

# Imágenes de rango de la superficie del ojo de la mosca mediante correlación interferométrica

**Juan José Barrios Arlante**

Lic. Matemáticas y Física

MSc en Física, Universidad Industrial de Santander,  
Docente Tiempo completo, Investigador Grupo Investigaciones  
Ambientales para el Desarrollo Sostenible,  
Universidad Santo Tomás Bucaramanga, Colombia  
juanjose.barrios@mail.ustabuca.edu.co

**Arturo Plata Gómez**

Dr. En Ciencias para el Ingeniero,

Universidad Franche Comte, Docente Tiempo Completo,  
Investigador Grupo de Óptica y Tratamiento de Señales, Universi-  
dad Industrial de Santander UIS, Bucaramanga, Colombia  
aplata@uis.edu.co

**Resumen—** En el presente trabajo se muestra parte de una investigación en el área de la óptica y tratamiento de señales. Se realiza una descripción del proceso de reconstrucción topográfica de la superficie del ojo de una mosca casera con un microscopio con resolución de nanómetros.

Para la reconstrucción de la superficie del ojo se implementó el método de detección de máximos. El utilizar métodos interferométricos para realizar reconstrucciones de muestras pequeñas, a diferencia de los microscopios electrónicos, brinda la posibilidad de realizar el análisis de las muestras sin la necesidad de invadirlas con ningún tipo de recubrimiento.

La perspectiva de la reconstrucción topográfica que se obtuvo del ojo brinda la posibilidad de complementar los estudios que se tienen sobre éste, tanto en el campo de la entomología así como en el área de las ingenierías para la construcción y generación de dispositivos ópticos. Las medidas que se obtuvieron en la reconstrucción tienen precisión de 1 nanómetro.

**Palabras clave—** Interferometría, correlación, faceta, microlente, reconstrucción, ommatidio.

**Abstract—** In this study an initial stage of an investigation about optic areas and signal processing is presented. A description of the reconstruction process of the housefly's eye surface topography using a microscope with nanometer resolution is explicated.

For this reconstruction is implemented the maximal detection method. Using interferometric methods for reconstruction of small samples offers the possibility of analyzing samples without the need to invade with any type of destructive coating like electron microscopes methods.

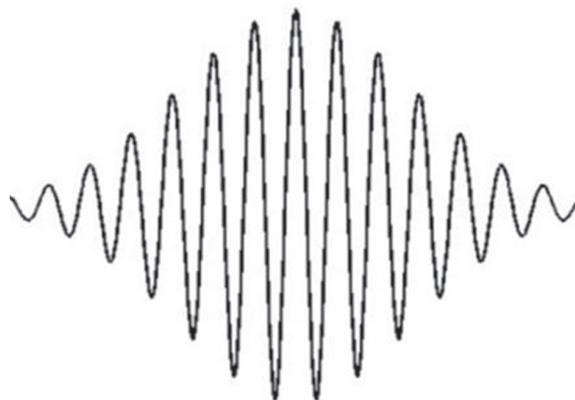
The prospect of topographic eye's reconstruction offers a possibility to complement the studies on this area, both in the field of entomology and also in the area of engineering for the construction and generation of optical devices. The measures obtained in the reconstruction had an accuracy of 1 nm.

**Keywords—** Interferometry, correlation, facet, microlens, reconstruction, ommatidia.

## I. INTRODUCCIÓN

La metrología óptica es una de las herramientas para realizar mediciones con resolución de nanómetros, entre los métodos utilizados para determinar estas medidas se encuentran los interferométricos; los cuales pueden desarrollarse con luz mono o policromática. Cuando se tienen dos haces de luz policromáticas en interferencia, las franjas del interferograma se encuentran moduladas por un envolvente que presenta un máximo de intensidad cuando la diferencia de camino óptico sea cero. El objetivo es el de localizar la posición de máxima intensidad del interferograma para todos los puntos de la muestra y almacenarlos para su posterior procesamiento [2] [3]. En la Fig.1 se representa la interferencia de dos haces de luz en cierta región del espacio.

FIG. 1. INTERFERENCIA DE DOS ONDAS LUMINOSAS



Realizar estudios sobre la estructura óptica del ojo de los insectos, y en este caso de la mosca, resulta importante en la Biología, en el campo de la Entomología, en la ingeniería y para la nanotecnología que en este siglo ha tomado importancia. En el caso de la entomología la investigación presen-

ta información sobre la estructura del ojo a través de un método poco utilizado en el área de la Biología. Para la ingeniería se puede utilizar la información adquirida la cual puede reproducirse para diseñar cámaras que graven a altas velocidades y equipos para endoscopias, entre otros. Y en la nanotecnología porque se tiene información sobre dispositivos ópticos de dimensiones pequeñas. La investigación desarrollada ofrece información complementaria para cada una de estas áreas de las ciencias y la tecnología.

Estudios sobre la fisiología del ojo de los insectos, como las libélulas y moscas, han ofrecido información para que se elaboren dispositivos similares a los de estos insectos. Para la toma de las medidas e imágenes de las muestras se utilizan, en la mayoría de los casos, microscopios electrónicos en los cuales se deben recubrir las muestras con una película de oro, implicando que los resultados puedan verse alterados al aplicar dichos recubrimientos.

Con el uso de la interferometría se tiene la ventaja de no utilizar ningún tipo de sustancia invasora sobre la muestra que se deba reconstruir; lo cual garantiza el estado real de la misma. Para el desarrollo del presente trabajo "Imágenes de Rango de la Superficie del Ojo de la Mosca" se utilizó un microscopio por reflexión, el cual cuenta con objetivos interferométricos tipo Mirau. En la primera parte del trabajo realizado se presenta una descripción sencilla del equipo y método implementado, Método de detección de Máximos; presentándose un ejemplo de la reconstrucción que se obtiene con éste.

Posteriormente se tienen los resultados y el análisis respectivo, mostrándose las imágenes de las regiones del ojo de la mosca a las que se realizó la reconstrucción topográfica. Finalmente, se muestran las conclusiones respecto al trabajo realizado.

## II. EQUIPO Y MÉTODO IMPLEMENTADO

### A. Equipo

Para el proceso de adquisición y procesamiento de las imágenes se utilizó un microscopio por reflexión, Nikon Eclipse ME600, el cual utiliza una fuente de luz policromática, al dispositivo se le adapta una Video Camera Module CCD, con la que se pueden capturar las imágenes entre 12 y 25

cuadros por segundo. Además de dos objetivos interferométricos tipo Mirau de 10X y 50X.

El sistema se complementa con un dispositivo Piezo-Eléctrico que puede realizar desplazamientos axiales, ascendentes y descendentes, que realiza barridos de 3.0 nm por paso. Este sistema Piezo-Eléctrico se controla digitalmente por una interfaz que transforma señales TTL (transistor-transistor logic) en un voltaje; también cuenta con un amplificador que permite realizar variaciones en el rango total del piezo debido al valor máximo del voltaje aplicado.

La Fig. 2 muestra la imagen del microscopio y del sistema utilizado para la adquisición de datos.

FIG. 2. MICROSCOPIO CON OBJETIVOS INTERFEROMÉTRICOS TIPO MIRAUI



### B. Método implementado

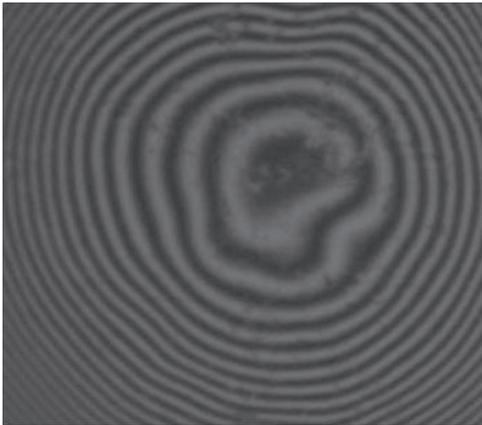
El método que se implementó para la reconstrucción topográfica de la superficie de las facetas del ojo de la mosca, fue la técnica de detección de máximos. Sincronizado con el sistema Piezo-Eléctrico, la técnica adquiere la información de las imágenes de las franjas interferométricas, las cuales se generan con la luz policromática a través del objetivo Mirau, en este caso se utilizó el objetivo de 50X.

El término modulador de las franjas presenta máximos donde la diferencia de camino óptico es cero, al realizar los desplazamientos axiales se obtiene la localización de los puntos que presentan la máxima intensidad. Se obtienen dos matrices, en una de las cuales se tienen los valores de los máximos de intensidad del interferograma y en la otra la posición de cada

uno de dichos máximos, los valores de éstas matrices representa la información topográfica de la muestra en estudio; con la que se genera una imagen denominada imagen de rango. La Fig. 3 muestra las franjas del interferograma que se obtiene al iluminar una esfera de vidrio, mediante el microscopio con el objetivo Mirau de 10X.

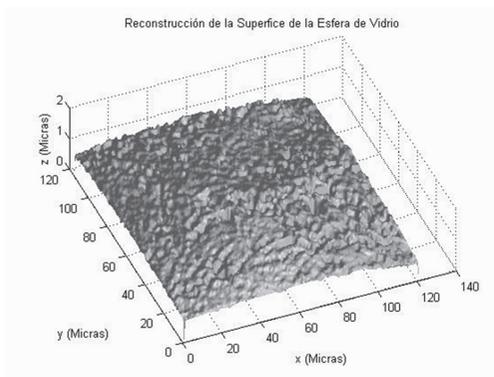
Al implementar el método de detección de máximos con la información de las intensidades de las franjas interferométricas se realiza la reconstrucción topográfica de la superficie de la esfera de vidrio.

FIG. 3. INTERFEROGRAMA GENERADO SOBRE LA SUPERFICIE DE UNA ESFERA DE VIDRIO



La Fig. 4 muestra la respectiva imagen de la perspectiva topográfica de la superficie de la esfera de vidrio, realizada a través de la imagen de rango.

FIG. 4. PERSPECTIVA DE LA RECONSTRUCCIÓN TOPOGRÁFICA DE LA SUPERFICIE DE LA ESFERA DE VIDRIO



### III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se realizó la reconstrucción de las facetas del ojo de una mosca casera (Housefly), con microscopía

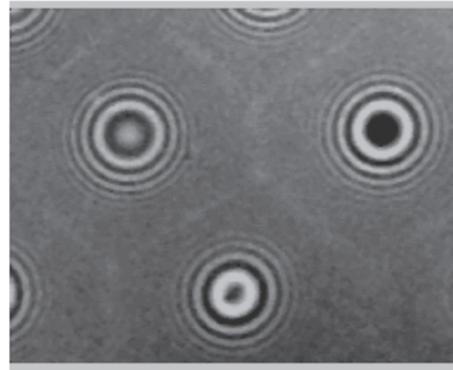
interferométrica según el método de detección de máximos.

Se obtuvo el interferograma de las regiones de las facetas que se reconstruyen y la respectiva imagen de rango con la que se obtiene información topográfica de la muestra.

Los ojos de las moscas, así como el de otros insectos, es un ojo compuesto por una cantidad de dispositivos ópticos independientes denominados omatidios, los cuales alcanzan a abarcar más de 2000 en algunos insectos.

La Fig. 5 muestra el interferograma sobre la regiones que logran reconstruirse; debido a la topografía de la muestra las franjas interferométricas no logran realizar un barrido a lo largo de toda la superficie de la muestra.

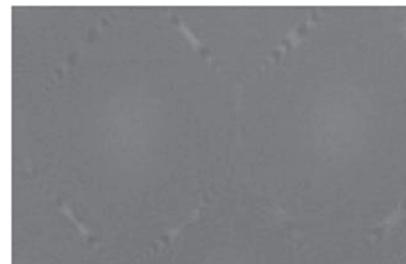
FIG. 5. FRANJAS INTERFEROMÉTRICAS EN LA PARTE SUPERIOR DE LA SUPERFICIE DE LOS OMATIDIOS DEL OJO DE LA MOSCA



La Fig. 6 muestra las franjas interferométricas en las fronteras de cada omatidio, región que corresponde a las facetas del ojo de la mosca; las cuales delimitan cada uno de los omatidios que conforman la estructura del ojo.

Seleccionada una de las facetas y habida cuenta que la imagen de rango, en el método implementado, es la que entrega la información de la topografía de la muestra.

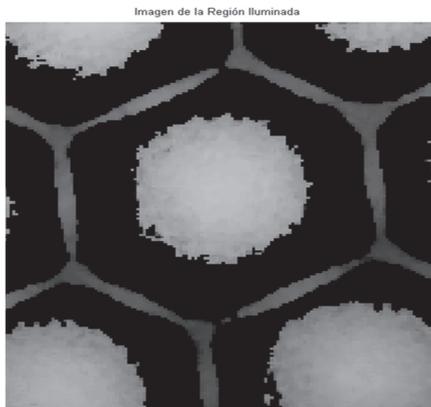
FIG. 6. FRANJAS INTERFEROMÉTRICAS EN LA BASES DE LAS FACETAS DEL OJO DE LA MOSCA



En la Fig. 7 se presenta una de las imágenes de rango obtenida para la respectiva reconstrucción. La imagen de rango de la Fig. 7 muestra regiones oscuras, lo que advierte que de esas regiones no se tiene información.

Lo anterior se debe a la geometría que presenta la superficie del ojo de la mosca en estudio; lo que implica así un problema en el proceso de reconstrucción de la superficie.

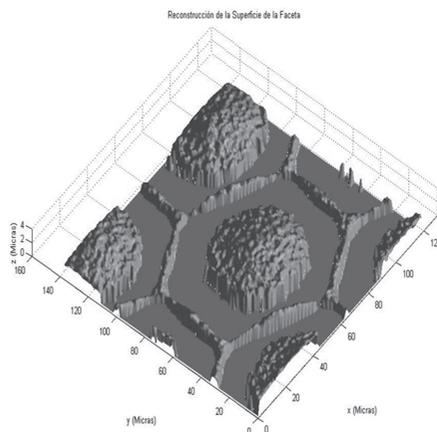
FIG.7. IMAGEN DE RANGO DE LAS FACETAS QUE SE VAN A RECONSTRUIR



Además de las regiones que se presentan en color negro, se tienen las regiones en color claro; de las que se puede obtener información relevante de la topografía de la región de las facetas que eran iluminadas.

La Fig. 8 muestra la reconstrucción topográfica de la superficie del omatidio, expresada en micras, según los datos de la imagen de rango.

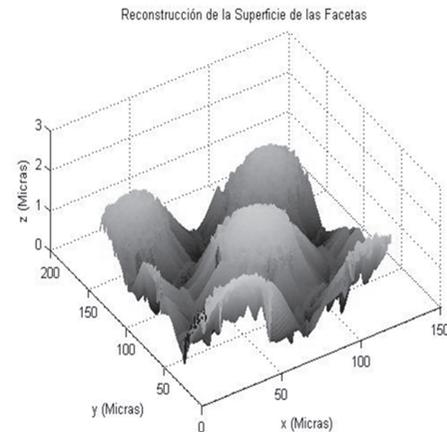
FIG.8. RECONSTRUCCIÓN TOPOGRÁFICA DE LAS FACETAS DE ACUERDO A LA IMAGEN DE RANGO DE LA FIGURA 6



Se escogieron los puntos y las respectivas coordenadas de los mismos y se realizó un interpolación cúbica, y con los puntos interpolados posteriormente se realizó la respectiva reconstrucción de

las facetas; mostrándose en la Fig. 9 la reconstrucción topográfica de las facetas del ojo de la mosca.

FIG.9. RECONSTRUCCIÓN DE LAS FACETAS DEL OJO DE LA MOSCA



Se trazó un corte perfilométrico en la región central del omatidio, con el que se determinó la altura aproximada de uno de los microlentes respecto a la base de la faceta, se obtuvo una medida aproximada de  $2.62 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$  de alto, lo que implica una precisión de 10 nm en la medida; precisión que se tiene con el dispositivo implementado.

#### IV. CONCLUSIONES

Se logró realizar la reconstrucción topográfica de la parte externa de las facetas del ojo de una mosca casera con microscopía interferométrica, mediante el método de detección de máximos.

Se realizó la reconstrucción de una muestra sin tener la necesidad de invadirla con ningún tipo de recubrimiento, que pueda alterar información sobre la superficie en estudio.

Se obtiene información del ojo de la mosca a través de un método óptico con resolución de 10 nanómetros confiable, que brindan perspectivas de estudio para la ciencia de la entomología y la ingeniería, por métodos ópticos de fácil acceso.

#### REFERENCIAS

- [1] J.J. Barrios, "Caracterización Nanométrica de la Dinámica del Ojo de la Mosca", Tesis de Maestría, Universidad Industrial de Santander UIS, 2009.
- [2] A. Plata, J.E. Meneses, M.A. Suárez, J. Garzón, "Reconstrucción Topográfica Combinando Si-

- multáneamente Métodos de Luz Monocromática con Luz Blanca. Grupo de Óptica y Tratamiento de Señales”, VII Encuentro Nacional de Óptica, Universidad del Quindío. Armenia. Resumen Óptica Luz y Futuro VII Encuentro Nacional de Óptica. Página 26, 2000.
- [3] M.A. Suárez, A. Plata, J. Garzón, “Polychromatic local reflectivity of materials”, Proceedings of SPIE, Vol.4419 p.748.
- [4] ARTIFICIAL COMPOUND EYE, Fabricated in Lab Liese Greensfelder. Media Relations UC Berkeley Abril 2006.
- [5] R.F. Chapman, “The Insects. Structure and Function”, 4th Ed., Cambridge University Press, New York, 1998.
- [6] V.H. Resh, R.T. Cardé, “Encyclopedia of Insects”, Academic Press, Elsevier Science, 2003.
- [7] R. González, R. Woods, S. Eddins, “Digital Image Processing Using Matlab”, 2nd Ed., Gatesmark Publishing, 2009.
- [8] M. Born, E. Wolf, “Principles of Optics. Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light”, 7th Ed., Cambridge University Press, 1999.
- [9] P. Hariharan, “Basics of Interferometry School of Physics”, 2nd Ed., Elsevier Inc., 2007.
- [10] B. Saleh, M. Teich, “Fundamentals of Photonics”, John Wiley & Sons, New York, 1991.
- [11] V. Tuchin, “Coherent-Domain Optical Methods, Biomedical Diagnostics, Environmental and Material Science”, Kluwer Academic Publishers, New York, 2005.
- [12] M. Bass, E.W. Van Stryland, D. William, W. Wolfe, “Handbook of Optics. Volumen I, fundamentals, Techniques, and Design”, 2nd Ed., Mc. Graw Hill, 1994.
- [13] L. Lee, R. Szema, “Inspirations From Biological Optics for Advanced Photonic Systems”, Science, Vol.310, 2005.
- [14] C. Gillot, “Entomology”, 3rd Ed., Springer, 2005.