UNA MIRADA MÁS ALLÁ

Posted on 1 junio, 2015 by Rocío Jáuregui



Nuestros ojos son detectores invaluables que nos abren una ventana al universo. Al visualizar lo que nos rodea creamos una percepción acerca de nuestro entorno que, unida a información complementaria, nos lleva a emitir conclusiones sobre lo observado...

Categories: Año internacional de la luz, Ciencia

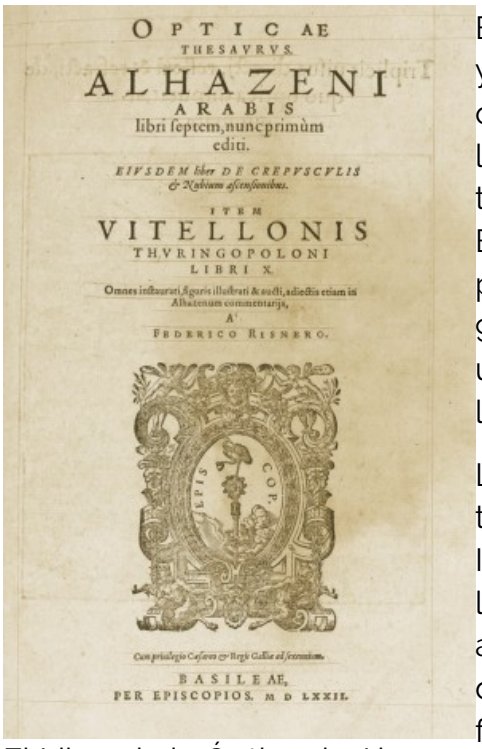
Tags: Ciencias Exactas, Física

Nuestros ojos son detectores invaluables que nos abren una ventana al universo. Al visualizar lo que nos rodea creamos una percepción acerca de nuestro entorno que, unida a información complementaria, nos lleva a emitir conclusiones sobre lo observado.

La distinción entre las propiedades del objeto que observamos y las conclusiones a las que llegamos por el mecanismo de observación, así como el reconocimiento de que aquello que percibimos puede ser modificado por este mecanismo, son conceptos que han sido discutidos y

madurados a lo largo de la historia en general y, en particular, en relación con las propiedades de la luz y nuestra interacción con ella. En adelante, haremos una breve narración de la evolución de las teorías acerca de la fisiología ocular y, después de mencionar propiedades generales, describiremos estudios acerca de la percepción humana de algunas propiedades de la luz.

¿Cómo funcionan nuestros ojos? y –tal vez más importante– ¿Qué papel juegan en nuestra percepción del mundo exterior? Estas preguntas han sido objeto de análisis por mentes brillantes a lo largo de muchísimos años. La idea de una participación activa del ojo en el proceso de visualización ha sido objeto de discusión. En el siglo IV a.c., Platón propuso que la luz emanaba de los ojos, atrapando los objetos con sus rayos. Metafóricamente hablando, Teofrasto, discípulo de Aristóteles, consideró que el ojo tenía "el fuego en su interior." Al decir esto, se apartó de las ideas de su maestro, ya que Aristóteles fue uno de los primeros en rechazar la teoría de emisión de la visión. "En general, no es razonable suponer que el ver se produce por algo que sale del ojo", declaró. Aristóteles abogaba por una teoría de la intromisión en la que el ojo recibe los rayos en lugar de dirigirlos hacia el exterior. En el siglo II d. c., Galeno formuló opiniones mixtas al respecto. La teoría de emisión estaba en correspondencia con su imagen de la vista como una función de un *pneuma* –respiro– óptico que fluye desde el cerebro a los ojos a través de nervios ópticos que imaginó huecos. Simultáneamente Galeno dio importancia al cristalino, que describió como una lente redonda en el centro del ojo que, concluyó, era "el principal instrumento de la visión, hecho claramente demostrado por lo que los médicos llaman cataratas, que se encuentran entre el humor cristalino y la córnea e interfieren con la visión."


OPTICAE
THESAVRVS.
ALHAZENI
ARABIS
libri septem, nunc primùm
editi.
EIVSDEM liber DE CREPVSCVLIS
& Nubium ascensionibus.
ITEM
VITELLONIS
THVRINGOPOLONI
LIBRI X.
Omnes instaurati, figuris illustrati & aucti, adiectis etiam iis
Alhazenum commentarijs,
A'
FEDERICO RISNERO.
Cum priuilegio Cæsareæ & Regiæ Galliæ ad triennium.
BASILEAE,
PER EPISCOPIOS. M D LXXII.

El Libro de la Óptica de Al-

En la medicina y la filosofía islámicas medievales, entre los siglos IX y XIV, se escribieron decenas de tratados especializados en oftalmología. Influenciados por las lecturas de Galeno, la mayoría de los eruditos islámicos en el siglo IX se pronunciaron a favor de la teoría de la emisión ocular. A principios del siglo X, el médico de Bagdad al-Razi (Rhazes) observó la contracción y dilatación de la pupila; un siglo después, al-Haytham (Al-Hasan, quien nació en el 965 a.c.) señaló en su libro de *Óptica* que el ojo puede ser herido por una luz intensa. Ambos estudiosos concluyeron que la luz afecta a los ojos y no al revés.

Los logros científicos de Al-Hasan en el campo de la óptica fueron tan importantes que sirvieron de marco a la celebración del Año Internacional de la Luz en 2015. En la discusión de la naturaleza de la visión, al principio de su *Óptica*, Al-Hasan argumenta que la luz afecta físicamente al ojo, citando el dolor experimentado por mirar directamente al Sol y la imagen residual que se presenta al mirar al fuego y luego mirar en dirección a un lugar débilmente iluminado. A

Hazen

partir de estos hechos, Al-Hasan argumentó que la suposición de la emisión de rayos visuales, utilizada entonces por los ópticos matemáticos, aunque conveniente para un análisis geométrico, debía estar equivocada físicamente. En contraposición, los rayos de luz debían proceder del objeto visible para el ojo y siempre ir acompañados del color. Al-Hasan fue contemporáneo de Avicena, quien ofreció una crítica más sistemática de la cuenta galénica del ojo: "el ojo es como un espejo, y el objeto visible es similar a aquello que es reflejado por el espejo".

Los estudiosos occidentales de la época medieval se vieron beneficiados de la literatura islámica que fue traducida del árabe al latín, y, en general, fue impulsada por Avicena en los planes de estudio de medicina medieval.

En 1604, Kepler, un asiduo lector de Al-Hasan, planteó la primera teoría de la imagen retiniana: "la visión se produce a través de una imagen de las cosas visibles en la superficie blanca, cóncava de la retina". Esta imagen de la vista llevó a Descartes a sugerir nuevas teorías con un mayor énfasis en la fusión de la anatomía y la geometría. Se fue consolidando entonces la idea de que el ojo, vía la visualización, nos comunica con el mundo externo, detectando, más no generando, la luz que penetra en él.



Sir Frederick William Herschel (1738-1822)

Muchos conceptos físicos se desarrollaron con base en nuestra percepción ocular. Entre ellos están el de la intensidad y dirección de propagación de la luz. En el siglo XVII, independientemente de la funcionalidad del ojo, se conocía que la luz puede ser reflejada, refractada, absorbida, o transmitida al interactuar con la materia. También se sabía de efectos térmicos sobre la materia resultado de la absorción lumínica. Sin embargo, antes de Isaac Newton, se creía que la luz blanca era incolora, y

que los prismas generaban el color que podía observarse al paso de luz a través de ellos. Los experimentos de Newton demostraron que todos los colores pueden presentarse en la luz de una manera heterogénea; el color se reconoció como una propiedad "original y congénita" de la luz. Para Newton, la luz estaba constituida por corpúsculos –partículas de luz– que en un prisma se desplegaban porque las partículas con diferentes colores viajaban con diferentes velocidades a través de él. En 1800, Herschel descubrió la existencia de luz invisible a nuestros ojos: la radiación infrarroja. Al paso de la luz proveniente del sol a través de un prisma detectó efectos térmicos aún más allá del extremo rojo del espectro visible. Posteriormente, Young y Fresnel combinaron la teoría corpuscular de Newton con la teoría ondulatoria de Huygens para mostrar que el color era manifestación visible de la longitud de onda de la luz. Con la publicación de una teoría dinámica del campo electromagnético en 1865, J. C. Maxwell demostró que los campos eléctricos y magnéticos viajan a través del espacio en forma de ondas que se mueven a la velocidad de la luz. Maxwell propuso que toda luz es una onda electromagnética. No se conocen limitaciones teóricas o experimentales a la longitud de onda que pueden tener las ondas electromagnéticas, y la formulación maxwelliana constituye la teoría clásica de la luz.

Hoy en día al ojo se le considera un transductor que detecta y responde a la radiación electromagnética en las longitudes de onda del espectro visible y luego transforma esa energía electromagnética en una señal que el sistema nervioso puede percibir y transmitir. La detección y conversión de la luz en impulsos nerviosos químicamente mediados tiene lugar en los segmentos externos altamente especializados de los llamados conos y bastones. Una vez que la señal ha sido generada, la integración y transformación primaria tienen lugar en los elementos neuronales de las capas medias de la retina. La primera respuesta a la luz es, entonces, un fenómeno físico-químico, que en última instancia conduce a una alteración en la carga eléctrica superficial de la célula sensible a la luz. El mecanismo de detección y transducción es el mismo en los conos y bastones; en lo que difieren es en los rangos y las sensibilidades de los dos tipos de receptores a regiones espectrales específicas.

Nótese, sin embargo, que muy recientemente se han reportado evidencias de la existencia de otras células dentro del ojo que detectan la luz, pero no inducen la creación de imágenes. Estos detectores parecen establecer nuestros ritmos circadianos, podrían desencadenar migrañas, y estar correlacionados con la relación de nuestro estado de ánimo con la luminosidad. Es decir, estas células sensibles a la luz afectarían nuestro comportamiento ante la luz más que a nuestra visión.



La Teoría del color de Goethe, publicada en 1810

Tal formulación se acerca conceptualmente a estudios como los realizados por J. W. von Goethe en el siglo XIX. El poeta, influenciado por las tradiciones coloristas de la pintura renacentista, mostró gran interés en el color, tanto en el sentido de un fenómeno óptico natural, como respecto a la percepción humana de este fenómeno. La primera publicación de Goethe sobre el color está basada en una serie de experimentos en los que vislumbró varias imágenes pintadas en papel a través de un prisma. Newton, antes que Goethe, observó franjas de colores a lo largo de las fronteras. Goethe varió sistemáticamente las condiciones experimentales –la forma, tamaño, color, y la orientación de las imágenes vistas, el ángulo de refracción del prisma y la distancia del prisma de la figura– para determinar cómo influían en lo que veía. También examinó los efectos de la luz debidos a su paso por medios turbios y observó que la luz vista a través de ellos es percibida como de color amarillo, mientras que regiones oscuras en frontera con medios iluminados son percibidas como azules. *La Teoría del color* de Goethe fue publicada en 1810; ésta contiene descripciones detalladas de fenómenos como refracción y aberración cromática. Esta teoría ha tenido menor impacto en la comunidad de físicos que en comunidades de filósofos y artistas. Pintores reconocidos, como Runge, Turner y Kandinsky fueron fuertemente influenciados por ella.

En el siglo pasado, E. Land realizó experimentos durante varias décadas que le llevaron a concluir que la percepción humana del color no utiliza como única información la longitud de onda de la luz. Sus estudios muestran que la luminosidad es un estímulo fundamental para la percepción humana del color, y hacen evidente la importancia de las condiciones de frontera que permiten al ojo estimar la reflectividad diferencial de un objeto mediante la búsqueda de singularidades en la proporción de flujo de energía a partir de puntos estrechamente espaciados. Land, a semejanza de Goethe, enfatiza la relevancia de la luminosidad y las fronteras en la percepción humana del color.

Los físicos contemporáneos basamos nuestros estudios en las mediciones realizadas mediante dispositivos cuyos principios básicos creemos entender. Esto garantiza reproducibilidad y nos permite obtener conclusiones acerca de fenómenos físicos en condiciones controladas. Detectores tan complejos como el ojo, pueden dar resultados con diversas lecturas. La comprensión plena de la percepción humana de la luz tiene una belleza y complejidad que nos es imposible resumir en

una breve nota. Mientras que hemos tratado de describir el funcionamiento básico del ojo y hemos nombrado propiedades elementales de la luz, los hechos parecen apuntalar en una dirección en la que nuestra percepción de la luz tiene aspectos adicionales a la visualización de los objetos. Esto ejemplifica la riqueza conceptual de los fenómenos complejos respecto a la alcanzada al analizar los fenómenos físicos en condiciones altamente controladas. C^2

Bibliografía

- https://web.stanford.edu/class/history13/earlysciencelab/body/eyespages/eye.html

- N. Ribe, F. Steinle, *Exploratory Experimentation: Goethe, Land and Color Theory,* Physics Today, July 2002.

- The Physiology of Senses. The eye.www.tutis.ca/Senses/L1Eye/L1Eye.pdf

- M. S. Freedman, R. J. Lucas, B. Soni, M von Schantz, M Muñoz, Z. D. Gray, R. Foster, *Regulation of Mammalian Circadian behaviour by non-rod, non-cone, ocular photoreceptors*, Science 284, 502 (1999).