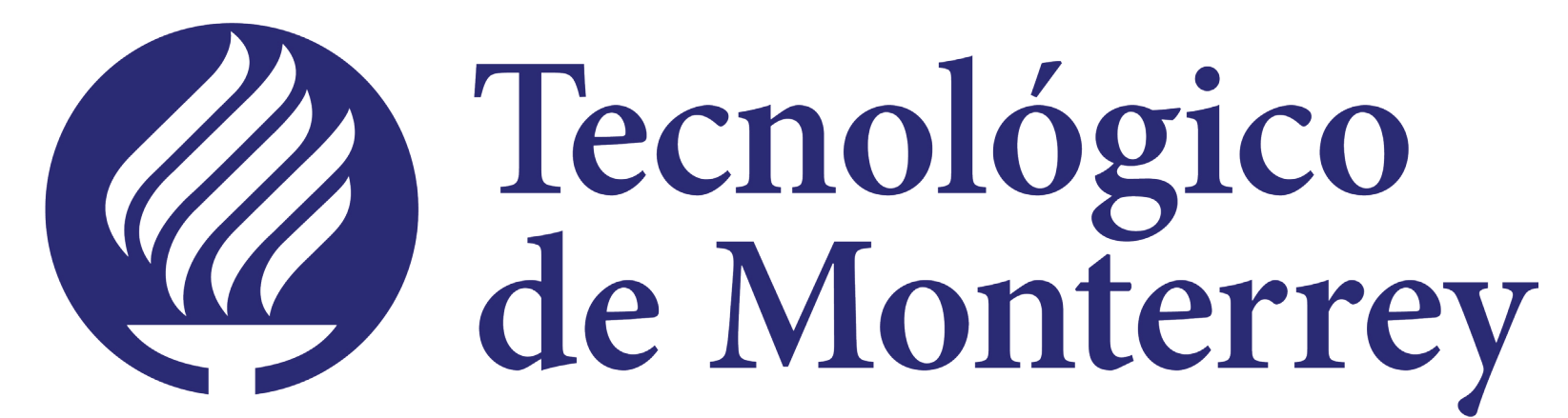


# LOCALIZACIÓN DE CONOS EN LA RETINA MEDIANTE HACES CON VÓRTICE



Eddy Norberto Sosa de León<sup>1</sup>, Juan Pablo Treviño Gutiérrez<sup>2</sup> y Jesús Emmanuel Gómez Correa<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Posgrado en Ingeniería Eléctrica, FIME, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Puebla, Vía Atlixcayotl No. 2301, Puebla, Pue. México.

\*jesus.gomezcrr@uanl.edu.mx

Resumen: La posición de los conos en muchos casos superan el límite de resolución de Rayleigh para dos fuentes puntuales y debido a esto la posición de los conos no se pueden obtener de una manera precisa por métodos convencionales. Sin embargo, es conocido que la posición de dos fuentes puntuales que superan el límite de Rayleigh pueden ser obtenidos usando haces con vórtice. Usando esta idea es posible diseñar un algoritmo que podrá obtener información de cada retina, como lo es el área de los conos, su ubicación exacta y un patrón único para cada retina. Estas propiedades pueden ser utilizadas para diagnóstico y seguimiento de la evolución de enfermedades.

## INTRODUCCIÓN

El vórtice óptico es un haz de luz cuya fase varía en forma de sacacorchos a lo largo de la dirección de propagación del haz. En el año 2000, Swartzlander propuso un método que usa un coronógrafo para examinar una débil señal de fondo oculta en el resplandor de una fuente coherente brillante y utilizó como ventana el núcleo oscuro de un vórtice óptico [1]. Este método fue trasladado a la óptica y utilizado por Trevino et al. para estudiar mosaico fotorreceptor de la retina [2] y estudiar el límite de resolución de Rayleigh [3]. Existen dos propiedades aportadas por Chui et al., en el 2008, las cuales indican que los conos están organizados hexagonalmente y que cada retina es diferente [4].

Fig. 1. Limite de resolución de Rayleigh

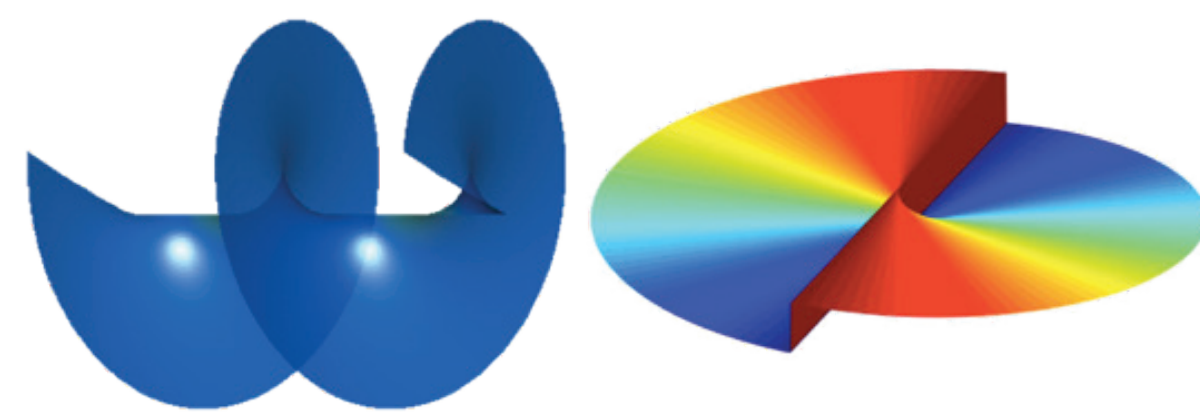
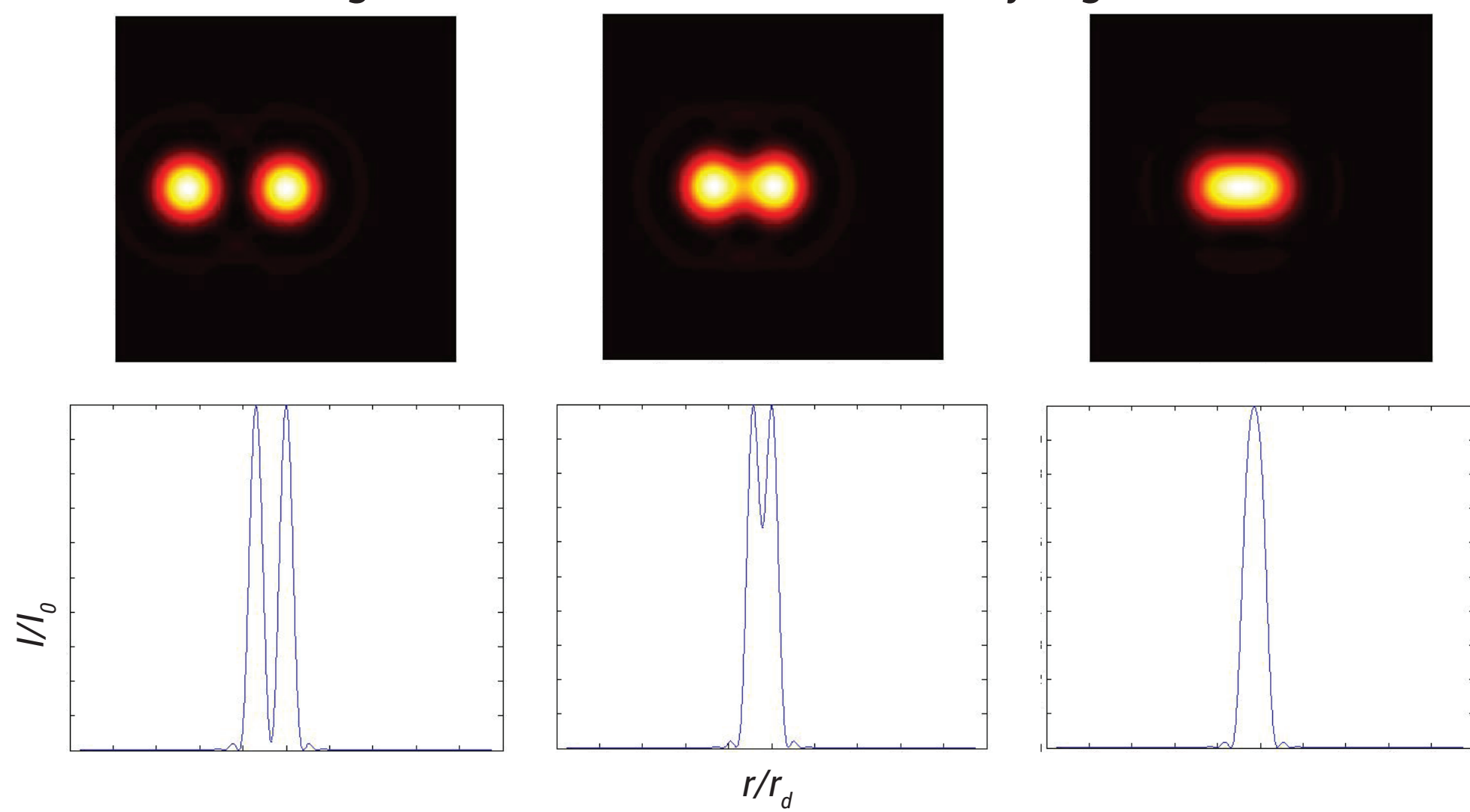


Fig. 2. Haz de vórtice óptico

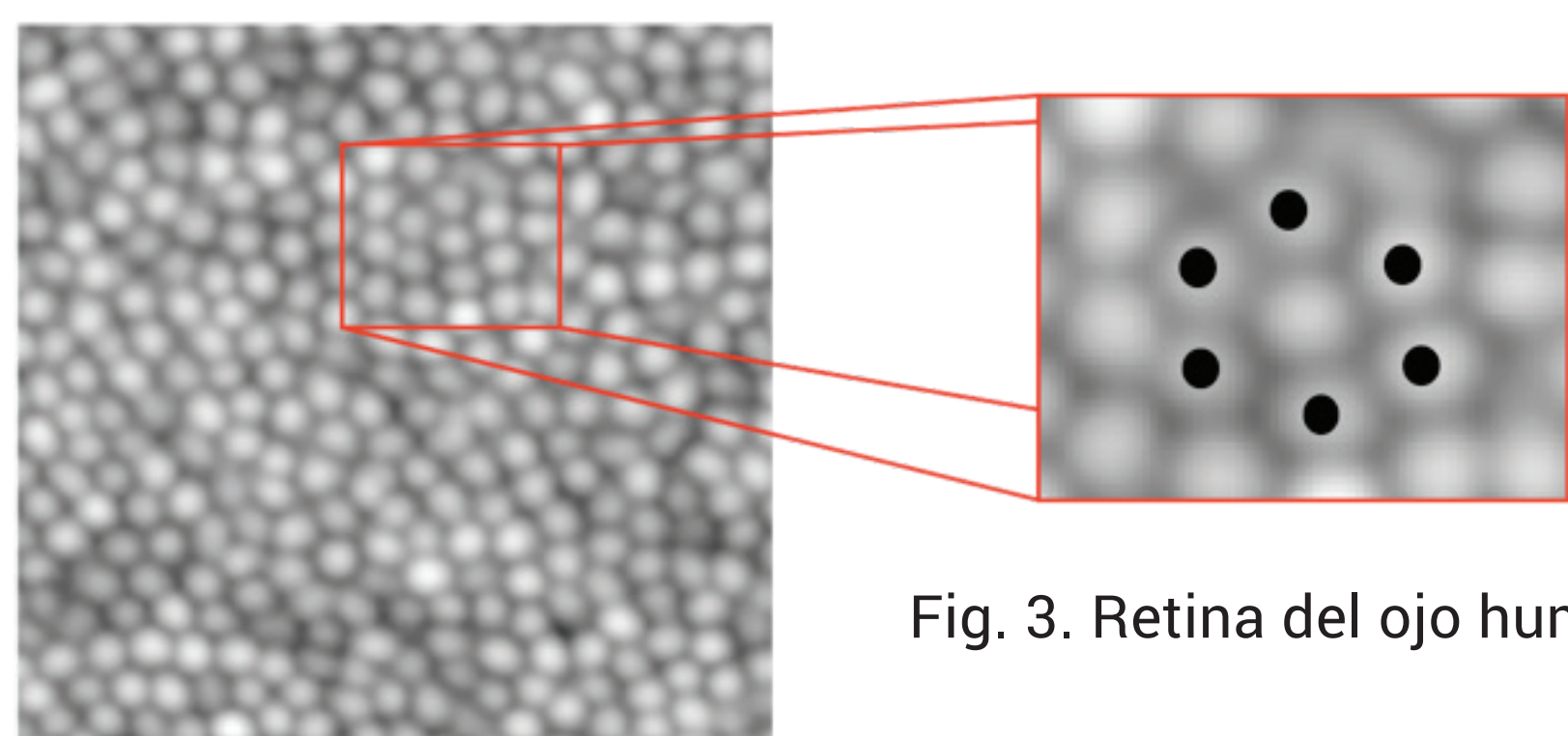


Fig. 3. Retina del ojo humano

## OBJETIVO

Diseñar un algoritmo que podrá obtener información de cada retina, como lo es el área de los conos, su ubicación exacta y un patrón único para cada retina.

## METODOLOGÍA

Partiendo de la ecuación de la difracción de Fresnel [5]

$$U_z(x, y) = A e^{ikz} \iint u(\xi, \eta) e^{-i\frac{k}{2z}[(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2]} d\xi d\eta$$

Donde

$$u(\xi, \eta) = T(\xi, \eta) e^{i\phi(\xi, \eta)} e^{-i\frac{k}{2z}(x^2 + y^2)}$$

$$T(\xi, \eta) = \text{circ}(\xi, \eta) = \begin{cases} 1 & \rho \leq a \\ 0 & \rho \geq a \end{cases}$$

Se obtiene la representación de la intensidad de un cono en la retina dada por

$$U_z(x, y) = A 2\pi a^2 \left[ \frac{J_1(2\pi r a)}{2\pi r a} \right]$$

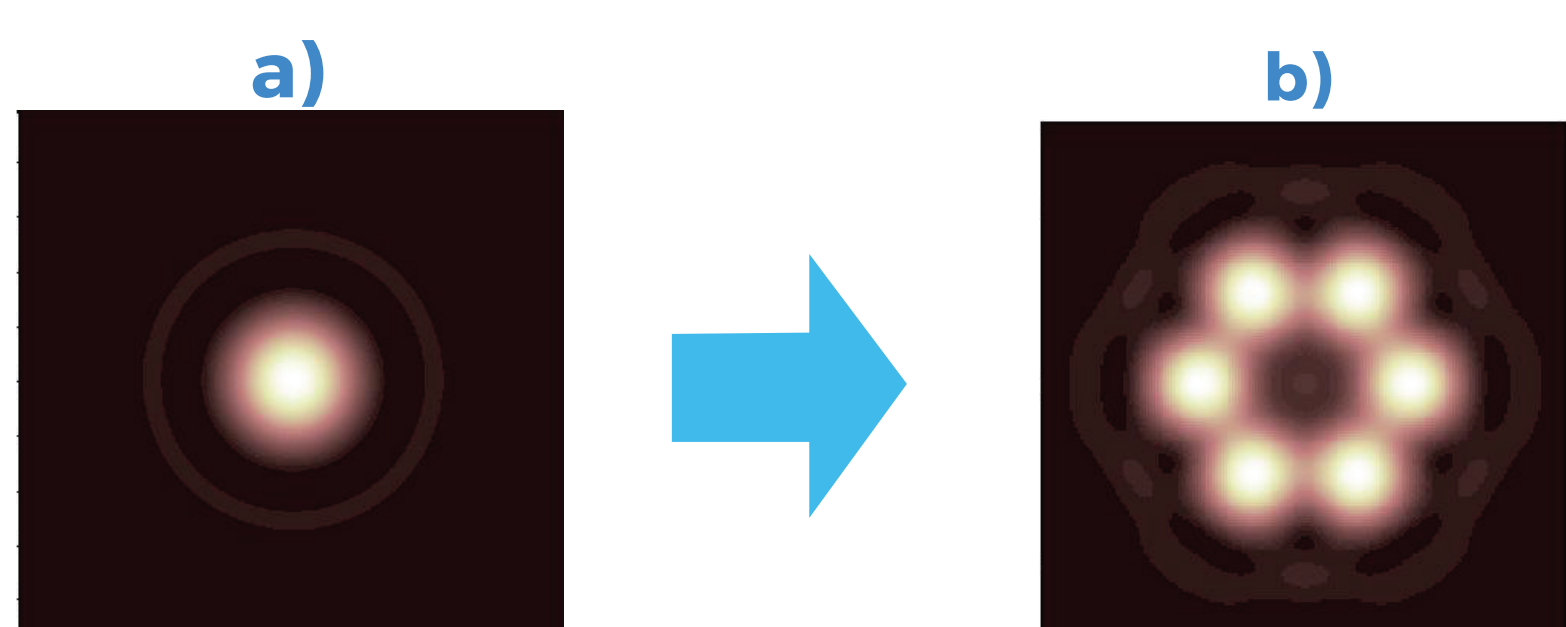


Fig. 4. a) Intensidad de un cono. b) Arreglo hexagonal de conos

## RESULTADOS

Se realizó un modelo de retina artificial en la cual se puede colocar conos en la ubicación que se desee.

Se ha demostrado que usando haces con vórtices se puede observar conos que superan el límite de resolución de Rayleigh como se puede ver en la Fig. 5. c), donde existe un par de conos que superan este límite.

Se ha desarrollado una manera de reconocer patrones de conos en la retina simulada sin importar el acomodo que se tenga como se puede observar en la Fig. 5., donde se muestran algunos casos de acomodo de conos.

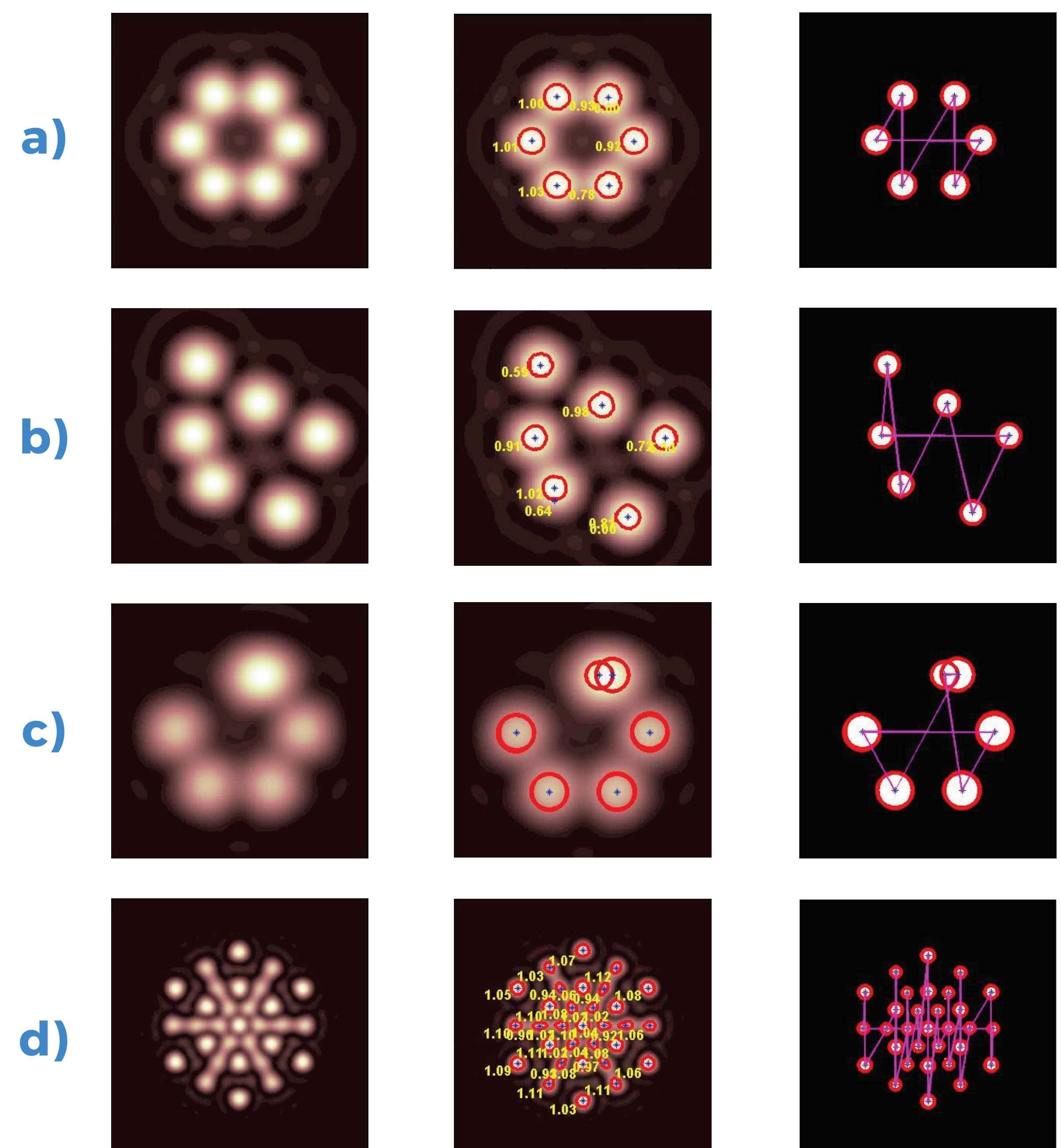


Fig. 5. Localización de conos en la retina usando haces con vórtice

## CONCLUSIONES

Podemos concluir que el análisis de conos mediante haces con vórtice es mucho más preciso, debido a que se pueden localizar conos que no se pueden ver a simple vista y de esta manera el conteo de los conos será más exacto, que, a diferencia de otros métodos, no son tan precisos. Utilizando esta herramienta en conjunto con el algoritmo para la detección de conos que se desarrolló y la información que se obtiene a partir de este se podrá tener un seguimiento de la evolución de enfermedades o problemas dentro de la retina del ojo humano

## REFERENCIAS

- [1] Grover A. Swartzlander, Jr., Peering into darkness with a vortex spatial filter. OPTICS LETTERS. Vol. 26, No. 8, April 15, 2001.
- [2] J.P. Trevino, J.E. Gomez-Correa, S. Chavez-Cerda. "Vortex beams in Visual Optics". 6th EOS Topical Meeting on Visual and Physiological Optics (EMVPO). University College Dublin (UCD), Dublin, Irlanda. 20-22 August 2012.
- [3] Eugene Hecht. Optics. 4th Edition. Addison Wesley. 2002.
- [4] Chui TY, Song H, Burns SA. Adaptiveoptics imaging of human cone photoreceptor distribution. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis. 2008;25:3021-9.
- [5] Joseph W. Goodman, Introduction to Fourier Optics. Third Edition. Robert & Company Publishers. 2005