

Una visión histórica de la óptica (segunda entrega)

José Fernando Pérez Mogollón*

- ♦ En el año 455 comienza la penetración de los bárbaros y la caída del imperio romano, la ciencia se centra en Europa, norte de África y Asia menor. La fabricación del vidrio, que Roma había extendido por todo el imperio se pierde con su caída, sobre todo en Egipto y Siria hay que esperar su renacer en el siglo XI en Venecia y posteriormente en Murano.
- ♦ Aetius de Amida (502 - 575) en sus escritos científicos, a modo de enciclopedia, hizo mención de la miopía designándola como «vista corta» señalando el hecho de que algunos míopes tienen los ojos saltones. Igualmente dice que se trata de un fenómeno irreparable.

Al-Kindi (801-873), llamado el filósofo de los árabes es autor de más de 270 obras, que abarcan una amplia variedad de temas, que incluyen filosofía, medicina, matemáticas, óptica y astrología. Algunos de sus escritos fueron traducidos al latín durante la edad media e influyó en los eruditos cristianos de Europa. Dentro de sus escritos está un libro sobre óptica llamado «De Aspectibus» donde habla de consideraciones generales de la refracción de la luz y afirmando, al igual que Aristoteles, que la visión se debe a los rayos que emanan de los cuerpos luminosos y no del ojo como decía platón, de donde parten en línea recta entrando al ojo donde se produce la sensación de visión (Malacara, 2002).

Shen-kna (1031 - 1095) filósofo Taoísta hizo estudios en óptica y llegó incluso a hablar de lentes y espejos, la enciclopedia k'ung p'ing-chung, describe las cataratas y hace responsables de las mismas a las radiaciones procedentes de los hornos.

Alhazen (965-1040), científico y filósofo árabe que estableció las bases de la ciencia óptica. Su nombre árabe es Abu Alí al-Hasan ibn al-Haytham. Su primer libro «Opticae Thesaurus» o «tesoro de la óptica» (Rueda,2006). Su obra, «Tratado de Óptica» («Kitab-ul Manazir») incluye valiosos análisis y explicaciones sobre la luz, la óptica fisiológica, la cámara oscura y la visión. La afirmación «La luz es el factor exterior que hace posible la visión. La luz existe por sí misma y el ver ocurre por incidir la luz en el ojo. Si no existe la luz no existe visión» (Hull, 1961). Desarrolló una extensa teoría que explica la visión, utilizando la geometría y la anatomía. De acuerdo con ella, cada punto de un área u objeto iluminado irradia rayos de luz en todas las direcciones, pero sólo podemos ver el rayo correspondiente a cada punto que llega al ojo de forma perpendicular. Los otros rayos chocan contra ángulos diferentes y no son visibles. Escribió un tratado «Los colores y sus imágenes» en el que habla de sus experimentos con ellos. También nos habla de las post imágenes en la que argumentaba que este fenómeno no podía ser el resultado de algo emitido

* Optómetra, Docente Investigador Universidad de La Salle.
Correo electrónico: jperez@lasalle.edu.co
Fecha de recepción: septiembre 18 de 2006.
Fecha de aprobación: octubre 4 de 2006.

dentro del ojo sino que debía ser causado por una fuente de estímulos externos al ojo (Mills, parte IV 1998) Señaló que la luz va de los objetos al ojo, estudio el ojo como formador de imágenes y lo comparó con la cámara oscura; su libro de óptica fue editado (copiado) en Basora (Basra, 1083) donde señaló la igualdad del ángulo incidente y el reflejado planteo las leyes de la refracción y analiza la formación de la imagen, estudio la visión binocular, consideró el quiasma óptico como responsable de la fusión de las imágenes de ambos ojos.

- ◆ Abu Ali Hosayn Ibn Abdulah Ibn Sina (980-1037) conocido en occidente con el nombre latino Avicena, siguió la teoría de Alhazen pero dio una gran importancia al factor que tiene la visión en todo lo relacionado con la psicología del observador. Su obra «El canon de la medicina» habla del conocimiento médico y farmacéutica de su época y anterior fue durante mucho tiempo libro de consulta de Oriente y Europa.
- ◆ Los Árabes en la edad media, practicaban la cirugía de catarata inclusive con la aspiración del cristalino e igualmente tenían muy desarrollada la terapéutica quirúrgica de las enfermedades de los ojos.
- ◆ Mohamed Gáfequis efectúa un tratado de oftalmología medieval «guía de la oculística» el cual se conserva un manuscrito en El Escorial (Meyerhof, 1933).
- ◆ Averroes (1126-1198) Al-Qarashi, también conocido por Abul Walid Muhammad ibn Rusd, rompió con las teorías antiguas de la emanación del ojo. Escribió comentarios sobre la obra de Hipócrates, así como tratados sobre dietética y enfermedades oculares. Describe muy

bien el ojo: «El ojo consta de siete túnicas o membranas y de tres humores, y su instrumento propio es el cristalino y los humores que existen en función con él» (Vásquez de Benito, 1987). Habla de las sensaciones y de la acción de los músculos voluntarios e involuntarios describiendo 24 músculos para los ojos. Igualmente comenta de una medicina especializada: la oftalmología (Cruz Hernández, 1986). Rompió con las teorías antiguas de la emanación del ojo.

- ◆ Robert Grosseteste (1175-1253), escribió tratados sobre numerosos temas, como astronomía, psicología, color, luz y óptica, creía que la luz era la «primera forma corporal» por lo cual el estudio de la óptica tenía una significación especial para poder comprender el mundo físico.
- ◆ Entre el siglo XI y XII aparecen las llamadas lentes de Visby, de origen escandinavo que forman imágenes de gran calidad (Schmidt, 1999).
- ◆ Roger Bacon (1214-1294) efectuó experimentos de óptica siguiendo las obras de Alhazen (Crombie, 1987). Bacon en su obra «Opus Majus» de 1266 -1267 habla de las lentes convexas y de la ayuda para la visión próxima. Sus escritos aportaron una nueva e ingeniosa visión sobre la óptica; en concreto, de fenómenos como la refracción, el tamaño aparente de los objetos y el aparente aumento de tamaño experimentado por el Sol y la Luna en el horizonte. Sus obras «Opus Majus», «Opus Minus» y «Opus Tertium» a Bacon se le denominó «Doctor Admirabilis». Bacon cometió el error de mantener la teoría de la emanación y hacer del cristalino la base de la recepción.
- ◆ La razón por la cual no se fabricaban lentes de buena calidad era la ausencia de un buen vi-

drio; secreto que en la edad media guardaban los artesanos de Constantinopla quienes usaban químicos de alta pureza para obtener buena transparencia al igual que habían mejorado la talla y el pulido. Durante la cuarta cruzada (1204) los venecianos saquean Constantinopla, llevando algunos artesanos del vidrio y logrando, desde luego mejorar la calidad del producto. (Malacara, 2002). Por tal motivo, la fabricación de anteojos se asocia con la industria veneciana del cristal y los espejos; encontrándose en las reglamentaciones que hablan de *reidi de ogli* (discos para los ojos) que en los años siguientes hacen referencia a la fabricación *vitreos ab oculis ad legendum* (vidrios oculares para la lectura).

- ◆ Alexandro della Spina hace referencia a este fraile dominico quien parece, observó como construían los anteojos e hizo los suyos; también es de mencionar a Salvino degli Armati otro fraile dominico asociado al descubrimiento de los anteojos quien cuenta con un monumento conmemorativo en Florencia.
- ◆ Vitelio Parece que inspirado en los escritos de Alhazen, escribió un extenso tratado en el que habla de la perspectiva pero no menciona las gafas. (Gil del Río, 1966).
- ◆ se cree entonces, que los primeros anteojos fueron construidos poco después de 1286 por un inventor desconocido. Como señala Rivalta monje florentino, que en un sermón en 1305 dice: « aún no hace veinte años que se inventó el arte de fabricar lentes, que es uno de los mas maravillosos artes» Gil del Río,1966).
- ◆ En la balada de Heidelberg (1260-1284) típica canción de trovador, se habla por primera vez de las lentes correctoras utilizadas por los ancianos para la lectura.
- ◆ En un poema de Albrecht (1270) se menciona también el aumento de las lentes y la mejora visual en la lectura, que se obtiene con su uso.
- ◆ La pintura más antigua donde aparecen unos anteojos se encuentra en la iglesia de san Nicolás de Treviso, debida al artista Tomaso de Modena o Medena en el año de 1352 y que representa al cardenal Hugo Proveza a mediados del siglo XIII las gafas estaban hechas mediante un par de aros de hierro, cuero, plomo, cobre o incluso madera, unidos con un clavo (de aquí viene el nombre francés de Clovantes).
- ◆ En 1332 un Obispo florentino legaba «un par de anteojos con montura de plata dorada» (Rosen 1953).
- ◆ La primera prescripción de anteojos es de 1363 por Guy de Chauliac como remedio para la vista débil (Rueda, 2006).
- ◆ Francesco Petrarca (1304-1374), escribió en «cartas a la posteridad»: «durante mucho tiempo he tenido una vista muy aguda que contrariamente a mis esperanzas, me abandonó cuando tenía casi sesenta años, de forma que hube de buscar la ayuda de los anteojos para mi modestia».
- ◆ En China, se pone de manifiesto a través de un documento del siglo XIV donde consta el cambio de una gafa por un magnifico caballo blanco. Un hecho a resaltar es la diferencia existente entre las primeras gafas Chinas y las europeas, que parecen señalarnos un origen distinto. Las chinas son generalmente grandes, soportes temporales y con apoyo en los pómulos, mientras que las europeas son de lentes pequeñas y de apoyo en el puente de la nariz ¿origen distinto o una adaptación por configuración del rostro? Las primeras gafas eran de madera, cuero y cuerno.

- ◆ Nicolás Causano, (1401-1464) en su libro «De Berillo» (1450) menciona por primera vez el uso de las lentes negativas para la corrección de la miopía ya mencionadas por Bacon en su obra «Opus Majus».
- ◆ Se comienza usar los lentes cóncavos para la miopía (Rueda, 2006).
- ◆ Abre las puertas a la cultura con la aparición en Mainz, la prensa de Johann Gutenberg y su sistema de impresión (1436). Los libros se ponen al alcance de más ciudadanos, se extiende el deseo de la lectura y la necesidad de los anteojos, tanto es así, que entre 1438 y 1450, en Nuremberg o en Frankfurt, aparece el primer gremio de «maestros fabricantes de anteojos».
- ◆ Leonardo da Vinci (1452 - 1519) Formuló una teoría de la visión, en la que el ojo es comparado a una cámara oscura (Dampier, 1931). Muy acertadamente centra la importancia de la visión en la retina, no en el cristalino como se creía hasta entonces. Aunque Leonardo da Vinci fue un adelantado en todas las ramas de la ciencia, no dejó ningún libro escrito sino que toda su obra quedó dispersa porque nadie de su tiempo llegó a comprenderlo. Posteriormente, se recopilaron sus trabajos y dibujos dando lugar a una obra sin igual de 14 volúmenes. Es muy probable, por cierto, que al igual que otros pintores de la época, Leonardo se haya valido de la cámara oscura para hacer sus croquis e incorporar los principios de la perspectiva en su pintura. Dice en uno de sus manuscritos: «una pequeña apertura en el postillo de la ventana proyecta sobre la pared interior del cuarto una imagen de los cuerpos que están más allá de la apertura» Leonardo habla de la cámara oscura, tema que fue ampliamente tratado por Aristóteles, Alhazen y Bacon. Resucita la teoría de los cuatro primarios de Empedocles, sobre los colores.
- ◆ Según dice la historia, el papa León X era un gran cazador «el mejor a pesar de su corta vista» según las crónicas de su tiempo. Uno de los anteojos correctores que usó el papa León X se encuentra conservado y expuesto en el Museo de la Historia de la Ciencia de Florencia. Tienen sus lentes un diámetro de 75 mm y 12.00 dioptrías de potencia. En este mismo museo, se hallan varios libros originales de Galileo así como algunos de sus anteojos de ocular negativo, con los cuales descubrió los cuatro satélites de Júpiter.
- ◆ El abate Franciscus Maurolycus (1494 - 1577) matemático, estudió la formación de la imagen en la cámara oscura, la óptica de los lentes demostrando que los rayos a partir del punto donde se encuentra un objeto están proyectados en todas las direcciones y enfocados a un punto de la imagen por las lentes convexas; pensando que la formación de la imagen en el ojo trabaja de la misma manera. Dedicó su atención a la presbicia y a la miopía. tradujo obras de Euclides «El Fenómeno»; de Teodosio «La Esfericidad» y de Arquímedes. Sus estudios sobre la visión fueron de gran utilidad para Kepler. Se le considera el fundador de la refracción ocular al considerar esencial determinar el punto remoto en miopes y el punto próximo en presbíteros e hipermétropes que es el objetivo principal de la Optometría (Le Grand, 1965).
- ◆ Andrés Vesalio (1514-1564), anatomista y fisiólogo belga cuyas investigaciones dieron base para la anatomía moderna demostrando y corrigiendo varios errores de Galeno; negando la existencia de canales en el nervio óptico. Vesalio escribió «*Humani corporis fabrica libri septem*»

(Siete libros sobre la estructura del cuerpo humano, 1543).

- ◆ En el siglo XIII la recuperación de obras científicas de la antigüedad en las universidades europeas llevó a una controversia sobre el método científico. Los llamados realistas apoyaban el enfoque platónico, mientras que los nominalistas preferían la visión de Aristóteles. En las universidades de Oxford y París estas discusiones llevaron a descubrimientos de óptica y cinemática que prepararon el camino para Galileo y para el astrónomo alemán Johannes Kepler (Encarta, 2006).
- ◆ Juan Valverde de Amusco (1525-1588) escribe en 1556 la historia de la composición del cuerpo humano basada en la obra de Vesalio.
- ◆ Thomaso Garzoni (1549-1589) en su obra «La Piazza Universale de Tutte le professioni del Mondo» se puede obtener una referencia de la tecnología de los lentes y la actividad de los artesanos en el siglo XVI en Italia.
- ◆ Galileo Galilei (1564-1642) quedó ligado al anteojo de ocular negativo su nombre, a pesar de que primero fue conocido como «anteojo Holandés». Galileo Galilei publica su obra «Dioptries» y puede decirse que a partir de ahí las lentes correctoras dejan de ser algo mágico y misteriosas para formar parte de la ciencia. Galileo Galilei, quien durante 30 años se dedicó a hacer experimentos en física, escribe en las primeras páginas de su libro *Siderius Nuntius* («El mensajero de las estrellas»), publicado en 1610: «Hace diez meses llegó a mis oídos la noticia de que un holandés había hecho una lente para espiar, que hace que los objetos distantes parezcan cercanos. Al cabo de un breve tiempo logré fabricar un Instrumento similar, a través de un estudio profundo de la teoría de la refracción», sin contar con la ley de la refracción, que fue establecida 11 años más tarde por W. Snell. Galileo usó una lente plana convexa como objetivo y otra plano cóncava como ocular en los extremos de un tubo de plomo.
- ◆ Felix Platter (1536-1614) en 1583 sugirió por primera vez que la retina era el lugar receptivo, alimentando de señales neuronales al nervio óptico (Lindberg 1976).
- ◆ Tycho Brahe (1546-1601), consideró la retina como el órgano receptor, en lugar del cristalino.
- ◆ Aparece en Venecia (1551) un libro titulado «el duelo» donde se hace mención del agujero estenopéico y se recomienda su uso con el fin de mejorar la puntería.
- ◆ Aparece la gafa solar y concretamente en el libro de «Daza de Valdés» se dice que «es mejor el color verde porque así es el de la naturaleza, no el rojo ni el amarillo».
- ◆ Kepler (1571 - 1630) habla sobre los procesos visuales (Lindberg 1976). En su «*Dioptrica*» (1611) propone la sustitución del ocular negativo de Galileo por una positiva. Utiliza diafragmas para reducir la luz incidente a los rayos centrales estableciendo una correspondencia entre el punto objeto y punto imagen. Kepler reconoce que el cristalino no es más que un lente y finalmente sintetiza el conjunto anatomía, óptica, teoría de la visión (Lindberg 1976). En *dióptrica* describe la óptica de los lentes y del ojo y como es corregido por los lentes. Igualmente demuestra que la imagen recibida en la retina era invertida sugiriendo la existencia de la acomodación.

- ◆ Christopher Scheiner (1575-1650) realizó el experimento Scheiner que se considera origen de los modernos autorefractómetros: efectuó una serie de observaciones al mirar una superficie iluminada a través de dos agujeros, a cuya distancia de separación es menor que el diámetro pupilar (Levene, 1977). Se considera el pionero de los aparatos modernos y planteo el estudio de la optometría bajo los actuales principios. Jesuita que inició el estudio de la optometría con un sentido moderno. Nos dio a conocer lo que en la actualidad llamamos experimento de Scheiner, que consiste en lo siguiente: a través de dos orificios colocados a una distancia entre sí menor que el diámetro pupilar, se mira un objeto, por ejemplo un alambre, y si este aparece doble, el ojo no está enfocado a la distancia del objeto. En 1619 realizó Scheiner medidas de los índices de refracción de los medios oculares. Suponía que dichos índices del humor acuoso y el humor vítreo eran respectivamente los del agua y del vidrio. También demostró de una manera definida que la imagen, como decía Kepler, se recibe invertida y se forma sobre la retina. Para comprobar practicaba en la parte posterior de ojo de un animal un agujero y observo la imagen formada en la retina, quitando para ello un trozo de esclerótica y coroides. Realizó igualmente medidas de la curvatura de la córnea, comparando el tamaño de los reflejos corneales con los que encontraba en pequeñas esferas y afirmando que el radio de curvatura de la córnea era menor que el de la esclera y que el cristalino no era el centro del ojo sino que estaba situado detrás del iris (Gregg, 1965).
- ◆ Willebrord Snell (1591-1626) En 1621 realiza la Ley de refracción o ley de Snell en honor a su descubridor y que es la base de la óptica geométrica. La ley nos dice: que el cociente de los senos de los ángulos de incidencia y de refracción, respectivamente, es igual a una constante característica del medio a la que llamamos índice de refracción (Malacara, 2002).
- ◆ René Descartes (1596-1650), realiza en 1637 la Ley de refracción, deduciéndola de analogías mecánicas. Sus estudios sobre óptica culminaron con el descubrimiento de la ley fundamental de la reflexión: el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. La publicación de su citado ensayo sobre óptica supuso la primera exposición de este principio. Además, el hecho de que Descartes tratara la luz como un tipo de fuerza en un medio sólido preparó el terreno para la teoría ondulatoria de la luz (Encarta, 2006). Descartes aplicó todos sus conocimientos de la óptica geométrica a los problemas de la visión. Dos son las obras de Descartes que conciernen a la óptica y sus aplicaciones en fisiología: *Dióptrica* y *De Hómine*. Entre los temas que trata podemos encontrar: la luz y la refracción del ojo, los sentidos en general, las imágenes que se forman en el fondo del ojo, la visión, de los medios para perfeccionar la visión, las figuras que deben tener los cuerpos transparentes para desviar los rayos por refracción, todas las maneras que sirven a la vista, de los anteojos, de la manera de tallar los vidrios. Descartes dio a conocer las leyes de la refracción después que Snell; pero está comprobado que el estudio fue totalmente independiente al Holandés. El dedicó cuatro capítulos de su obra al estudio anatómico fisiológico del ojo para dar a entender como causan la sensación visual los rayos que entran al ojo; considera el ojo desde el punto de vista óptico pero también estudia el nacimiento de la sensación visual a nivel cerebral, además piensa que es necesario conocer la anatomía de los nervios ópticos para explicar el mecanismo

de la sensación visual. Basado en unas experiencias demuestra la necesidad de una acomodación en la visión de los objetos. Para Descartes la perfección de la imagen depende de factores como: un diámetro conveniente de la pupila que controla la cantidad de luz que entra al ojo y de la existencia de un pigmento negro absorbente de los rayos luminosos que podrían dañar la nitidez o la imagen; decía que la imagen retiniana tenía defectos y que el tamaño de la imagen varía según la distancia del objeto al ojo. Realizó importantes estudios sobre la visión binocular.

- ◆ Las gafas, en el siglo XVI, aparecen ya con puente y algunas son articuladas, con bisagras, utilizándose como material el hilo de hierro, latón y la concha. Se introduce la utilización de un cordón para sujetarlas a la cabeza y las primeras varillas.
- ◆ Bonaventura Cavalieri (1598-1647) unos años más tarde y ya en posesión de las leyes de la refracción, facilitó una fórmula que pone en relación la longitud focal de una lente con el radio de la curvatura de sus caras. La fórmula era válida para lentes con caras de diferentes curvaturas.
- ◆ Pierre Fermat (1601-1665) Establece el principio de Fermat, que establece que la luz al ir de un lugar a otro pasando por uno o varios medios sigue la trayectoria del mínimo tiempo de recorrido.
- ◆ Francesco Grimaldi (1618-1663) físico y astrónomo descubría un importante fenómeno óptico llamado por él mismo difracción de la luz. Este fenómeno se presenta siempre que de la luz emitida por una fuente se separa una fracción interponiendo un cuerpo opaco y esto es lo que da origen a su nombre: división en fracciones.
- ◆ Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723), fabricante holandés de microscopios. Construyó como entretenimiento diminutas lentes biconvexas montadas sobre platinas de latón, que se sostenían muy cerca del ojo. A través de ellos podía observar objetos, que montaba sobre la cabeza de un alfiler, ampliándolos hasta trescientas veces. De los 419 microscopios fabricados por Leeuwenhoek que se conocen, algunos tienen una amplificación mayor de 250x. A estos instrumentos se deben las primeras observaciones de bacterias, glóbulos rojos, huevecillos de insectos y muchos otros seres microscópicos.
- ◆ Edmund Halley (1656-1742) formula la ecuación moderna que toma en consideración el espesor de la lente.
- ◆ Rowan Hamilton (1805-1865) demostró que la óptica geométrica es sólo un caso particular de la óptica de ondas.
- ◆ Karl Friedrich Gauss (1777-1855) llevó a cabo investigaciones en el campo de la óptica, especialmente en los sistemas de lentes.
- ◆ Los primeros estatutos sobre la profesión de óptica, en Francia aparecen en el reinado de Enrique III (1581). A los ópticos se les menciona como «Miroitier», Lunetier, Bimblotier».
- ◆ Juan bautista de la Porta (1535-1615). Escribió su obra en 20 tomos. Su obra titulada «Magia Naturalis» en donde en su segunda edición (1589), menciona las ventajas obtenidas al poner una lente positiva, adecuada, en lugar del « agujero » en la «cámara oscura». estudió la

formación de la imagen en los espejos planos y esféricos. De la Porta a sus 58 años, habla de los anteojos a través de una de sus obras titulada «De Refractione» (1593) dedicada por completo a la teoría de los lentes. Por primera vez se construye la teoría de la lente y su forma de operar. En uno de los capítulos trata de los colores «Lucem Coloris Expertemesse» y curiosamente supone que la luz esta exenta de ellos.

- ◆ Fang-i-Shih 8 (1611-1671) contemporáneo en China de Newton y Galileo, estudian las leyes de la reflexión y de la refracción, su obra más importante fue «breve recopilación del principio de las cosas» (1664).
- ◆ Christian Huygens (1629-1677) con el óptico Benedict (Baruch) de Espinoza (1632-1677) idearon un mejor método de pulimentar los lentes (Rueda, 2006).
- ◆ Christian Huygens establece la teoría ondulatoria de la luz y se le atribuye el descubrimiento del fenómeno de la polarización de la Luz (Gil del Rio, 1966). El principio de Huygens, que establece que todo punto de un frente de ondas que avanza, actúa como una fuente de nuevas ondas.
- ◆ Robert Hooke (1635-1703), observaciones sobre difracción e interferencia. Dio un importante paso adelante al aplicar la teoría de las lentes al mejoramiento del microscopio compuesto.
- ◆ De la Hire (1640-1718) construyó lo que podría llamarse un optómetro simple de acuerdo al principio de Scheiner y que consistía en una cartulina perforada con dos agujeros que se situaban a tres pies del objeto. En caso de verlo doble, se diagnosticaba alguna ametropía a

la que se le iban agregando lentes hasta verlo de nuevo simple (Scheiner, 1619).

- ◆ Isaac Newton (1642-1721) emitió la teoría corpuscular o de la emisión. Las fuentes luminosas emiten corpúsculos muy livianos que se desplazan a gran velocidad y en línea recta. Podemos fijar ya la idea de que esta teoría además de concebir la propagación de la luz por medio de corpúsculos, también sienta el principio de que los rayos se desplazan en forma rectilínea. Como toda teoría física es válida en tanto y en cuanto pueda explicar los fenómenos conocidos hasta el momento, en forma satisfactoria. Newton explicó que la variación de intensidad de la fuente luminosa es proporcional a la cantidad de corpúsculos que emite en determinado tiempo.
- ◆ Introdujo el empleo de brea para el pulido de los lentes. Además de su trascendental contribución a la dinámica, Newton hizo una serie de estudios importantes en óptica. En 1660, a los 18 años de edad, ya había fabricado un telescopio pequeño y poco potente, pero con una innovación: usó espejos en vez de lentes, para evitar la aberración cromática que da lugar a imágenes con franjas de colores alrededor de los objetos. Los telescopios reflectores se convirtieron rápidamente en importantísimo instrumento de la astronomía. Pero a Newton, más que usar el instrumento, lo que le interesaba era estudiar esas franjas de colores, entender su origen y, de ser posible, aprender a eliminarlas para mejorar la calidad de las imágenes. Esto lo motivo a emprender una serie de estudios con prismas y luz blanca. Así obtuvo el espectro de los colores. Observó que el prisma no modifica la luz sino que sólo la separa físicamente, y concluyó que cada uno de los colores se distingue por su refracción. En el libro

Optics, escrito años más tarde, Newton informa de sus experimentos con prismas, así como otras observaciones que se refieren a la transversalidad de los rayos luminosos. Concluyó, que la aberración cromática no puede ser eliminada de las lentes, ni siquiera usando una combinación de ellas.

- ◆ Se logra una combinación acromática de lentes en la práctica en 1758, y significo un enorme paso adelante para la astronomía y la microscopia.
- ◆ Leonhard Euler (1707-1783), personaje destacado en la generación siguiente a Newton, en 1744 resolvió la fórmula empleada actualmente para trasponer el poder del cilindro de acuerdo con los ángulos que forman sus ejes, deduciendo que cilindros iguales con sus eje perpendiculares son ópticamente equivalentes a una lente esférica del mismo poder (Belmonte, 2005).
- ◆ Abraham Gotthelf Kästner (1719-1800) en sus anotaciones, denomina a los individuos largos de vista «hiperprébitas», atribuyéndosele haber deducido matemáticamente el principio de la hipermetropía.
- ◆ William Porterfield (1759) utilizando franjas en lugar de orificios, estimaba la amplitud de acomodación.
- ◆ Benito Daza De Valdés no fue un científico, como lo prueba el desconocimiento completo de los trabajos realizados por los sabios de su época y de un siglo antes, ya que en 1623 todavía cree que el acto visual tiene lugar en el cristalino, así como a las lentes de caras paralelas les encuentra extrañas aplicaciones ópticas. Publicó un libro titulado el uso de los anteojos que

fue impreso en Sevilla en el año 1623 por primera vez. Resulta curioso que un notario de la inquisición sin título científico escribiera un libro que trata de las lentes correctoras en lenguaje popular. La obra está dividida en tres libros: el primero trata de la naturaleza y las propiedades del ojo, y está dividido en 11 capítulos que son: I- De la fabrica y admirables grandezas de la visión. II- De las propiedades y condiciones particulares de los ojos. III- De las vistas imperfectas mas generales que hay. IV- De la diferencia que hay de vista que pueden ver con anteojos perfectamente V-. De la vista cansada o flaca que es la de los viejos. VI- De la vista corta por naturaleza. VII, VIII y IX-. Que trata de la vista inhabituada, de la desigual y de la encontrada. X y XI-. Por qué los cortos de vista ven cerca y no de lejos, y por que los viejos ven lejos y no de cerca. El libro segundo trata de los remedios de la vista por medio de los anteojos, y consta de un prologo y 10 capítulos entre los que podemos mencionar: de la materia de que hacen los anteojos, De la diferencia que hay de anteojos, Por qué agrandan los anteojos convexos y por qué achican los cóncavos, cómo los convexos congregan los rayos visuales y los cóncavos los apartan, los grados que dan los anteojos y cómo son, del tamaño y grandeza que han de tener los anteojos, para saber pedir anteojos los cortos de vista natural y los de vista cansada. El libro tercero trata de los «diálogos» y de los casos mas frecuentes que se pueden presentar para determinar el número de las lentes en la práctica diaria (Granjel, 1979).

- ◆ El padre Querubin de Orleans (1613- 1697) publicó dos obras, en 1677 y 1681 respectivamente, descubriendo el antejo binocular de larga vista, que denominó «Binocl».

- ◆ Francesco Redi (1741) documento sobre la invención de los anteojos (Biblioteca de Historia de la Farmacia).
- ◆ Fisher (1754-1831) profesor de matemáticas y física en el Instituto de Berlín, señaló aparentemente el fenómeno del astigmatismo hacia 1805 e incluso su biógrafo Friederich Klemm sostiene que antes de esa fecha, hacia 1783. Demostraba la anomalía a sus estudiantes usando dos series de líneas paralelas cruzadas en ángulo recto. En su escrito, incluido en la tesis posterior de su discípulo Gerson, queda implícito su conocimiento y apreciación del concepto de líneas focales. Del mismo modo cabe atribuirle el primer testimonio en el que se designa a la córnea como la causante principal del astigmatismo. Años más tarde, en 1818, establece la hipótesis de que la curvatura corneal se asemeja a la de un elipsoide (superficie de revolución que se forma cuando una elipse rota alrededor de su eje corto) y que en algunos ojos esta aberración es tan evidente que puede ser demostrada tan sólo midiendo y comparando con un calibre los meridianos horizontal y vertical (www.oftalmo.com).
- ◆ William Jones (1760-1831) en 1806 inventa el prisma que lleva su nombre empleado posteriormente por Javal y Schiötz en su oftalmómetro. Se trata un divisor de rayos polarizados fabricado en calcita o cuarzo consistente en dos prismas triangulares cementados con glicerina o aceite de castor con ejes ópticos perpendiculares. Los rayos divergen desde el prisma originando dos rayos polarizados. El ángulo de divergencia está determinado por la cuña angular de los prismas (entre 15° y 45°). En 1807 emplea una lente periscópica y un prisma para diseñar su «Camera Lucida» como una ayuda para el dibujo. En 1812 inventa una lente consistente en dos cristales plano convexo separado por un tope que le permitiría una mayor apertura. Posteriormente mejora el diseño con un nuevo doblete de lentes plano convexas de diferente longitud focal separado por un tope, con la intención de reducir las aberraciones y mejorar la resolución.
- ◆ Thomas Young (1773 -1829), es conocido por sus aportes en el campo de la óptica. Descubrió el fenómeno de la interferencia, que contribuyó a establecer la naturaleza ondulatoria de la luz. Fue el primero en describir y en medir el astigmatismo y en desarrollar una explicación fisiológica de la sensación del color, (Encarta,2006). Ideo un aparato para medir el astigmatismo que fue construido por William Cary (1759-1825) (Royal Institution of Londres).
- ◆ Augustin Fresnel (1768-1827), Fue el primero que demostró que dos rayos de luz polarizada en diferentes planos no muestran efectos de interferencia. A partir de este experimento dedujo correctamente que el movimiento ondulatorio de la luz no era longitudinal como se había considerado hasta entonces, si no transversal. Calculó también varias fórmulas ópticas básicas, incluyendo las de la reflexión, refracción, doble refracción y polarización de la luz cuando se refleja desde una sustancia transparente. Su trabajo sobre los efectos ópticos causados por el movimiento de los objetos fue importante en el posterior desarrollo de la teoría de la relatividad. En el campo de la óptica aplicada, diseñó un tipo de lente compuesta (lente de Fresnel) que se utiliza en señales marítimas, semáforos, en óptica de precisión, en un tipo de proyector que se usa con frecuencia en las iluminaciones teatrales e incluso en óptica de anteojos.

- ◆ John Isaac Hawkins (1772-1855) señala la córnea como causante del astigmatismo y fue el inventor de los trifocales.
- ◆ William Hyde Wollaston (1766-1828) entre sus hallazgos en el campo de la óptica, en 1802, desarrolla el refractómetro para determinar índices de refracción con ayuda de la reflexión total, que perfecciona en 1809 con el goniómetro de reflexión para la medida de superficies reflectantes y de ángulos sobre los cristales. En 1804 patenta una lente «periscópica» con el propósito de permitir no sólo una visión en su porción central sino también en la periferia al eliminar el astigmatismo por incidencia oblicua, realizando el primer intento serio de mejorar el diseño de las lentes de las gafas (www.oftalmo.com).
- ◆ David Brewster (1781-1868) en 1818, describe los efectos ópticos subjetivos del astigmatismo aunque, aparentemente, sin comprender con precisión la naturaleza de estos fenómenos. En efecto, la causa de la imperfección visual no la atribuye directamente a la córnea sino a la secreción lagrimal que la lubrica debido a varias causas: (a) estar en un estado de descenso por su propia gravedad, (b) la alteración del fluido durante el parpadeo y (c) su atracción por capilaridad hacia el *fornix* inferior que constituye su reservorio horizontal. Conjetura que el movimiento descendente del líquido lagrimal cruza y desenfoca las líneas horizontales, mientras que, al coincidir con las líneas verticales, afecta poco su enfoque. Años más tarde, en 1837, sin duda ya al corriente de otros escritos, acepta el posible papel de la córnea o del cristalino en la producción del astigmatismo, sugiriendo para diferenciarlo examinar la imagen reflejada de una bujía sobre aquella que permite fácilmente apreciar si es circular u ovalada. En el primer caso la estructura afectada sería el cristalino. Esta sugerencia de observar el reflejo corneal permaneció olvidada hasta los trabajos posteriores de Airy, en 1846, en los que se vuelve a discutir la técnica de reflexión corneal, que condujo a la invención del queratoscopio manual. En 1830 editó la «Edinburgh» enciclopedia de 18 volúmenes donde dedica cientos de páginas a la óptica (www.oftalmo.com).
- ◆ Johannes Evangelista Purkinje (1787-1869), en 1819 en su publicación «Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne», introduce las dos figuras que se emplean todavía para la determinación subjetiva del astigmatismo: los círculos concéntricos y la estrella. En 1823, en su trabajo «De examine physiologica organi visus et sistemat. cutanei», describe las imágenes catóptricas producidas por la reflexión de la luz de una vela sobre la cara anterior y posterior de la córnea y del cristalino. Sugiere que la curvatura de la córnea podría medirse mediante un microscopio provisto de un micrómetro con un método comparativo consistente en calcular el tamaño de la imagen reflejada, utilizando como referencia las medidas obtenidas experimentalmente sobre secciones de esfera de vidrio. Refiere que puede alterar la visión presionando la córnea para modificar su curvatura, con la acomodación relajada ver nítidamente las líneas horizontales y, con la máxima acomodación, las verticales.
- ◆ Gerson Hartog (1788-1843) sus escritos son raramente mencionados en la literatura por su difícil acceso al texto original. dirigió su interés inicial hacia los problemas de la visión durante su estancia en Berlín en 1805 con Fisher. En 1810 recibió su graduación médica

en Göttingen tratando su tesis inaugural sobre la anatomía de la córnea que publicó con el título «De forma corneae oculi humani deque singulari visus phaenomeno». En ella se incluye una carta de su maestro en la que literalmente le indica «... puedo ver y contar un haz de finas líneas horizontales a la distancia de 15-18 pulgadas y las líneas verticales sólo a 6-8 pulgadas. La sección horizontal de mi córnea forma un arco más plano que la vertical por lo que los rayos incidentes en el meridiano vertical de mi córnea tienen su punto focal sobre mi retina y los rayos incidentes sobre el horizontal tienen su punto focal detrás de mi retina. Estando erecto la imagen será una línea horizontal que se vera nítida pero alongada, la línea vertical será más gruesa debido a que la imagen consiste en una serie de líneas superpuestas». Por su parte Gerson realizó medidas corneales sobre ojos procedentes de autopsia, encontrando por vez primera que en la córnea elíptica el radio vertical es menor que el horizontal. Ya en 1808, empleó como un precursor test de detección del astigmatismo una tarjeta rectangular y series de líneas horizontales y verticales (www.oftalmo.com).

- ◆ Louis Joseph Sansón (1790-1841) supuestamente de forma independiente a Purkinje, describe de nuevo dichas imágenes en sus «Leçons sur les maladies des yeux» y las emplea por vez primera con fines diagnósticos. Pese a que durante algunos años sucesivos existe controversia sobre la paternidad del hallazgo finalmente se acepta su prioridad decidiéndose identificarlas con el nombre de ambos; imágenes de Purkinje-Sanson (www.oftalmo.com).
- ◆ John Frederick William Herschel (1792-1871), en un artículo para la «Encyclopaedia Metropolitana», propone varios métodos, sin llegar a

aplicarlos, para corregir el astigmatismo irregular, entre otros adaptar una lente al ojo con su cara interna reproduciendo la superficie corneal irregular (*intaglio facsimile*), a partir de un molde de la misma, manteniendo la cara externa esférica o, alternativamente, rellenar el espacio entre la cara interna esférica y la córnea con un gel transparente, realizando pues la primera y adelantada detallada descripción imaginaria de una lente de contacto.

- ◆ William Whewell (1794-1866) sugirió a Airy, en 1849, el término «astigmatismo» (del griego *a* = sin y *stigma* = punto) (www.oftalmo.com).
- ◆ Carl Friedrich Theodore Krause (1797- 1868), edita su «Handbuch der menschlichen Anatomie» en el que se determinan las dimensiones exactas en forma y tamaño del ojo humano, incluyendo también el grosor de la córnea y cristalino y su poder refractivo, medidas que posteriormente, en 1867, empleó von Helmholtz como base en sus trabajos.
- ◆ Henry Coddington (1799 -1845) fue el inventor del microscopio manual, publica su libro «A Treatise on the Reflexion and Refraction of light», que contiene las primeras ecuaciones matemáticas aplicadas al astigmatismo.
- ◆ George Biddell Airy (1801-1892), Sentó las bases teóricas del astigmatismo y las aplicaciones prácticas de una lente cilíndrica para su corrección.
- ◆ Jaques Charles Francois Sturm (1803-1855), en 1845, presenta su *Memoire sur la théorie de la vision* en el que plantea una peculiar hipótesis con la que pretende demostrar la posibilidad de ver a diferentes distancias sin acomodación. Establece determinados aspectos teóricos de la

refracción a través de superficies asimétricas pero, sobre todo, describe una figura geométrica, el conoide, que lleva su nombre y que representa el particular trayecto de los rayos refractados a través de una lente tórica (www.oftalmo.com).

- ◆ Benedict Listing (1808-1882) calculó y esquematizó el ojo (Tratado de Fisiología Óptica, Helmholtz, 1856).
- ◆ Marc-Antoine-Louis-Felix Giraud-Teulon (1816-1887) escribe en 1861 su libro sobre anomalías de la refracción *Physiologie et Pathologie fonctionelle de la vision binoculaire*. Un año después, simultáneamente a Snellen, presenta unos optotipos análogos, constituidos por letras que forman una palabra completa sin tener, no obstante, el reconocimiento internacional. En 1865, destaca las ventajas de considerar las medidas ópticas en términos de potencia.
- ◆ George Gabriel Stokes (1819-1903) fabrica la «lente de Stokes», como fuera posteriormente bautizada por Donders, era un cilindro variable consistente en la combinación de dos cristales plano-cilíndricos positivos y negativos de igual potencia, dispuestos para poder rotar en iguales y opuestas direcciones. La potencia sería igual a cero cuando los ejes fueran paralelos, al neutralizarse recíprocamente o a la suma algebraica de la correspondiente a cada uno de los dos plano-cilindros si los ejes se cruzaran perpendicularmente entre sí (Belmonte, 2005).
- ◆ Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894), científico, cuyos aportes a la fisiología y la óptica, fueron definitivas para la Optometría. Estudió el ojo y desarrolla por el año de 1867 la teoría del color, vigente hoy en día construyó su teoría sobre la visión cromática a base de tres colores primarios. El resultado de sus investigaciones fue una obra en varios volúmenes, «Óptica Fisiológica», un libro que habla sobre la fisiología de la visión. Durante sus estudios, Helmholtz inventó el oftalmoscopio y estudió el astigmatismo paralelamente con Sturm (1803 - 1855) y con el astrónomo Airy, al cual corrigió de astigmatismo con lentes cilíndricas. Fue el que inició las técnicas oftalmométricas y a él se debe el primer diseño de un oftalmómetro.
- ◆ En 1824, un artesano constructor de instrumentos llamado Fuller, construye una lente esfero-cilíndrica que es usada por Airy mejorándole la visión.
- ◆ Manuel Carmona y Valle (1832-1902), Estudió e investigó sobre la acomodación ocular (Encarta, 2006).
- ◆ John Green (1835-1913), publica un trabajo titulado «Detection and measurements of astigmatism», en el que incluye tres ilustraciones de sus personales discos de astigmatismo uno de los cuales está formado por un punto central y 60 líneas radiales. Los test de Green constituyen el modelo en el que se basan los modernos discos astigmáticos empleados en el presente (www.oftalmo.com).
- ◆ 1846, el óptico Simas, fabricó lentes esfero-cilíndricas de forma regular para gafas con diferentes potencias. Esos primeros cristales se cortaban de forma redonda para insertarlos en monturas circulares de tal forma que permitieran su rotación hasta encontrar el eje apropiado.
- ◆ John Kerr Cuando se somete un líquido a un campo magnético fuerte, puede presentar doble refracción. Este fenómeno se conoce como efecto Kerr.

- ◆ El primer vidrio óptico se debe a Guinand y vio la luz en Suiza parece ser que posteriormente se asoció con Thibardean y que esta unión fue el origen de la firma francesa «Parra-Mantois».
- ◆ En 1818 aparecen en Francia los primeros vidrios ópticos.
- ◆ Frans Cornelis Donders (1818-1889) Publico las anomalías frecuentes de la acomodación y de la refracción del ojo en 1864; en donde analiza los defectos de refracción, sus signos, síntomas y diferencia la hipermetropía de la presbicia. Comprendió la relación existente entre la acomodación y la convergencia. (Belmonte, 2005).
- ◆ Adolf Eugen Fick (1829-1901), tras experimentar en ojos de conejo y de cadáver, toma moldes del ojo humano y produce lentes de contacto escleral que podían ser usadas y toleradas, recomendándolas para la corrección del astigmatismo irregular.
- ◆ Herman Snellen (1834-1908), propone en su famosa publicación «Optotypi ad visum determinandum», la más universal y conocida pantalla de optotipos, a la que incorpora el disco radial para la detección del astigmatismo y que se mantiene todavía vigente. Aporta la definición y concepto de astigmatismo «según la regla» y «en contra de la regla» y propone su tratamiento quirúrgico.
- ◆ En 1848 se fabrican los primeros discos de Flint y Crown con un peso récord de 100 kilos.
- ◆ Ferdinand Monoyer (1836-1912) en 1872 introduce el término Dioptría. como unidad de potencia de la lente, expresada como la inversa de su distancia focal en metros, que con el apoyo de Donders es universalmente adoptado en el área de la óptica fisiológica a partir del Congreso de Internacional de Oftalmología de Heidelberg de 1875. En 1874 propone además una nueva escala optométrica decimal en la que la agudeza visual normal se considera como la unidad y las inferiores decrecen en progresión aritmética. (Belmonte, 2005).
- ◆ Marius Hans Erik Tscherning (1854-1939) perfecciono los trabajos de Donders. En 1898, publica en Paris su monografía «Optique Physiologique». Sus estudios sobre movimientos oculares, la acomodación, la visión cromática, el estudio de las imágenes catóptricas mediante su «oftalmofacómetro», las aberraciones ópticas y la construcción de instrumentos de exploración son trascendentales. En 1908, perfecciona la lente periscópica «ortoscopica» que permite abolir casi enteramente el astigmatismo de incidencia oblicua evitando la distorsión periférica de la visión.
- ◆ A finales de este siglo, las monturas de gafas se afinan, disminuyendo el tamaño de las lentes y entra en uso el «monóculo» sujeto por el pliegue del párpado y pómulo.
- ◆ En 1839 aparece el celebre «Pince - Nez» Pinza de nariz.
- ◆ Las gafas con un mango, que se emplean a veces para leer, se denominan impertinentes o monóculos con mango.
- ◆ Allvar Gullstrand (1862-1930), aplicando métodos matemáticos para el estudio de las imágenes ópticas y la refracción ocular, establece en su tesis «Bidrag till astigmatismens teori» (Contribución a la teoría del astigmatismo) los

principios básicos del astigmatismo, que ratifica en sus siguientes trabajos entre 1900 y 1911, recibiendo por ello ese año el Premio Nóbel de Medicina. Estudia y desarrolla lentes esféricas con el fin de corregir el astigmatismo por incidencia oblicua. Contribuye notablemente al conocimiento de la estructura y función de la córnea determinando, según su modelo de ojo, que su potencia total es de 43 D, resultado de la suma del poder de la superficie anterior (49 D) y la posterior (-6 D). Establece además su teoría de la acomodación intracapsular complementaria a la de Von Helmholtz, perfeccionando el oftalmoscopio y diseñando la lámpara de hendidura.

BIBLIOGRAFÍA

- Belmonte, J. *Revista de microcirugía Ocular* 2, 2005
- Calvo, M. *Óptica Avanzada*. España: Ariel, 2005.
- Enciclopedia Encarta. Microsoft Corporation, 2006.
- Gil del Río, E. *Óptica Fisiológica Clínica*. Barcelona: Toray, 1966.
- Granjel, L. *Historia General de la Medicina Española*. Universidad de Salamanca. Salamanca: 1979.
- Gregg, J. *History of Optometry* 1968. Butterworths. 1968.
- <<http://www.oftalmo.com>> [10/2007].
- Helmholtz, H. *Optique Physiologique*. 1867.
- Hull, L. *Historia y Filosofía de la Ciencia*. Barcelona: Ariel, 1961.
- Le Grand, Y. *Optique Physiologique*. Revue D'Optique. Paris, 1965.
- Lindberg, D. *Theories of Vision From Al-Kindi to Kepler*. The University of Chicago Press, 1976.
- Malacara, D. «Óptica tradicional y moderna». *México La Ciencia para todos* 84. (2002).
- Meyerhof, M. *Le Guide D'Oculistique*. Barcelona: Cusí, 1933.
- Rosen, E. *Carlo Dati on the invention of Eyeglasses*. Isis, 1953.
- Rueda, Ana. *Contribución al estudio de la historia de la Optometría en España*. España: Universidad Complutense de Madrid, 2006.
- Vázquez de Benito, M. *Averroes: Comentarios a Galeno*. Traducción Colegio Universitario. Zamora, 1987.