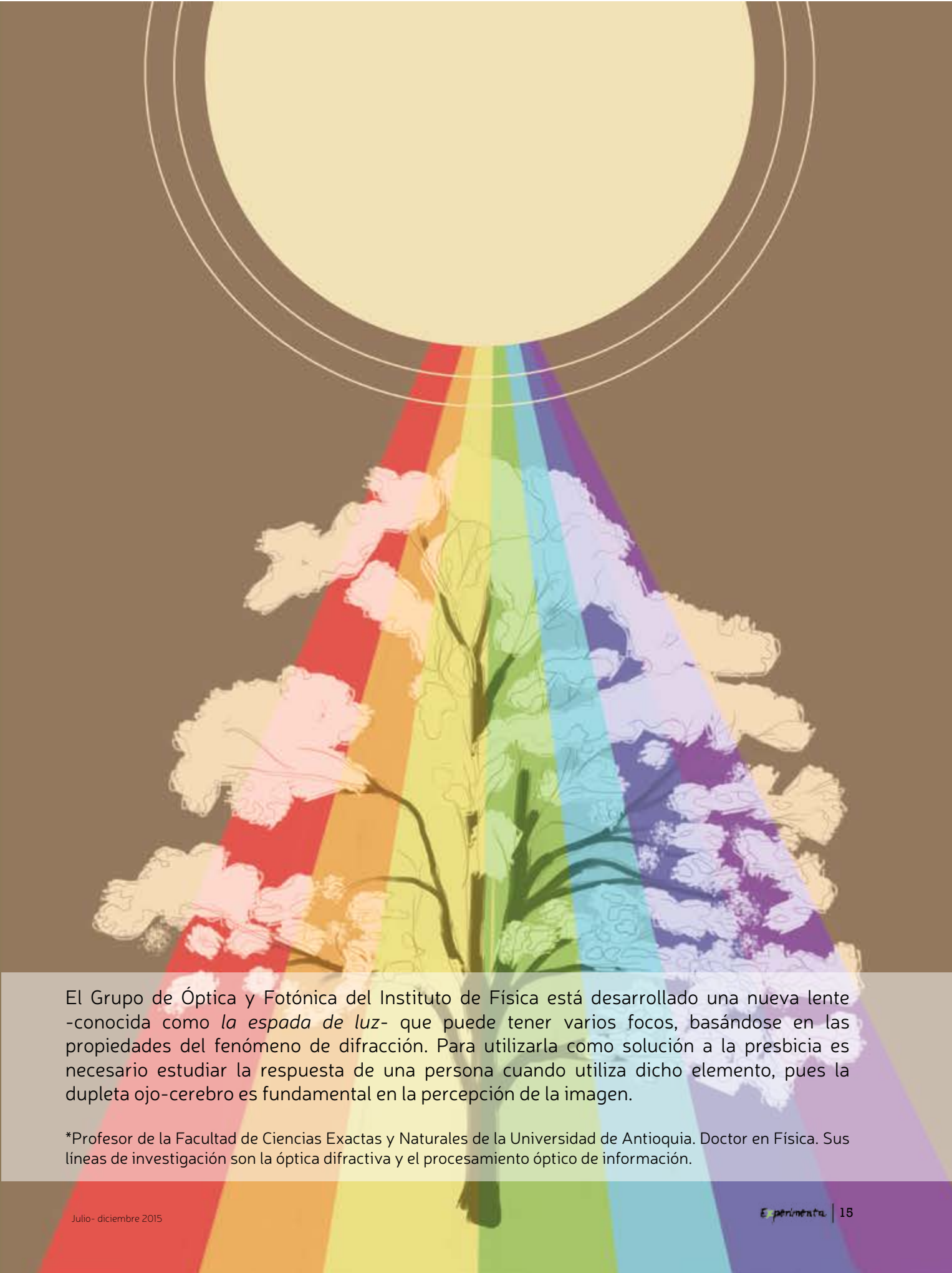


¿Y QUÉ ES LO QUE VEMOS?

Por: Rodrigo Henao Henao*



Ilustración: Laura Ospina Montoya



El Grupo de Óptica y Fotónica del Instituto de Física está desarrollando una nueva lente -conocida como *la espada de luz*- que puede tener varios focos, basándose en las propiedades del fenómeno de difracción. Para utilizarla como solución a la presbicia es necesario estudiar la respuesta de una persona cuando utiliza dicho elemento, pues la dupleta ojo-cerebro es fundamental en la percepción de la imagen.

*Profesor de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Antioquia. Doctor en Física. Sus líneas de investigación son la óptica difractiva y el procesamiento óptico de información.

Lo que llamamos luz, responsable de la mayor parte de información sensorial que utilizamos para relacionarnos con nuestro entorno, no es más que una pequeña porción de lo que conocemos como el espectro electromagnético. El espectro visible es entonces lo que nuestros ojos detectan. La percepción visual involucra diversas etapas con características diferentes: la formación óptica de la imagen de una escena sobre la retina, la detección a través de las células visuales y el posterior procesamiento por parte de la red neuronal y el cerebro. Por lo tanto, lo que se ve no es la escena directamente, sino un modelo de la escena generado por la imagen óptica, la detección y la interpretación del cerebro, con un resultado complejo que tiene cierta correlación con la realidad.

El color, que no es más que una apariencia subjetiva de la luz cuando es detectada por el ojo, nos sirve para entender el proceso visual. La percepción del color es el resultado de una combinación ojo-cerebro que sirve para discriminar entre luz de diferentes longitudes de onda o energía, que involucra no solamente factores fisiológicos sino también psicológicos. La sensación del color de un objeto puede ser cambiada por diversos factores, entre ellos la rugosidad de la superficie o textura. Por ejemplo, para dos objetos pintados con el mismo pigmento azul, uno en plástico y otro en tela, la sensación de color que nos dan son diferentes. Una persona promedio puede distinguir más de un millón de diferentes colores.

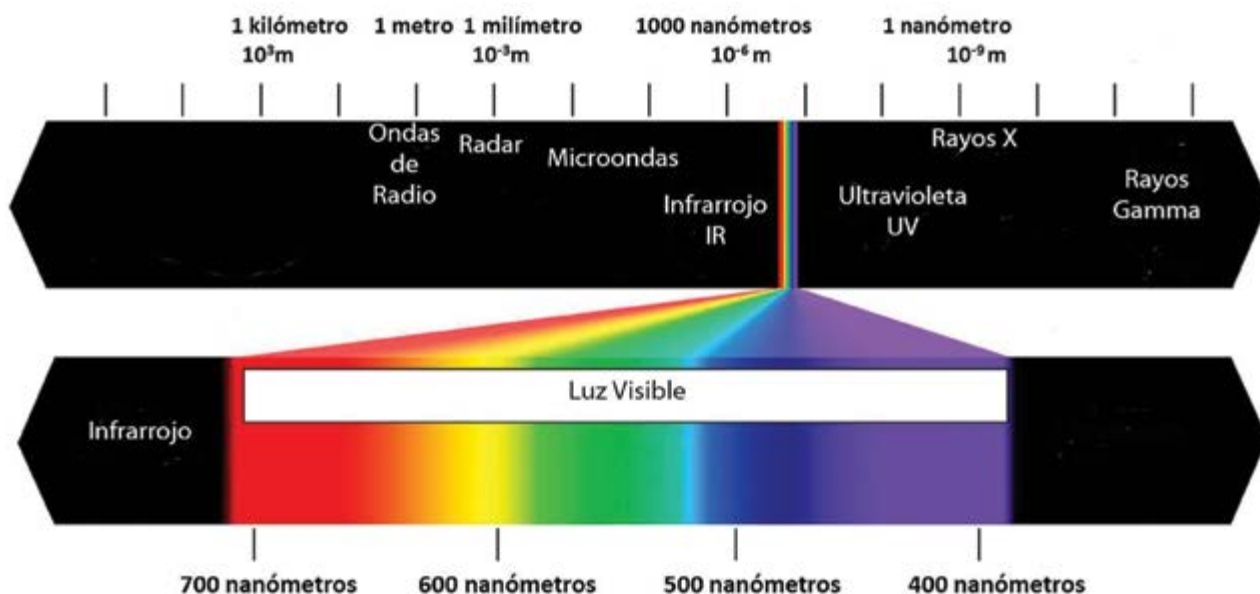
Ocupémonos por un momento de la respuesta fisiológica de la combinación ojo-cerebro, esta

respuesta emerge cuando las ondas luminosas inciden sobre la parte sensitiva de la retina, produciendo una reacción fotocromica. La visión humana involucra un conjunto de reacciones que tienen lugar en dos tipos de células fotorreceptoras, los conos y los bastones. La visión humana y de los primates es tricromática; la mayoría de los no primates sólo pueden detectar dos colores, sin embargo algunos pájaros, peces, y reptiles tienen cuatro conos diferentes que les permiten detectar además del visible cierta radiación ultravioleta.

La formulación del color es un problema complejo; en el Grupo de Óptica y Fotónica se han desarrollado algunas investigaciones al respecto, derivada de las cuales se obtuvo un software que permite optimizar el color de las prótesis dentales.

El color es sólo una característica de la luz que incide sobre la retina y que estimula sus fotorreceptores; esta onda luminosa incidente es modificada por los elementos transparentes del ojo al que debe atravesar antes de alcanzar la retina. El objetivo es formar una imagen de acuerdo con la leyes básicas de la óptica geométrica, siendo el cristalino el elemento principal en la formación de imagen sobre la retina que actúa como una lente convergente. Sin embargo, los otros medios transparentes (la córnea, el humor acuoso y el humor vítreo) tienen injerencia en la calidad de la imagen, así una córnea muy reseca o muy húmeda pueden producir imágenes borrosas.

Ninguna lente por sofisticada que sea forma imágenes perfectas, se dice entonces que las lentes

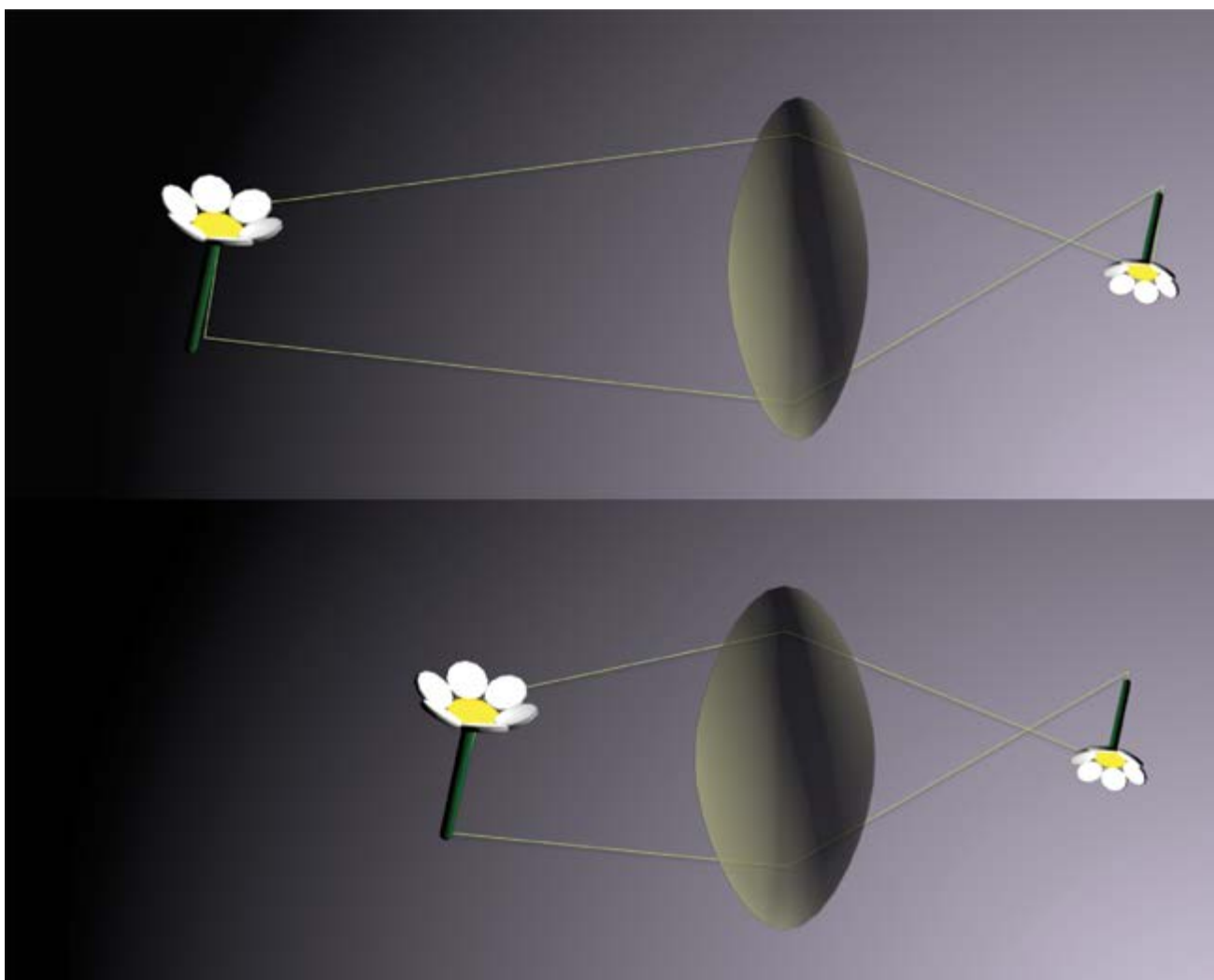


Espectro electromagnético.

presentan aberraciones. En particular, la imagen que se genera sobre la retina no es de buena calidad si la comparamos con la producida por sistemas ópticos corregidos, pero aún así las percibimos bien, esto significa que el cerebro se encarga de su mejoramiento. A pesar de la tolerancia del cerebro con respecto a la calidad de las imágenes existen defectos que él no puede corregir sin ayuda. Las lentes que se usan en las gafas para realizar esta corrección son de más baja calidad que la que se usan en los instrumentos ópticos. Pero no todo en el ojo tiene menor desempeño: el cristalino forma una imagen enfocada a una distancia fija de él, pero

los objetos a partir de los cuales se forma pueden estar a diferentes distancias y de acuerdo con la ley de formación de imágenes para las lentes esto solo es posible si se modifica el foco de la lente. En un instrumento óptico convencional de una sola lente es imposible tener una imagen enfocada bajo estas condiciones. Se necesitan sistemas con varias lentes para resolver el problema que el ojo soluciona de una manera simple y eficiente, cambiando la curvatura (el grosor) del cristalino mediante la acción de músculos, lo cual modifica el foco. Este proceso se conoce como acomodación.

La miopía, la hipermetropía, el astigmatismo y la presbicia son los principales defectos visuales asociados con la formación de imágenes.



Proceso de acomodación del ojo: La imagen de un objeto siempre se forma al misma distancia del cristalino-retina, si un objeto se acerca es necesario aumentar la curvatura del cristalino para mantener la imagen enfocada y si se aleja se disminuye la curvatura.

La miopía, la hipermetropía, el astigmatismo y la presbicia son los principales defectos visuales asociados con la formación de imágenes. En el Grupo se están desarrollando investigaciones que permiten evaluar las aberraciones de desenfoco y de alto orden, de una manera más precisa que las que puede realizar un oftalmólogo.

Para los tres primeros defectos existen actualmente correcciones satisfactorias, sin embargo, para la presbicia, que es la pérdida de la acomodación del ojo humano y que sólo permite enfocar objetos a grandes distancias, no hay una solución eficiente. Un niño enfoca objetos desde 7 cm hasta el infinito, un adulto en condiciones normales enfoca objetos desde los 25 cm. A partir de los cuarenta años esta pérdida se hace cada vez mayor haciendo prácticamente imposible la lectura de textos a las distancias habituales. Un ser humano sin acomodación no puede leer ni escribir sin gafas apropiadas. Para corregir este problema se utilizan algunas soluciones que no son óptimas: gafas bifocales y progresivas, lentes intraoculares y cirugías láser de la córnea. Por su característica este defecto visual afecta a la población adulta, por lo que una mejor corrección tendrá un gran impacto en la calidad de vida de millones de personas. En este momento estamos desarrollando una nueva lente que puede tener varios focos, basada en las propiedades de la difracción de la luz; esta se conoce como la espada de luz. Es una versión compleja de una placa zonal de Fresnel. Para poder utilizarla como solución no basta con diseñarla y construirla siendo necesario estudiar la respuesta de una persona cuando utiliza dicho elemento, pues la dupla ojo- cerebro es fundamental en la percepción de la imagen. Esto se puede estimar mediante tests psicofísicos lo que es otro tema de investigación que se está desarrollando en nuestro Grupo.

Hemos discutido un poco sobre la imagen que se forma en la retina y sus posibles alteraciones, y hemos considerado también algunos aspectos sobre la detección de la imagen; pero la luz no sólo interactúa con las células fotosensibles sino también con toda la irrigación sanguínea necesaria para mantenerlas vivas. Es decir, tenemos una imagen afectada por esta red, sin embargo no percibimos esto en absoluto. Aún con esta complejidad adicional sólo hemos considerado los aspectos que corresponden al ojo, nos falta considerar aspectos indirectos, algunos

sobre el papel del cerebro. ¿Cómo hace este para percibir una imagen buena a partir de una que no lo es?. Para respondernos debemos pensar que la respuesta no es directa, nuestro cerebro usa información adquirida previamente, que puede estar afectada por factores psicológicos y al ser usada cambia completamente la percepción de la imagen.

En este momento el Grupo desarrolla una nueva lente que puede tener varios focos, basada en las propiedades de la difracción de la luz.

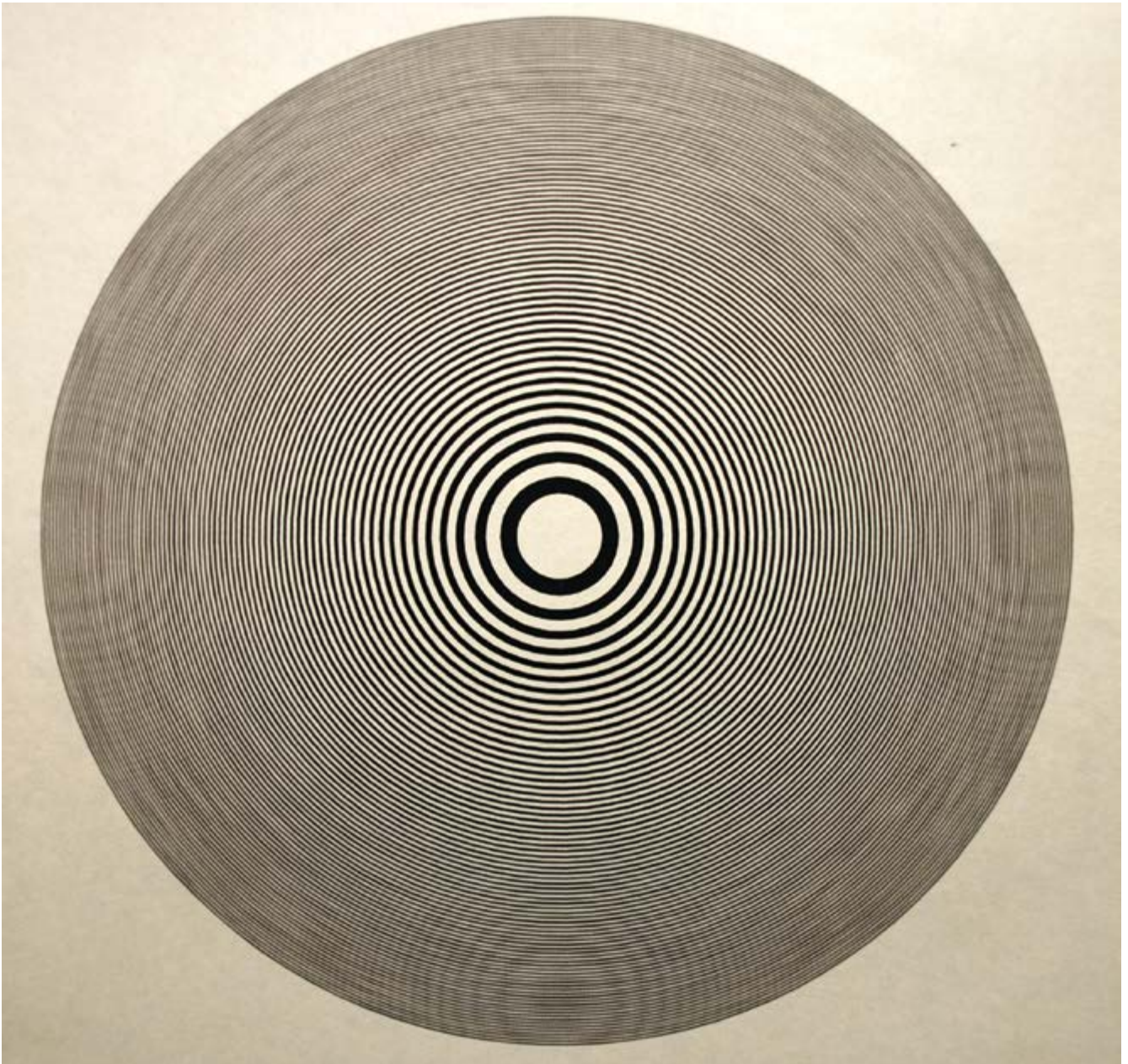
Las ilusiones ópticas son una muestra de cómo se ve afectada la percepción por la interacción ojo-cerebro. No podemos considerar esto como una afectación negativa a nuestra percepción sino un complemento. Consideremos el hecho de la visión tridimensional; en una primera aproximación se le entiende como el resultado de la estereoscopia introducida por utilizar la información proveniente de nuestros ojos con un ligero cambio de perspectiva entre ellos. Pero no es lo único que se usa, ya que las sombras producidas por los objetos -que están relacionadas con la iluminación y el tamaño del objeto- ayudan a construir el cuadro tridimensional. Valoraciones ya establecidas previamente son utilizadas, para explicar, por ejemplo, que una flor es más pequeña que un árbol.

En conclusión, nuestra relación con el mundo a través de la luz involucra fenómenos físicos, fisiológicos, cognitivos y psicológicos; es así como desde la perspectiva de la óptica podemos contribuir a la corrección de los defectos de la visión que están relacionados con el proceso de la formación de imágenes sobre la retina. ✕

GLOSARIO

Placa zonal de Fresnel: tipo de lente grabada sobre una superficie plana sobre la que se ha dibujado una serie de anillos concéntricos. Cada anillo se graba con una curvatura diferente, mayor cerca al centro que en la periferia. El procedimiento logra que la placa resultante actúe como una lente eliminando el abultamiento central.

En el Grupo de Óptica y Fotónica se están desarrollado investigaciones que permiten evaluar las aberraciones de desenfoque y de alto orden de una manera más precisa que que las que puede realizar un oftalmólogo.



Fotografía Placa zonal de Fresnel