Spencer destacaba que las relaciones entre los sentimientos están basadas en el principio asociativo de la semejanza. Su postura evolucionista lo llevó a postular que las asociaciones repetidas se transmiten por herencia, lo que lo llevó a concluir que los instintos se convierten en parte de nuestra herencia étnica y racial. Fue de hecho Spencer el que, aplicando la noción de evolución a la sociedad humana, acuñó la expresión “sobrevivencia del más apto”, que no sólo distorsiona la teoría de Darwin, sino que en última instancia es redundante. El asociacionismo evolutivo de Spencer, a pesar del halo empirista que rodea al concepto de asociación en el pensamiento británico, respalda un punto de vista más afín a la filosofía alemana por su propuesta del carácter hereditario de las disposiciones.

Francis Galton

La última figura inglesa del XIX en el contexto de la teoría de la evolución fue Francis Galton (1822-1911). También fue nieto de Erasmus Darwin, sólo que por parte de la segunda esposa de éste, mientras que Darwin, por el lado de la primera. El principal interés de Galton se centraba en la evolución humana y la herencia de rasgos específicos. Sin duda, su propia familia ofrecía un ejemplo inmediato de la transmisión de la inteligencia. Sus dos mayores obras de importancia para la psicología fueron *Hereditary Genius* (*Genio hereditario*, 1869) lo mismo que *Inquiries into Human Faculty and Its Development* (*Investigación de las facultades humanas y su desarrollo*, 1833). En ambas examinó la herencia de las capacidades mentales con el objetivo de mejorar las razas. En la última, argumenta con fervor sobre los beneficios de lograr el progreso de la humanidad por medio de la teoría de la evolución en lugar de los planteamientos religiosos.

Galton poseía muchos talentos, y el tiempo que dedicó a la investigación psicológica fue tan importante que muchos lo señalan como el fundador de la psicología experimental en Inglaterra. Quizá por la forma en que la filosofía inglesa del siglo XIX asimilaba

los estudios psicológicos, su establecimiento como disciplina independiente se considera una realización de los alemanes. Otra razón para atribuírselo es que la psicología necesitaba figuras visibles en el medio “hostil” de la filosofía alemana. En este contexto, la función de Galton como uno de los primeros defensores de la psicología tiende a ser ignorada. Sin embargo, su rigor metodológico y su énfasis en la adaptación a largo plazo en términos de perfeccionamiento de las especies tuvo un influjo en los comienzos de la psicología funcional estadounidense, que estudiaremos en el capítulo 12.

Para evaluar las capacidades humanas, Galton planteó una estrategia metodológica que descansaba en los análisis estadísticos de las pruebas mentales. Las pruebas de Galton estaban destinadas a medir el desempeño del individuo en ejercicios mentales; eran breves, para examinar a un buen número de sujetos. Galton insistía en la medición de las diferencias individuales y estudió sistemáticamente las diversas actividades mentales que van de la conducta motora a la imaginación. Más tarde, concibió un aparato para medir características como la discriminación olfativa y la percepción del espacio. Instaló un laboratorio en el que, a cambio de una suma modesta, la gente contestaba una batería de pruebas, lo que le permitió examinar a más de 9 000 sujetos en muchos aspectos del desempeño intelectual y motor.

Galton inauguró un movimiento psicológico que destacaba el valor de las pruebas y una metodología estadística para definir las tendencias en la población. Este movimiento cobró impulso a comienzos del siglo XX cuando los psicólogos, sobre todo en Francia y los Estados Unidos, empezaron a utilizar las pruebas mentales a gran escala. Además, Galton demostró la viabilidad o la utilidad de trasladar las ideas evolucionistas de Darwin de su abstracción biológica a mecanismos de mejoramiento de la sociedad.

En suma, las tres corrientes del siglo XIX —neurofisiología, psicofísica y teoría de la evolución— crearon un ambiente intelectual que requería la fundación de una nueva disciplina de la psicología. Estos movimientos fueron los precursores de nuestra ciencia y se traslaparon con el temprano desarrollo de la psicología moderna. A continuación volveremos a Alemania, donde el volátil clima intelectual del siglo XIX hizo aparecer la psicología moderna, presentada al mundo en el contexto de dos modelos opuestos de investigación psicológica.

RESUMEN

En el siglo XIX, tres movimientos constituyeron el fondo intelectual en el que apareció la psicología como disciplina independiente de las ciencias naturales y la filosofía. En la fisiología, se hicieron grandes progresos en la comprensión del sistema nervioso. Bell y Magendie explicaron las funciones peculiares de las fibras nerviosas. El análisis sistemático que realizara Müller acerca de la conducción nerviosa llevó a investigadores como Du Bois-Reymond y Helmholtz a describir la naturaleza de los impulsos nerviosos. Como reacción en contra de la frenología de Gall, el estudio la localización de las funciones cerebrales por medio de la neuroanatomía y la histología llegó a su cumbre con las obras de Flourens y Sherrington. Los adelantos en las investigaciones

fisiológicas se combinaron con los avances en el conocimiento de la física para examinar las sensaciones. Young, Helmholtz y Müller aportaron teorías de los procesos sensoriales. Purkinje justificó la integración metodológica de las experiencias sensoriales subjetivas.

La segunda vertiente intelectual que alimentó a la psicología moderna fue la psicofísica. Este movimiento difería de la fisiología de los sentidos en que proponía que la integridad de la experiencia sensorial no se reduce por completo a la física y la fisiología. Aunque Weber contribuyó metodológica y sustantivamente a la psicofísica, su expresión más clara se encuentra en la obra de Fechner. El análisis cuantitativo de las experiencias sensoriales y perceptuales señaló la necesidad de un planteamiento distinto del de las ciencias naturales. Este punto de vista fue respaldado por los experimentos de Helmholtz, en especial por su doctrina de la inferencia inconsciente en la percepción: sin duda alguna un constructo mental.

El último movimiento se centra en la teoría de la evolución por selección natural de Darwin. El trabajo de este autor culminó la revolución copernicana de la ciencia y estableció la primacía del empirismo científico, en nuestra búsqueda del conocimiento. Spencer aplicó las nociones de Darwin a un asociacionismo evolutivo y Galton, también influido por Darwin, examinó a fondo las diferencias individuales mediante pruebas mentales. Los tres movimientos demuestran la supremacía de la ciencia empírica en el siglo XIX. El ideal científico presentó el marco apropiado para la investigación psicológica.

BIBLIOGRAFÍA

Fuentes primarias

- Darwin, C. G., *The expression of the emotions in man and animals*, Londres, Murray, 1868, 1875.
- *The descent of man, and selection in relation to sex*, Nueva York, Appleton, 1871.
- *On the origin of species by means of natural selection, or The preservation of favoured races in the struggle for life*, Cambridge, Harvard University Press, 1859, 1964.
- Dennis, W. (comp.), *Readings in the history of psychology*, Nueva York, Appleton-Century-Crofts, 1948.
- Fechner, G., *Elements of psychophysics* (trad. inglesa de H. Adler), Nueva York, Holt, Rinehart and Winston, 1966.
- Galton, F., *Hereditary genius*, Londres, Macmillan, 1869.
- Rand, B., *The classical psychologists*, Nueva York, Houghton Mifflin, 1912.
- Romanes, G. J., *Animal intelligence*, Londres, Kegan Paul, 1883.
- Sherrington, C. S., *The integrative action of the nervous system*, New Haven, Yale University Press, 1906.

Estudios

- Boakes, R. A., *From Darwin to behaviourism*, Londres, Cambridge University Press, 1984.

- Buss, A. R., "Galton and the birth of differential psychology and eugenics: Social and political forces", en *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 12, 1976, pp. 47-58.
- "Galton and sex differences: An historical note", *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 12, pp. 283-285.
- De Beer, G., "Mendel, Darwin and Fechner", en *Notes and Records of the Royal Society*, 19, 1964, pp. 192-226.
- Denny-Brown, D., "The Sherrington school of physiology", en *Journal of Neurophysiology*, 20, 1957, pp. 543-548.
- Dewsbury, D. A., "Retrospective review: An introduction to the comparative psychology of C. Lloyd Morgan", en *Contemporary Psychology*, 24, 1979, pp. 677-680.
- Erickson, R. P., "On the neural bases of behavior", en *American Scientists*, 72, 1984, pp. 233-241.
- Factor, R. A. y Turner, S. P., "Weber's influence in Weimar Germany", en *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 18, 1982, pp. 147-156.
- Froggati, P. y Nevin, N. C., "Galton's law of ancestral heredity: Its influence on the early development of human genetics", en *History of Science*, 10, 1971, pp. 1-27.
- Fulton, J. F., "Sir Charles Scott Sherrington, O. M.", en *Journal of Neurophysiology*, 15, 1952, pp. 167-190.
- Gillispie, C. C., "Lamarck and Darwin in the history of science", en B. Glaco, O. Temkin y W. L. Straus (comps.), *Forerunners of Darwin, 1745-1859*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1959, pp. 265-291.
- Gilman, S. L., "Darwin sees the insane", en *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 15, 1979, pp. 253-262.
- Greenblatt, S. H., "The multiple roles of Broca's discovery in the development of the modern neurosciences", en *Brain and Cognition*, 3, 1984, pp. 249-258.
- Greene, J. C., *The death of Adam. Evolution and its impact on Western thought*, Ames, University of Iowa Press, 1959.
- Gruber, H. E., "History and creative work: From the most ordinary to the most exalted", en *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 19, 1983, pp. 4-14.
- Hurvich, L. M. y Jameson, D., "Helmholtz's vision: Looking backward", en *Contemporary Psychology*, 24, 1979, pp. 901-904.
- Kruta, V., *J. E. Purkynge (1787-1869) Physiologist: A short account of his contributions to the progress of physiology with a bibliography of his works*, Praga, Academia de Ciencias de Checoslovaquia.
- MacKenzie, B., "Darwinism and positivism as methodological influences on the development of psychology", en *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 12, 1976, pp. 330-337.
- MacLeod, R. B., "Newtonian and Darwinian conceptions of man, and some alternatives", en *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 6, 1970, pp. 207-218.
- Moire, J. R., *The post-Darwinian controversies: A study of the Protestant struggle to come to terms with Darwin in Great Britain and America, 1870-1900*, Cambridge, Cambridge University Press, 1979.
- Pastore, N., "Helmholtz's 'popular lecture on vision'", en *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 9, 1973, pp. 190-202.
- Richards, R. J., "Lloyd Morgan's theory of instinct: From Darwinism to neo-Darwinism", en *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 13, 1977, pp. 12-32.

- Sohn, D., "Two concepts of adaptation: Darwin's and psychology's", en *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 12, 1976, pp. 367-375.
- Stromberg, W. J., "Helmholtz and Zoellner: Nineteenth-century empiricism, spiritism, and the theory of space perception", en *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 25, 1989, pp. 371-383.
- Turner, R. S., "Hermann von Helmholtz and the empiricist vision", en *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 13, 1977, pp. 48-58.
- Warren, R. M. y Warren, R. P., *Helmholtz on perception: Its physiology and development*, Nueva York, Wiley, 1968.
- Wasserman, G. S., *Color vision: An historical introduction*, Nueva York, Wiley, 1978.
- Woodward, W. R., "Fechner's panpsychism: A scientific solution to the mind-body problem", en *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 8, 1972, pp. 367-386.
- Zupan, M. L., "The conceptual development of quantification in experimental psychology", en *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 12, 1976, pp. 145-158.