

ADOLFO JIMÉNEZ HERNÁNDEZ, M. A.

*Catedrático Auxiliar de Educación
Universidad de Puerto Rico*

PSICOLOGÍA DE LA LECTURA: INVESTIGACIÓN DEL PROCESO OCULOMOTOR

II

LA NISTAGMOGRAFÍA

ESTE nombre designa la ciencia que estudia los movimientos de la vista y prepara registros gráficos de los mismos. La nistagmografía experimenta considerable progreso durante el último medio siglo, especialmente con el empleo del quimógrafo, la fotografía, la galvanometría y la física microelectrónica. El estudio del proceso oculomotor reviste especial importancia para la fisiología y la psicología.

Los métodos indirectos, de los cuales nos ocupamos en la presente exposición, aventajan a los directos en que hacen posible los estudios del conjunto mediante la acumulación de gráficas u oculogramas, permiten determinar tendencias generales basadas en la observación de las frecuencias, y proveen un registro más preciso de las magnitudes direccionales, angulares y

temporales de la vista en distintas situaciones, especialmente en la lectura.

Los aparatos empleados en dichos métodos indirectos se clasifican en tres grupos: 1) los de contacto con la córnea o el párpado; 2) los fotográficos; y 3) los eléctricos. Al primero pertenecen el auricular, la cápsula y la copa sobre la córnea; al segundo, las cámaras fotográficas; y al tercero, el electro-nistagmógrafo.

LOS APARATOS DE CONTACTO

Este primer grupo funciona mediante conexión entre la córnea o los párpados y una palanca sensitiva. El extremo de la palanca tiene una estructura especial que se adhiere o sujeta al ojo, recibe los movimientos de éste y los trasmite al quimógrafo.

Aunque el sistema de palancas ayudó grandemente al progreso de las investigaciones, por otro lado tenía ciertas deficiencias. Si la palanca se conecta al párpado —método de Lamarre—, para recoger los desplazamientos de éste cuando la vista se mueve, el registro logrado carece de precisión, ya que los movimientos del párpado no reflejan con exactitud los del ojo que ese párpado cubre. Más preciso resulta conectar la palanca a la córnea —método de cápsula, método de copa—, con la siguiente desventaja: siendo la vista un órgano tan delicado y sensitivo, cualquier contacto directo con objetos extraños y duros produce irritación y lagrimeo. Esta condición se aliviaba con anestesia parcial del ojo mediante soluciones de cocaína u holo-caína. Es evidente que bajo estas condiciones el órgano visual no puede funcionar con entera normalidad.

El primer gran problema de los aparatos de contacto fué cómo diseñar un sistema de palancas suficientemente delicado para recoger los movimientos visuales y reflejarlos en una gráfica con la necesaria precisión.

En 1914 J. Ohm logró algún adelanto construyendo palan-

cas de alambres muy finos y resistentes en forma de básculas, una para cada ojo. Pudo registrar diversos movimientos, tanto en el meridiano vertical como en el horizontal.

En 1927 R. Cordts (3:154) criticó el sistema de palancas por considerarlo muy rígido y poco preciso. Sostenía que para obtener resultados confiables eran necesarias las siguientes condiciones: 1) el extremo de la palanca debe estar conectado al ojo (no al párpado), y prescindir de la pieza de transmisión entre el ojo y la palanca; 2) el alambre usado en la palanca debe ser bien liviano y corto; y 3) el ojo no debe presionarse ni ser lastimado en forma alguna. Como se podrá apreciar, estas condiciones son muy difíciles de cumplir debido a la delicada estructura de la vista.

A continuación ofrecemos detalles sobre los aparatos de contacto.

1. *El método auditivo de Lamare*

En 1892, A. Lamare, investigador francés y ex-colaborador de Javal, publicó su trabajo sobre los movimientos visuales en la lectura (13). La teoría de Lamare descansaba en la posibilidad de estudiar dichos movimientos recogiendo los desplazamientos del párpado, al leer, y convirtiéndolos en series de sonidos distintos que podían identificarse y contarse.

El primer aparato de Lamare consistía en un tamborcillo con una delgada membrana conectada a una varilla fina y liviana. El otro extremo de la varilla se adhería al párpado sujetándolo con tres dedos de la mano. El tambor tenía dos perforaciones en las cuales se insertaban los extremos de dos tubos de goma. Los otros dos extremos se colocaban en los respectivos oídos del experimentador, como un estetoscopio.

El movimiento visual, transmitido por la varilla a la membrana, producía cambios en la presión de aire dentro del tambor, los cuales generaban ruidos especiales asociados al proceso motor. Los movimientos sacádicos se identificaban por murmullos

resollantes muy breves, y los de retorno por sonidos más intensos y prolongados.

Posteriormente, según Vernon (19), Lamare mejoró el aparato mediante un micrófono instalado en un circuito eléctrico. Los desplazamientos del párpado al mover los ojos producían interrupciones del circuito generando ruidos en el micrófono.

2. *La cápsula y el tambor de Marey*

La cápsula, una modalidad de la cual es llamada tambor de Marey, funciona a base de cambios en la presión de aire producidos por el movimiento ocular. Consiste en una estructura cóncava (como una diminuta copa), con una fina membrana distendida sobre el borde del hueco, en forma de tambor. La copa tiene en el centro de su dombo una perforación en la cual se ha insertado el extremo de un tubo de goma. Al oprimir la membrana se aumenta la presión de aire dentro de la cápsula, presión que se trasmite por el tubo y es registrada en el quimógrafo.

El principio operante es sencillo: el tambor se coloca con la membrana sobre el ojo. Como la córnea es protuberante, cualquier movimiento del globo ocular oprime la membrana, produciendo cambios de presión dentro del tambor e inscribiendo el quimograma correspondiente.

Diversos investigadores utilizaron este aparato introduciéndole progresivas modificaciones, entre ellos E. Buys en 1910, A. Schackwitz en 1912, J. Witmer en 1917, G. I. Grunberg en 1923, L. Galley en 1926 y A. Arrigo en 1929.

3. *La copa sobre la córnea*

Consiste de una estructura cóncava, liviana y de fino espesor, que se coloca sobre la córnea, adaptada a su curvatura. En el centro tiene una perforación que cae sobre la pupila como una pequeña ventana, para no interrumpir la visión. El movimiento se recoge mediante el sistema de palancas o bien utilizando un espejo diminuto adherido a la copa, el cual refleja un rayo de luz.

Este mecanismo fué inventado en 1891 por el profesor alemán A. Ahrens, de la Universidad de Rostock. La copa original fué hecha de marfil. Posteriormente se hicieron de yeso, aluminio o goma.

Otra modalidad de este sistema fué usada por E. B. Delabarre (6) (citado por Carmichael), de la Universidad de Brown, quien usó en 1898 una estructura de yeso. Esta copa se hacía extendiendo una masa fina de yeso aún blando sobre un ojo artificial. Después de endurecida y seca se pulía por el lado externo hasta reducirla en espesor. En vez de palanca, Delabarre usó un trozo de hilo especial para recoger el movimiento. El aparato de Delabarre resultó un avance sobre el de Ahrens, aunque con las desventajas que hemos señalado en los mecanismos de su clase.

Otro investigador notable, que empleó el sistema de copa, fué el norteamericano Edmund B. Huey, quien desde 1897 hasta 1908 publicó varios estudios sobre la fisiología y la psicología de la lectura. En 1897 se empezó a discutir la posibilidad de leer sin vocalización interna —endofasia— cuestión fundamental que interesó a Huey, planteada por G. M. Whipple, de la Universidad de Missouri.

Algunas de las observaciones de Huey en torno del proceso oculomotor son las siguientes: señaló que por regla general —salvo en casos excepcionales— es prácticamente imposible que el lector mismo pueda, al leer, observar sus propios movimientos visuales. No está consciente de ellos excepto en estados de fatiga o en otras circunstancias especiales, tales como: casos que tienen atrofiadas las mitades izquierdas de sus retinas y no pueden ver las palabras que caen hacia la derecha del punto de fijación; la existencia de las *muscae volitantes*, o puntos que aparecen frente a la vista, especialmente cuando miramos al cielo. Al leer, estos puntos —cuerpos de Purkinje (1823)— se ven saltar sobre el renglón.

Huey diseñó un mecanismo especial basado en el principio de la copa corneal, usando yeso y añadiendo al aparato un dis-

positivo con un circuito eléctrico para medir las magnitudes. Como palancas empleó finas varillas de cristal o de aluminio.

No coincidió en algunos extremos con las investigaciones de Javal. Sus conclusiones más importantes fueron las siguientes: los movimientos visuales son muy irregulares; los saltos no corresponden siempre con la extensión de línea que puede percibirse en cada fijación; aunque difieren en magnitud y extensión, los movimientos sacádicos tardan casi el mismo espacio de tiempo. En experimentos previos calculó el tiempo absoluto de cada salto entre .04 y menos de .048 de segundo, y el retorno entre .051 y .058 de segundo. Posteriormente rectificó estos cómputos, afirmando que el tiempo de dichos movimientos resultaba aún más breve que el señalado antes por él.

Calculó la duración de las pausas entre .05 y .19 de segundo y encontró que éstas cubren de 78 a 80% de cada renglón. Indicó que los retornos son ininterrumpidos, salvo ligeras alteraciones ocurridas cada seis renglones, parece que para orientarse hacia la próxima línea. Sobre las regresiones encontró que normalmente se hace una cada once renglones.

Dearborn, en investigaciones posteriores, corroboró algunas de las conclusiones de Huey.

La obra más importante de Huey, *Psicología y pedagogía de la lectura*, publicada en 1908, reviste para nosotros importancia especial, pues trata de poner al servicio de la escuela las investigaciones experimentales de medio siglo sobre el proceso de leer. La obra marca la transición hacia un periodo nuevo: la aplicación práctica a la función docente de los hallazgos de la psicología científica. Realiza por vez primera en los Estados Unidos la conjunción ideal de la psicología y la pedagogía, siendo su obra la primera que en este continente coordina e instrumenta en el campo de la lectura las investigaciones de la psicología pura hacia canalizaciones prácticas y aprovecha el vasto caudal de hechos, desde Javal hasta William James, añadiendo el resultado de sus propios estudios.

Otros aparatos basados en el mismo principio de la copa fueron empleados respectivamente por J. Orchansky, quien usó

en 1899 una estructura de aluminio; E. Marx y W. Trendelenburg, en 1901, con un sistema similar al de Orchansky; y G. Dohleman, quien utilizó en 1935 un aparato que llamó blefarostato, consistente de una copa de goma conectada a una estructura trasmisora especial.

En 1934 F. H. Rodin y R. R. Newell midieron los movimientos visuales colocando sobre la conjuntiva pequeñas y delgadas láminas metálicas, vendando los ojos del sujeto y registrando los movimientos en placas sensitivas mediante los rayos X. Este método, como se podrá apreciar, no permite el estudio de dichos movimientos durante la lectura.

DODGE Y LA FOTOCRAFÍA

La introducción del sistema de registro fotográfico fué un gran paso de avance en la historia de las investigaciones oculomotorices, pues facilitó la adquisición de informaciones más exactas y precisas además de no intervenir directamente con la vista, como en algunos de los sistemas anteriores.

La primera aplicación del método fotográfico se atribuye al psicólogo norteamericano Raymond Dodge (1871-1942). En noviembre de 1899 Dodge tomó la primera fotografía directa de los ojos en movimiento, retratando sobre una placa de 5" x 7" movida verticalmente frente a los ojos, la trayectoria de la esclerótida, las estrías radiales del iris, las pupilas, y una línea demarcadora de tiempo sincronizada con el movimiento de un péndulo. Además registró movimientos de la vista al leer y pausas alternadas de fijación de la izquierda hacia la derecha.

Esta fotografía reviste valor histórico especial pues marca el punto de partida de un nuevo sistema para el estudio de los movimientos visuales que superaba en gran medida a los pre-existentes y ofrecía mayores y mejores posibilidades para la investigación.

Walter F. Dearborn, psicólogo y educador norteamericano, discípulo y colega de Dodge, informa que fué en 1900 cuando

Dodge empleó por primera vez el método fotográfico, siendo entonces profesor de la Universidad de Wesleyan. Dearborn dice que al principio Dodge estaba más interesado en estudiar ciertos movimientos de la vista en situaciones ajenas a la lectura. Posteriormente se tomó la primera serie de fotografías de la vista durante el acto de leer, siendo el mismo Dearborn uno de los primeros sujetos de experimentación (4:4).

Es importante señalar que Dodge pertenece a ese grupo notable de investigadores norteamericanos, que como Cattell y Stanley Hall, habían estudiado psicología científica en Europa, formándose dentro del avanzado y riguroso clima intelectual de las más grandes universidades alemanas.

En 1896 Dodge hizo su doctorado en Filosofía en la Universidad de Halle y su primer trabajo de investigación se tituló *Die Motorischen Wortvorstellungen*. Permaneció como auxiliar del profesor Benno Erdmann, de la misma Universidad, hasta 1897.

En 1897 Dodge y Erdmann, en colaboración, publicaron en alemán los resultados de sus investigaciones sobre las funciones motrices de la vista al leer (8). Rectificaron algunos de los hallazgos de Javal, refutaron los estudios de Lamansky, y coincidieron con Landolt y Cattell en algunos extremos importantes. Sus conclusiones sobre el proceso motor en la lectura fueron confirmadas por Goldscheider y Müller, de la Universidad de Berlín.

En 1897 Dodge retornó a su país, donde profesó cátedras de psicología respectivamente en el Colegio Ursinus (1897-98), y en las universidades de Wesleyan (1898-24) y de Yale (1924-38). Fué Profesor Emeritus de Yale desde 1936 hasta su muerte, acaecida en 1942.

Dearborn rinde tributo a su maestro y colega Dodge a quien juzga como uno de los investigadores más pulcros, diestros y cuidadosos en su campo (4).

Según Dearborn, un hecho importante descubierto por Dodge es el valor de la visión periferal como complemento de la

aguda o directa de las palabras, llamada visión foveal. Dodge encontró que en la zona adyacente a cada punto de fijación que se hace sobre cada línea existe también un campo de visión periferal que se extiende hasta 15 grados, y que ayuda a captar el aspecto general de las palabras antes de percibir las y reconocerlas directamente. Esto nos permite anticiparnos en el reconocimiento de palabras, frases y fracciones de éstas, facilitándose el proceso de lectura al ampliarse el campo perceptivo.

Este fenómeno de percepción global resultante de una actividad de conjunto, en que la visión directa e indirecta —la aguda y la periferal— se integran funcionalmente, corroboran y complementan las conclusiones formuladas por Cattell desde 1885, y los hallazgos de la *gestalttheorie* desde Wertheimer.

Las implicaciones pedagógicas de estos hechos revisten valor y significación para la historia de la metodología y para determinar las direcciones actuales que toma la pedagogía de la lectura en las escuelas de nuestro tiempo.

Los estudios de Dodge sobre los movimientos de la vista en la lectura cubren aproximadamente una década, o sea, desde 1898 hasta 1908. En sus obras se plantean y estudian distintos aspectos del fenómeno oculomotor, tales como: velocidad en el recorrido del ángulo visual; tipos de movimientos oculares; la ilusión visual aguda; las fijaciones; y la correlación entre los movimientos oculares y la percepción. Dos de sus trabajos fueron realizados en colaboración, uno con Benno Erdmann en Europa, en 1898 (8), y el otro con T. S. Cline, en los Estados Unidos, en 1901 (7).

El sistema original de Dodge ha sido fuente de una multitud de aparatos fotográficos de compleja estructura y de gran precisión y fidelidad. El perfeccionamiento de estas cámaras ha permitido enriquecer dicho campo de investigación.

Los sistemas fotográficos se dividen en dos grupos: 1. los cinestoscópicos y 2. los de reflexión corneal. Los primeros toman fotografías directas en serie de algún punto o estructura

particular del ojo en las distintas posiciones que adopta al moverse. El segundo grupo es el que capta un rayo de luz reflejado por la córnea, actuando ésta como espejo. Este último resulta más eficiente que el primero.

Al primer grupo pertenecen: la cámara cinestoscópica de R. Dodge y W. F. Dearborn; la de Weiss; la de Purdue, diseñada por J. S. Karlslake y la de C. H. Judd, C. N. McAllister y W. M. Steele. El segundo grupo —de reflexión corneal— por su importancia especial merece consideración aparte. La captación fotográfica de la luz reflejada por la córnea en movimiento se conoce con el nombre de fotoquimografía.

LA FOTOQUIMOGRAFÍA

Esta disciplina representa una valiosa aplicación técnica de la fotografía en el estudio del proceso oculomotor. El aparato empleado es una especie de quimógrafo sensitivo, que en vez de usar un tambor rotatorio ahumado sobre el cual un puntero inscriptor movido por palancas describe trazos, el fotoquimógrafo usa una película sensitiva, la que se va moviendo lenta e ininterrumpidamente. De una bombilla se envía una franja finísima de luz hacia la córnea, la cual es reflejada hacia un espejo o un prisma y vuelta a reflejar, esta vez sobre la película.

Algunas de las cámaras quimográficas más conocidas en la investigación son las siguientes: la de Dearborn, basada en modificaciones hechas a las cámaras de Dodge; la de C. T. Gray, usada por Dearborn en la Universidad de Chicago; y la de W. R. Miles y E. Shen.

A partir de 1930, estas cámaras son objeto de notables mejoras y su estructura es cada vez más elaborada y compleja. Por la gran importancia que revisten debemos hacer especial mención de las siguientes:

1. La cámara de Tinker.

Durante dos decenios—desde 1928— el profesor Miles A. Tinker, de la Universidad de Minnesota, ha realizado copiosa investigación sobre los movimientos visuales. En el 1931 Tinker explicó el valor de su nueva cámara para medir estos movimientos (18), lo cual ha permitido añadir datos nuevos al campo de la investigación.

2. El optocinetógrafo de Harvard.

Esta cámara fué diseñada por los profesores F. D. Comfort y Walter F. Dearborn, siendo probada, desde 1927 a 1929, en el laboratorio de la Universidad de Harvard.

3. La cámara de Iowa.

En el 1931, H. H. Jasper y R. Y. Walker describieron la cámara que con tanto éxito ha venido usándose en la Universidad de Iowa (11), la cual es bastante conocida.

4. El oftalmógrafo de Taylor.

En el 1937, el profesor E. A. Taylor hace la descripción de una cámara portátil, en la cual se tratan de reunir dentro de una estructura reducida y liviana los adelantos y ventajas logradas por las cámaras grandes (17).

Este aparato, conocido como oftalmógrafo, es fabricado comercialmente por la American Optical Company y reúne ciertas ventajas que no tienen las cámaras de mayor tamaño: más bajo costo, peso liviano, fácil manejo, etc. Una evaluación algo reciente de este aparato en sus aplicaciones al programa de lectura fué hecha en 1946 por I. H. Anderson y W. C. Morse (1).

5. La cámara de Brandt.

La invención más reciente de que tenemos noticia es la cámara bidimensional. El profesor Herman F. Brandt, del Laboratorio de Investigaciones Visuales de la Universidad de Drake, desarrolló una nueva cámara que registra simultáneamente

numerosos aspectos del proceso visual: duración, localización y secuencia de las fijaciones; magnitudes espaciales y direccionales del movimiento visual; efectos ejercidos sobre el poder de atención por elementos físicos variables, tales como color, tamaño, aislamiento y posición (2).

LA ELECTRONISTAGMOGRAFÍA

Este sistema representa el mayor grado de progreso y perfeccionamiento en la técnica para estudiar los movimientos visuales, lo cual permite gran precisión en los registros. El sistema carece de una de las desventajas mayores de la fotogrametría. La desventaja consiste en tener que corregir mediante cálculos y aparatos de precisión la irregularidad en el movimiento del rayo de luz reflejado por la córnea, debido a la curvatura de ésta. Si la córnea fuese totalmente esférica, no habría tal dificultad, pero siendo de curvatura elíptica y protuberante, el movimiento del rayo de luz no es un reflejo directo de los movimientos visuales.

La electronistagmografía sigue un principio totalmente distinto, basado en fenómenos de la electrofisiología: las funciones de los órganos humanos generan potenciales eléctricos diminutos, los cuales pueden registrarse galvanométricamente en términos de milivoltios y microvoltios. Sobre este mismo hecho se basan la electrocardiografía y la electroencefalografía, de tanta importancia en la medicina moderna.

Carmichael y Dearborn describen así dicho fenómeno y sus posibilidades:

Se ha notado que ciertos procesos fisiológicos del organismo humano pueden ser estudiados registrando los cambios eléctricos que ocurren asociados a algunos sistemas celulares vivientes. En algunos casos no se necesitan más aparatos que unos pequeños electrodos en contacto con el sujeto. Resulta muy atractiva la posibilidad de emplear estas técnicas eléctricas en el estudio de los movimientos visuales. El método eléctrico es en verdad algo reciente. Su uso apropiado depende del conoci-

miento de los fenómenos eléctricos en el ojo, de nociones generales de microelectrónica y de los medios físicos disponibles para registrar fluctuaciones eléctricas muy pequeñas (3:183-184).

En el 1922, E. Schott registró pequeñas corrientes en un galvanómetro, conectando alambres a los ojos anestesiados con cocaína. En 1929, I. L. Meyers sugirió el empleo del electrocardiógrafo para registrar el potencial generado por los movimientos oculares. En 1930, E. Jacobson, y en 1936, O. H. Mowrer, T. C. Ruch y N. E. Miller, utilizaron también con éxito dicha técnica. Según estos últimos investigadores, el ojo humano posee un campo electrostático generado por la acción vital metabólica de los tejidos visuales con un potencial eléctrico que se polariza entre la córnea y la retina.

Desde 1931, A. Kohlraush había señalado la conveniencia de estudiar el potencial eléctrico generado por la vista (12). (Citado por Carmichael y Dearborn). La hipótesis de que los movimientos visuales podían ser registrados con precisión computando este potencial de polaridad ocular fué confirmada por W. O. Fenn y J. B. Hursh en 1937.

La corriente es captada mediante una serie de electrodos delicados que se colocan alrededor de los alveolos oculares, sujetándolos a la piel mediante estructuras de presión y agarre que no producen incomodidad.

Las aplicaciones experimentales de la electronistagmografía son numerosas y ofrecen dilatado campo para investigar los procesos visuales en distintas situaciones. Algunos de éstos son: en estados de tensión emocional; en el manejo de vehículos y aviones; en las fluctuaciones de la atención; en la operación de instrumentos ópticos especiales —miras de armas y equipos de radar—; en los recién nacidos; en animales; en fetos; en la determinación de deficiencias de vitamina A; en estados de afasia e imaginación; en la oscuridad; en el estudio del fenómeno autocinético del ojo en que estímulos mínimos de luz producen reacciones subjetivas; en situaciones ambientales

y emocionales diversas; y en el trazado de los límites respectivos de las zonas de visión foveal y periferal (3:202-205).

EL QUIMÓGRAFO

Por su importancia especial como instrumento auxiliar en las investigaciones oculomotrices, deseamos mencionar el quimógrafo. Conectado al mecanismo de transmisión correspondiente, este aparato hace un registro gráfico de movimientos leves de distinta especie. El carácter acumulativo de los quimogramas facilita las interpretaciones de los datos individuales en términos de tendencias o leyes generales. Ha desempeñado vital papel en la historia de la ciencia, especialmente la fisiología.

Consiste en un cilindro revestido de papel ahumado que gira lentamente sobre su eje a la vez que avanza hacia la izquierda. Una aguja inscriptora sujeta al sistema de transmisión va dejando un trazo sobre el cilindro. Los movimientos de los órganos con los cuales se relaciona —músculos, vista, corazón, cerebro, laringe, etc.—, son recogidos por el brazo que sostiene la aguja, describiendo ésta sobre el cilindro una trayectoria ondulada y fluctuante, observable a simple vista. El trazo resultante es el quimograma. Con el quimógrafo se sincroniza un cronógrafo para registrar también unidades de tiempo.

Según Lamport (14:668-9) el primer quimógrafo fué inventado por el fisiólogo alemán Carl Ludwig, al introducir mejoras al manómetro empleado entonces para medir la presión sanguínea. El esfigmomanómetro que usaban tenía un tubo de cristal en forma de U, casi lleno de mercurio. En el extremo final y abierto del tubo donde la columna de mercurio subía y bajaba según los cambios de presión, Ludwig introdujo una pequeña pieza de material flotante a la cual estaba conectada una aguja inscriptora. Al fluctuar la columna mercurial según la sístole o diástole, la aguja iba describiendo un trazo trepidante sobre la superficie ahumada.

Asociado a otros aparatos, el quimógrafo ha tenido impor-

tantes usos, especialmente en fisiología y psicología. Entre otros señalamos los siguientes: en el registro de los "concomitantes fisiológicos de las emociones": presión sanguínea, tensión muscular, respiración, pulso, actividad glandular, funciones gastro-intestinales, metabolismo, temperatura y cambios químicos de la sangre (15:270); en medidas galvanométricas de pequeños potenciales eléctricos; en investigaciones fonéticas: vibraciones de la voz humana en la emisión de los sonidos (16:15); y en medidas líquidas cuantitativas: estudios de Pavlov sobre el reflejo acondicionado en que se registraban quimográficamente las gotas de saliva segregadas por la boca del perro.

Ignoramos cuándo se usó por vez primera en el estudio de los movimientos visuales. A. Ahrens lo había empleado en 1891, y S. I. Franz, en estudios de las postimágenes, hechos en 1899.

La desventaja del quimógrafo original era el tiempo limitado de registro y el espacio reducido de superficie, lo cual establecía interrupciones en los experimentos. En 1898 Delabarre mejoró el aparato usando un rollo de papel ahumado, en vez de cilindro, haciendo más extenso y completo el tiempo de registro.

Una modalidad mejorada de esta técnica se encuentra en la fotoquimografía en que se hace la inscripción mediante un rayo de luz reflejado por la córnea sobre una película sensitiva.

BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson, Irving H., and Morse, William C., "The place of instrumentation in the reading program: I: Evaluation of the ophthalm-o-graph," *The Journal of Experimental Education*, XIV (March, 1946), pp. 256-262.

2. Brandt, Herman F., "Ocular Photography as a scientific approach to the study of ocular patterns and their psychological implications," *American Journal of Optometry*, XIX, No. 10 (October, 1942), pp. 405-426.
3. Carmichael, Leonard and Dearborn, Walter F., *Reading and Visual Fatigue*, New York: Houghton Mifflin Co., 1947, 483 pp.
4. Dearborn, Walter F. "Motivation vs. control in remedial reading", *Education*, LIX (September, 1938), pp. 1-6.
5. Dearborn, Walter F., "The psychology of reading", *Arch. Phil., Psychol. Sci. Methods*, 1906, No. 4.
6. Delabarre, E. B., "A method of recording eye-movements", *American Journal of Psychology*, 1898, 9, pp. 572-574.
7. Dodge, Raymond and Cline, T. S., "The angle velocity of eye-movements", *Psychological Review*, 1901, VIII, pp. 145-157.
8. Erdmann, Benno and Dodge, Raymond, *Psychologische Untersuchungen über das Lesen auf Experimenteller Grundlage*, Neimeyer, Halle, 1898, pp. viii + 360.
9. Gray, C. T., "Types of reading ability as exhibited through tests and laboratory experiments", *Suppl. Educ. Monogr.*, 1917, No. 5.
10. Huey, Edmund B., *The Psychology and Pedagogy of Reading*, New York: The Macmillan Company, 1908.
11. Jasper, H. H. and Walker, R. Y., "The Iowa eye-movement camera", *Science*, 1931, 74, pp. 291-294.
12. Kohlraush, A., "Elektrische Phänomene der Augen", *Hdb. d. Normalen u Pathol. Physiol.*, 1931, 12, pp. 1393-1496.
13. Lamare, A., "Des mouvements des yeux dans la lecture", *Bull. Mém. Société Française d'Ophthalmologie*, 1892, 10, pp. 354-364.
14. Lamport, Harold, "Hemodynamics", *Howell's Textbook of Physiology*, Ed. by John F. Fulton, Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1947, 1304 pp., 15th. ed.
15. Munn, Norman L., *Psychology: the Fundamentals of Human Adjustment*, Boston: Houghton Mifflin Co., 1946, 497 pp.

16. Navarro Tomás, T., *Manual de pronunciación española*, 2a. ed., Madrid. Imp. Sucesores de Hernando, 1921, 239 pp.
17. Taylor, E. A., *Controlled Reading*, Chicago: University of Chicago Press, 1937.
18. Tinker, Miles A., "Apparatus for recording eye-movements", *American Journal of Psychology*, XLIII (January, 1931), pp. 115-118.
19. Vernon, M. D., "The movements of the eyes in reading", *British Journal of Ophthalmology*, 1928, 12, pp. 130-139.