

Una visión histórica de la óptica

José Fernando Pérez Mogollón*

Siempre nos ha llamado la atención a los optómetras el conocer los orígenes y evolución de los fenómenos de la luz, los lentes, la óptica y como se ha venido gestando el desarrollo de la optometría en Colombia a partir de la historia de la óptica en el mundo. Pues bien, voy a tratar de efectuar un breve recorrido en el tema que he planteado, con el fin de que el lector pueda hacerse a una idea del desarrollo progresivo con las diferentes vicisitudes, anécdotas, testimonios que pueden ser de interés.

HISTORIA ANTIGUA

En la historia antigua sobre el vidrio, la visión y la óptica, los resultados encontrados son muy inciertos y se basan gran parte, en las investigaciones arqueológicas; donde las apreciaciones de los investigadores y el no haber sido prioridad de estos equipos de investigación la historia de la óptica, pueden de alguna manera no tener una precisión como se desearía. También es importante anotar que gran parte de la documentación que se hubiese podido obtener se perdió en los incendios de la Biblioteca de Alejandría, donde podían estar consignados varios escritos de la literatura científica de la época: como las teorías de la visión y los principios de óptica, que en gran parte podemos atribuir a los filósofos griegos. Por otro lado, no sabemos a ciencia cierta cuándo, cómo y dónde se descubrió el

vidrio y como fue utilizado; lo que sí presumimos, es que no era utilizado con propósitos de corregir los defectos visuales.

- ◆ Fragmentos de “vidrio natural” diseminados sobre una franja de 100 x 30 km en Libia tienen entre 25 y 30 millones de años y pudieron originarse debido al impacto de un meteorito en un terreno muy rico en sílice, donde por causa de la elevada temperatura se hubiera provocado la fusión del cuarzo (Hamon, 2003).
- ◆ Las ruinas de Nínive (705-612 a. C.), capital del imperio Asirio fue encontrada una pieza de cristal de roca, pulida en forma de lente convergente.
- ◆ Plinio el Viejo (C. 23 d. C. 79), escritor y enciclopedista romano, máxima autoridad científica de la Europa antigua. La gran enciclopedia de Plinio, *Historia Natural*, consta de 37 volúmenes y es la única de sus obras que se conserva en la actualidad. Contiene 20.000 hechos importantes extraídos de unos 2.000 volúmenes escritos por cerca de cien autores diferentes. La enciclopedia habla de Astronomía, Geografía, Etnología, Antropología, Anatomía humana, Zoología, Botánica, Horticultura, Medicina y medicamentos elaborados con sustancias animales y vegetales, Mineralogía y Metalurgia y Be-

* Optómetra, Profesor Investigador Universidad de La Salle. Correo electrónico: jperez@lasalle.edu.co
Fecha de recepción: marzo 22 de 2006.
Fecha de aprobación: abril 7 de 2006.

llas Artes. La importancia de esta enciclopedia reside en la enorme cantidad de información que ofrece sobre el Arte, la Ciencia y la Civilización de la época de Plinio; así como en sus curiosas anécdotas sobre diversos aspectos de la vida cotidiana en Roma. En uno de sus escritos atribuye a los Fenicios el origen del vidrio (Encarta, 2006).

- ◆ Según la leyenda, unos marinos que transportaban natrio de Egipto (carbonato de sodio impuro) se refugiaron en la desembocadura del río Belus donde en las orillas arenosas se encuentran trocitos de concha rota y al encender fuego, refugiados por bloques de natrio, quedaron atónitos al ver que reaccionaba con la arena dando una materia traslúcida y fusible. Se cree hoy en día, que esta leyenda data del siglo IX o X a. C. y ciertamente define los elementos que constituyen el vidrio. Arena formada por sílice, materia calcárea agregando un fundente la sosa (Hamon, 2003).
- ◆ La librería de tablas de arcilla del rey asirio Assubanipal contiene la fórmula más antigua del vidrio conservada: “tómense 60 partes de arena, 180 partes de plantas marinas, 5 partes de yeso y se obtiene el vidrio” (British Museum de Londres).
- ◆ Los alfareros egipcios quizás tuvieron que ver con el nacimiento del vidrio (Hamon, 2003).
- ◆ En Egipto se hallaron los primeros restos de producción del vidrio 4 o 5 mil años a. C. (Hamon, 2003).
- ◆ La paleta de Narmer del Museo Egipcio es un claro ejemplo del desarrollo de técnicas de moldeado (Tiradritti, 1999).
- ◆ Las primeras lentes conocidas se localizaron en Egipto y datan del año 2600 a. C., teniendo unas calidades ópticas indiscutibles y realizadas en cristal de roca (Calvo *et al.* 2005).
- ◆ En el siglo V a. C. los griegos, romanos y árabes, conocían las propiedades de los espejos, cauterizaban las heridas con lentes positivas y para encender usaban unas esferas de vidrio llenas de agua llamadas “cristales encendedores”.
- ◆ Las primeras lentes encontradas en grupo de estatuas eran ojos esquemáticos que solían representar el “Ka” de la persona o su esencia vital y tenían como particularidad que el ojo parecía seguir al observador (Museo de Louvre, París y Museo Egipcio, El Cairo).
- ◆ Estas lentes tenían una superficie frontal convexa (equivalente a la córnea) la parte posterior es una superficie plana donde se encontraba una lente cóncava y estaba localizaba la pupila; todo esto se incrustaba en mármol u otro material equivalente a la esclerótica.
- ◆ Estatuas egipcias pertenecientes al conjunto de Nofrit y Ra-Hotep (2600 a 2575 a. C.) presentan en la cabeza de la emperatriz Nofrit unos lentes en los ojos.
- ◆ En el 2650-2150 a. C. se puede mencionar los de Mastabas de Mereruka, Kaemrehu y el de los gemelos Niankhnum y Khnumhotep y la de Nebemakhet en Sakkara, donde se representan a los artesanos en sus diferentes actividades, incluyendo a los vidrieros que elaboran sus piezas, como en la tumba de Re hem en Deir el Gabrawy, donde se muestra un collar escurriendo líquido azul cuando es sacado del crisol.

- ◆ Al oriente del Nilo, en Beni Hassan se encuentran 39 tumbas excavadas en la roca, (2125 a 1759 a. C.) En los muros de las tumbas de Amenemhat, khnemhotp, Bakt III y Khety se encuentran decoradas con escenas de la vida cotidiana, incluyendo aquellas en la que se desarrollan actividades de los artesanos especializados en la fabricación del vidrio.
- ◆ Primera evidencia de los espejos en el año 1925 a. C. posiblemente en Egipto.
- ◆ Entre los indios Olmec (México) y el Imperio Inca también hubo desarrollo con los espejos (Calvo, 2005).
- ◆ Miroirs (2001) dice que la ciudad de Biblos (Líbano en la actualidad), una de las ciudades habitadas más antiguas del mundo (cuenta con restos de civilizaciones que datan aproximadamente del 5000 a. C.), fue el punto de partida de los espejos.
- ◆ Creta (1930 a 1895 a. C.) lentes plano-convexas o biconvexas en forma de lenteja de donde deriva el término lente (Andrews, 1991).
- ◆ Tumba de la princesa Knemet en Creta se encuentra collar que representaba una vaca en cristal de roca transparente.
- ◆ Cabeza del toro Rhyton de Minoan (1550 a. C) se encuentra en el ojo derecho una lente plano-convexa de cristal de roca sirviendo de córnea de un ojo esquemático y tiene pintada en la parte plana posterior de la lente una silueta que representa una hermosa cara.
- ◆ Palacio de Knossos en Creta se encuentran lentes plano convexas citados por Sines y Sakellarakis en 1987 (Calvo, 2005).
- ◆ Se encuentran lentes en la proximidades del cementerio de Mavrospelio (1400 a. C.) y en el tesoro L. en Troya citados por Tolstikov y Treister (1996).
- ◆ Comenta Chavel (1999) que el alto valor del índice de refracción del cuarzo sería el responsable de un aumento mayor que el obtenido con el vidrio ordinario (Calvo, 2005).
- ◆ Se utilizaban gotas de aceite depositadas en superficies transparentes para aumentar el tamaño de los objetos, esta técnica era utilizada en Persia y en la India para realizar posiblemente miniaturas (Calvo, 2005).
- ◆ Posteriormente en Chipre, Egipto, Mesopotamia, Anatolia, Troya, Grecia y Roma, comienza a aparecer una nueva generación de lentes (Andrews, 1991).
- ◆ En oriente medio (Egipto, Mesopotámia, Asiria) 15 siglos a. C se tiene conocimiento de la producción de pasta de vidrio para joyas.
- ◆ El vidrio en el Lejano Oriente Entre los objetos procedentes de las excavaciones arqueológicas de la dinastía Zhou (1122 a.C.-221 a.C) se han encontrado piezas de vidrio con la forma característica de globo ocular o incrustaciones de cuentas de cristal con forma de ojo.
- ◆ Un siglo a. C. aparición del soplado probablemente en Siria.
- ◆ Hubo desarrollo de varios centros de producción del vidrio.
- ◆ En la edad media se dio la decoloración del vidrio mediante eliminación de las impurezas con oxido de manganeso.

- ◆ Tales de Mileto 640-548 a. C. profetizó que en el año 585 a. C. un eclipse ocasionaría un día de tinieblas y que esto se debía a la posición de los astros (Gil del Río, 1986).
- ◆ Pitágoras (c. 582 - c. 500 a.C.) describió el proceso de la visión como emanaciones del ojo que, de algún modo, abarcaban el objeto visto.
- ◆ Anaxímenes (c. 570 - 500 a.C.) afirmaba que el aire es el elemento primario al que todas las demás cosas pueden ser reducidas. Para explicar cómo los objetos sólidos se forman a partir del aire, introdujo las nociones de condensación y rarefacción. Estos procesos afirmaba, transforman el aire, en sí mismo invisible, en entidades visibles (como el agua, el fuego y las materias sólidas). Pensaba que el aire se calienta y se vuelve fuego cuando se rarifica y que se enfría y se vuelve sólido al condensarse (Encarta, 2006).
- ◆ Heráclito (c. 540 - c. 475 a.C.), filósofo griego, quien sostenía que el fuego era el origen primordial de la materia y que el mundo entero se encontraba en un estado constante de cambio (Encarta, 2006).
- ◆ Alcmeón de Trotona (alrededor del año 500 a. C.), fue el primero que practicó disecciones en el hombre, estudió el nervio óptico y le dio valor en el mecanismo visual; el cual lo explicaba con tres factores: 1. la luz exterior. 2. el fuego interior del ojo. 3. líquido contenido dentro de las membranas oculares como medio de transporte.
- ◆ Empédocles (c. 493 a. C. - 433 a. C.) defendía la idea de que toda la materia está formada por los cuatro elementos (tierra, aire, fuego y agua) que en proporciones diversas entran en la composición de los cuerpos. Fue el primero en decir que la luz es emitida por los cuerpos: la visión se produce cuando las partículas del “fuego externo” que éstos emiten llegan al ojo. Sin embargo, hay dos flujos de luz: el externo, que existe por sí mismo: corpuscular, que lleva el orden, la forma y los colores de los objetos y los rayos emitidos por los ojos y que permiten la visión. El color está creado por el elemento intermedio entre el ojo y el objeto, es decir, el fuego externo. Fue el que hablo por primera vez del campo visual. Empédocles formuló el concepto de que la enfermedad es en primera instancia la expresión de un desequilibrio entre la perfecta armonía de los cuatro elementos: fuego, aire, agua y tierra.
- ◆ Hipócrates (c. 460 - c. 377 a. C.), padre de la medicina; afirmaba que la parte viscosa y la parte húmeda del ojo tenían su origen en el cerebro y que por esta razón constituían el órgano de sensibilidad luminosa. (Gil del Río, 1966).
- ◆ Aristófanes (c. 445 a. C. - 380 a.C.) en el año 424 a. C. intentó con un globo de vidrio soplado, lleno de agua; sin embargo, su propósito no era el de amplificar imágenes, sino el de concentrar la luz solar.
- ◆ Sócrates (c. 470 - c. 399 a.C.) habla de las post-imágenes y de los escotomas centrales, relacionándolos con las lesiones producidas al observar los eclipses de sol.
- ◆ Leucipo de Mileto (c. 450 - 370 a. C.) fue el iniciador de la teoría atomista, maestro de Demócrito y contemporáneo de Empédocles. Argumentó que todas las percepciones son táctiles y que no pudiendo el alma salir del cuerpo, son los objetos los que la excitan a través de los sentidos. Por esto los cuerpos envían una imagen o copia suya, llamada *eidola*, sombra o simulacro material. Esta imagen está alrededor de los objetos y lleva sus cualidades al ojo. El concepto de *eidola* duró muchos años y tuvo una gran importancia para los estudiosos medievales.

- ◆ Demócrito de Abdera (c. 460 a. C. - 370 a. C.) y los atomistas, sugirieron que unas emisiones procedentes del objeto visto entraban en el ojo y producían imágenes y que la luz era un flujo de partículas que partían de los focos de la luz. Sus ideas sobre la visión nos llegan a través de los escritos de Teofrasto. Demócrito explica la visión con una teoría de intromisión o de recepción: los objetos emiten átomos continuamente, comprimen el aire y envían impresiones (semejantes a las *eidola*) al ojo. Fue el primero en sugerir la existencia de un medio transmisor.
- ◆ Platón (c. 428 - c. 347 a. C.) defendía la teoría que plantea la naturaleza dual de la visión como interacción entre la acción de las fuentes luminosas y la del ojo. El encuentro de esos dos *fuegos* (que hoy llamaríamos energías) es lo que produciría el mecanismo de la visión.
- ◆ Platón suponía que nuestros ojos emitían pequeñas partículas que al llegar a los objetos, los hacían visibles afirmando que tanto los objetos visibles, como el ojo, emitían luz.
- ◆ Aristóteles (384 - 322 a. C.) fue el primero que menciona la vista corta y la vista larga. Rechaza las teorías de la visión y propone en cambio, que el medio entre el objeto y el ojo desempeña un papel esencial. Señaló que la luz debe tener un origen más mecánico que material.
- ◆ Herófilo de Calcedonia (c. 335 - 280 a. C.) escribió *Peri Ophthalmon* que es la obra más antigua sobre la anatomía del ojo; en ella se describe la esclera, la coroides, la retina y el humor vítreo (Gil del Río, 1966).
- ◆ Epicuro (341 a. C. - 270 a. C.) fue un griego que afirmó que “*de los objetos brotan partículas que hieren los ojos e impresionan la vista*”. Epicuro conocía la ley de reflexión y refracción de la luz, según lo expresado por Lucrecio en su libro. Dejó 300 manuscritos, incluyendo 37 tratados sobre física.
- ◆ Euclides (300 a. C.) en siglo IV a. C. define el campo visual y el campo binocular. Planteó una teoría definida como la perspectiva hacia el ojo y no del objeto visto junto a los platónicos sostuvo que la sensación visual se produce cuando los “haces oculares” enviados desde los ojos chocan con los objetos.
- ◆ Realizó observaciones geométricas tan importantes como la igualdad de los ángulos de incidencia y de reflexión, los cuales se hallan en los escritos sobre óptica atribuidos a él: llamados “Óptica” y “Catóptrica”, donde aparecen temas importantes como la propagación rectilínea de la luz.
- ◆ En el libro de Euclides “Catóptrica” se recoge la siguiente prueba experimental: “si se coloca algún objeto en el fondo de un recipiente y se aleja éste último de la vista del observador a una distancia a la que el objeto no se vea, al llenar el recipiente de agua, a esa misma distancia comenzará a verse de nuevo dicho objeto”.
- ◆ El elemento fundamental para Euclides no son las longitudes, sino los ángulos. Algo lógico si tenemos en cuenta que parte del principio de un sujeto observador que dirige su mirada hacia los diferentes objetos de su entorno. Lo que interesa a Euclides es medir los ángulos que forman esos rayos entre sí partiendo de un mismo punto (el sujeto). A partir de esas medidas puede calcular el tamaño de los objetos.
- ◆ Para Euclides la visión se restringe al cono de rayos que emanan del ojo y sólo son visibles los objetos situados dentro de él. Así, nos encontramos con una teoría extramisiva (o de proyec-

ción) de la visión, ya que los rayos de luz se dirigen desde el ojo hacia el objeto percibido.

LAS TEORÍAS

- ◆ La visión, es un problema complejo en el que se implican conceptos y hechos de diversos campos:
 - a) La Física, pues exige el conocimiento de la naturaleza, leyes y propiedades de la luz.
 - b) La Biología, pues requiere los conocimientos de la anatomía y de la fisiología del ojo.
 - c) La Psicología, pues la visión es un proceso mediado por los procesos asociativos corticales.
 - d) La Filosofía, pues la vista, el más noble de los sentidos, tiene un papel primordial en el conocimiento y requiere una teoría general que integre los diversos aspectos, una epistemología.
- ◆ Nerón (37-68 d.C.), utilizaba una esmeralda en forma de lente (Krug, 1987).
- ◆ Herón de Alejandría (c. 20-62 d.C.), estudio la reflexión de la Luz. Demostró, basándose en la propiedad de la luz de seguir el camino más corto, de que el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción son iguales. (Gil del Río, 1966).
- ◆ Claudio Tolomeo (90 - 160 siglo II d.C) Exploró las propiedades de la luz, especialmente la refracción y la reflexión. Escribió un libro de óptica donde habla de la refracción según la teoría de la emanación del ojo, menciona el agujero estenopeico y parece describir la cámara oscura. (Gil del Río, 1966)
- ◆ La óptica de Tolomeo constaba de varios libros. El primero está perdido y parece ser que trataba de la visión. El libro II estudiaba los colores, los conceptos del cuerpo, forma y movimiento, etc, así como los errores que pueden producirse durante la visión. Los libros III y IV tratan de la reflexión de la luz y de la teoría de los espejos. El V estudia la refracción de la luz y sus leyes y es en el que aporta nuevos conceptos.
- ◆ Los griegos describen al fenómeno de la visión como un proceso activo de un ojo humano viviente y no como de un registro pasivo de impresiones físicas exteriores.
- ◆ Los griegos dividían la óptica geométrica en las siguientes partes: Catóptrica o estudio de la reflexión; óptica o estudio de la visión; eskenografía o estudio de la perspectiva, dióptrica, o estudio de los ángulos. (Gil del Río, 1966).
- ◆ En lugar de basarse en la trayectoria de los rayos de luz que, reflejados por el objeto, inciden en la retina, los griegos hablan de los “rayos” emitidos por el ojo y que se dirigen de éste al objeto, utilizando el aire como soporte.
- ◆ Lucrecio (c. 99 - 55 a. C.) escribió un libro llamado “de la naturaleza de las cosas” donde se dice claramente que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. También habla de la refracción de la luz, indicando que una varilla, parcialmente sumergida en el agua se ve quebrada, pero no ofrece ninguna explicación del fenómeno.
- ◆ Séneca (4 a. C - 65 a. C) sostenía que hay espejos que aumentan los objetos que en ellos se reflejan, como también que todo es más claro cuando se mira a través de una bola rellena de agua (Calvo, 2005).

- ◆ Séneca nos describe que las propiedades de una imagen permanecen cuando el observador se sitúa en un punto detrás del centro
- ◆ Galeno de Pergamo (129 C. - 199) dejó más de 125 escritos hablando del ojo, sus anomalías y enfermedades. Creía en la existencia de un canal que atravesaba el nervio óptico y por el cual pasaba un fluido procedente del cerebro, el “fluido visual”. Planteó que las imágenes grandes, como las de las montañas, posiblemente no podrían penetrar por la diminuta pupila del ojo.
- ◆ Rufo de Éfeso (I d. C.) célebre por sus investigaciones sobre el corazón y los ojos en donde hace por primera vez la descripción del cristalino (Singer, 1925).
- ◆ En la Biblia ya se mencionan espejos hechos de latón y los antiguos egipcios, griegos y romanos empleaban habitualmente espejos de bronce. Los griegos y romanos también utilizaban plata pulida para producir reflexión. Los primeros espejos de vidrio rudimentarios comenzaron a fabricarse en Venecia alrededor de 1300. A finales del siglo XVII ya se hacían espejos en Gran Bretaña y posteriormente, su fabricación se convirtió en una industria importante en otros países europeos y americanos.
- ◆ Euclides y Pitágoras nos aproximaron al conocimiento de las figuras geométricas y gracias a Arquímedes y su famoso principio, la humanidad dio un paso adelante en el terreno de la Física.
- ◆ El método del soplado de vidrio, más rápido y más barato, se extendió desde Siria a Italia y a otras zonas del Imperio Romano, reemplazó poco a poco a las antiguas técnicas y trajo consigo nuevos estilos. Mientras los primeros procesos de manufactura habían hecho hincapié en el color y el diseño, con la introducción del soplado fue la fragilidad y transparencia del material lo que adquirió importancia, y hacia finales del siglo I d. C. el vidrio incoloro suplantó al vidrio coloreado en la elaboración de los objetos más preciados. La técnica del soplado hizo posible la producción a gran escala y cambió la categoría del vidrio convirtiéndolo en un material de uso frecuente, tanto para cristalerías como para vasos, copas y todo tipo de recipientes.
- ◆ El mundo antiguo apenas conoció la forma de reproducir exactamente la profundidad en los cuadros, aunque los antiguos griegos conocían perfectamente las deformaciones que se producían al observar los objetos desde ciertos puntos de vista y en sus templos corregían con precisión estos defectos ópticos. Los romanos llegaron a un entendimiento parcial de la convergencia de las líneas paralelas pero no consiguieron desarrollar una idea consistente de los puntos de fuga.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrews, G. *Ancient Egyptian Jewelry*. New York: Harry N. Abrams, 1991.
- Calvo, M. *Óptica Avanzada*. España: Ariel, 2005.
- Enoch, J. "The eyes of the statue an analysis of the reserve eye, Cogan Ophthalmic History society". *Lenses and visual illusion measured at the Louvre, París 2*. (2001): 187-204.
- Enciclopedia Encarta, Microsoft corporation, 2006.
- Gil del Río, E. *Óptica Fisiológica Clínica*. Barcelona: Toray, 1966.
- Hamon, M. "The Origins Of Glass". *Points De Vue 48* (2003): 42-49
- Krug, A. *Nero's Augenglas Realia: Archeologie et Medicine, ates du Colloque 23-25 Octobre, France: ADPCA 459-475*
- Saleh, M. y Sourouzian, H. *The Egyptian Museum Cairo Official Catalogue*. Germany, 1987.
- Tiradritti, F. *Trésors d'Égypte: Les merveilles du Musée Égyptien de Caire*. París: Gründ, 1999.
- Tolstikov, V. y Treister, M. *The gold of Troy: catalogo de una exposición*. New York: Harry N. Abrams, 1996.