



# Desarrollo de dos aberrómetros para aplicaciones biomédicas

Carlos Dorrnsoro, Elena García de la Cera, Lourdes Llorente, Sergio Barbero, Susana Marcos

Laboratorio de Biofotónica y Óptica Visual  
Instituto de Óptica, CSIC, Madrid, Spain

www.vision.io.csic.es  
e-mail: carlos@dorrnsoro.com

VII Reunión Nacional de Óptica  
Santander, Septiembre de 2003

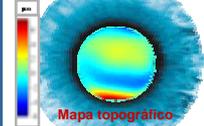
## 1 Objetivo

Implementación de sistemas de medida de aberraciones ópticas adaptados al entorno clínico y biomédico, compactos, rápidos, versátiles y de fácil manejo.

Aplicación de dichos aberrómetros a la evaluación in vivo de cirugía refractiva, de cataratas, lentes de contacto, miopía en humanos y en modelo animal...

## 2 Introducción

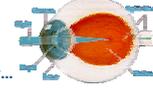
Aberraciones del ojo: distorsiones de fase en el plano de la pupila



Degradan la imagen retiniana

Interés de la medida de aberraciones:

- Física**
  - Comprender la formación de imágenes en el ojo
  - Evaluar la calidad óptica
- Biología**
  - Desarrollo del globo ocular
  - Acomodación
  - Presbicia y envejecimiento ocular...
- Procedimientos quirúrgicos**
  - cirugía refractiva corneal
  - trasplante de cornea
  - cirugía de cataratas
- Condiciones patológicas**
  - queratocono
  - alta miopía

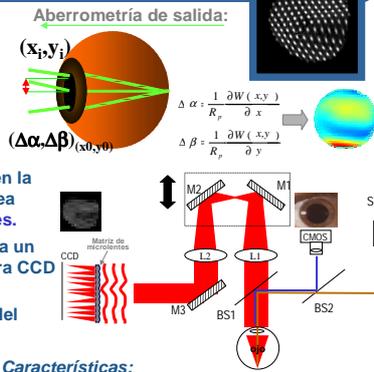


## 3 Hartmann-Shack

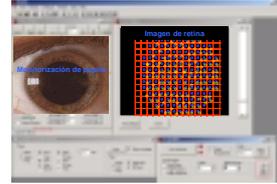
- Historia:**
- 1971: Propuesto para astronomía<sup>1</sup>
  - 1994: Adaptado a oftalmología<sup>2,3</sup>
  - Actualmente: Montaje más común en laboratorios de investigación
  - Existen varias versiones comerciales y clínicas

**Idea:**

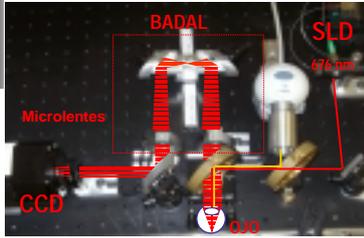
- Se proyecta un punto luminoso en la retina y el haz reflejado se muestra mediante una matriz de microlentes.
- La matriz de microlentes proyecta un patrón de puntos sobre una cámara CCD
- La desviación de cada punto es proporcional a la pendiente local del frente de onda



- Características:**
- Una sola imagen: medida rápida
  - Sistema compacto
  - Control mediante PC portátil



- Aplicaciones:**
- Orientado a aplicaciones biomédicas
  - Adaptado a un modelo experimental de miopía animal



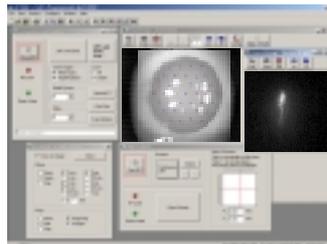
## 4 Trazado de Rayos (LRT)

**Historia:**

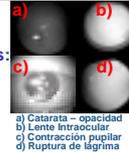
- 1993: Idea + Patente<sup>4</sup>
- 1997: Prototipo comercial<sup>5</sup>, Tracey
- 1997: 1ª Generación<sup>6,7,8</sup> en el IO-CSIC
- 2003: 2ª Generación en el IO-CSIC (Adaptado al estudio de procesos biológicos)

**Idea:**

- Un scanner óptico (dos microespejos) traza rayos secuencialmente por distintos puntos de la pupila
- Por cada rayo se registra una imagen del punto de impacto en la retina
- La desviación de cada rayo es proporcional a la pendiente local del frente de onda

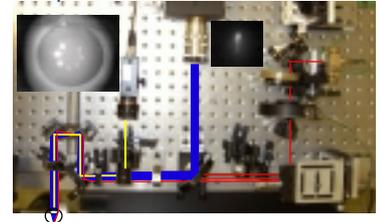


- Aplicaciones:**
- Orientado a sujetos normales y a pacientes:
    - Lentes de contacto
    - Cataratas
    - Cirugía corneal
    - Patologías corneales
    - Ametropías severas



**Características:**

- Patrón de muestreo configurable
- Automatización y sincronización de todos los dispositivos
  - Barrido laser, imágenes retina y pupila, obturador, iluminación
- Canal de monitorización de pupila
  - Iluminación directa o retroiluminación
  - Reconstrucción de la medida a posteriori
  - Correcciones a los puntos de entrada
- Visible e IR
- 2 segundos
- Canal de estímulos psicofísicos
- Multicanal, compacto y configurable



## 5 Validación



## 6 Comparación

	H-S	LRT
Rapidez	100 ms	2s
Complejidad	baja	alta
Versatilidad	ninguna	alta
Rango dinámico	bajo	alto

## 7 Medidas

Ojos normales	Envejecimiento	L Intraoculares	Campo Visual	L de contacto	Cirugía refract.	Psicofísica	Alta miopía	Fondo de ojo
Impacto de las aberraciones en la calidad óptica de sujetos normales <sup>13</sup>	Las aberraciones oculares aumentan con la edad <sup>14</sup>	La incisión corneal y los descentramientos y la aberración esférica de la lente y afectan a la calidad de imagen <sup>15</sup>	Las aberraciones aumentan con la excentricidad <sup>16</sup>	Las lentes semirígidas corrigen aberraciones oculares, actuando sobre las corneales <sup>17</sup>	La cirugía refractiva duplica las aberraciones naturales de los sujetos <sup>18</sup>	Se ha correlacionado la calidad óptica y la calidad visual en las mismas condiciones <sup>19, 20</sup>	Los altos miopes tienen más aberraciones que sujetos emétopes <sup>21</sup>	La corrección de aberraciones por medio de láminas de fase mejora la visualización de la retina <sup>22</sup> etc.

## 8 Conclusiones

1. Hemos desarrollado dos sistemas de medida de aberraciones oculares
2. Orientados a distintas aplicaciones biomédicas
3. Han permitido comprender procesos biológicos básicos y clínicos

## 9 Referencias

1. B. Platt and R. V. Shack, Opt. Sci. Center Newsl. 5, (1971)
2. J. Liang, B. Grimm, S. Goetz, and J. F. Bille, J. Op. Soc. Am. A 11, (1994)
3. B. Grimm and K. Mueller, (AMTech gesellschaft fuer angewandte Microcomputer Technik DE), Germany, 1994
4. C. M. Penney, R. H. Webb, J. J. Tiemann, and K. P. Thompson, (General Electric), United States, 1993
5. V. V. Molebny, I. G. Fatikaris, L. P. Masomtidis, I. H. Chyck, S. V. Molebny, and V. M. Sokurenko, Proceedings of the SPIE 2971, 175 (1997)
6. Navarro and Losada, Optom. Vis. Sci. 74, 540 (1997)
7. Navarro, Moreno and Dorrnsoro J Opt Soc Am A, 15 (1998)
8. Moreno-Barriso, Marcos, Navarro, and Burns, Opt. Vis. Sci. 78, 152 (2001)
9. Bara, Mancoffo & Moreno-Barriso, Appl. Opt. (2000)
10. Moreno-Barriso, Marcos, Navarro, and Burns Opt. Vis. Sci. 78, (2001)
11. Marcos, Diaz-Santana, Llorente, and Dainty, J. Opt. Soc. Am. A, 19 (2002)
12. Llorente, Diaz-Santana, Lara, and S. Marcos, Optom. Vis. Sci. 80, (2003)
13. J. S. McLellan, S. Marcos, P. M. Prieto, and S. A. Burns, Nature 417, 174 (2002)
14. McLellan, Marcos, Burns, IOVS (2001)
15. S. Barbero, S. Marcos & I. Jiménez-Alfaro, J. Opt. Soc. Am. A, In press
16. R. Navarro, E. Moreno and C. Dorrnsoro, J. Opt. Soc. Am. A, 15 (1998)
17. Dorrnsoro, Barbero, Llorente, and Marcos, Optom. Vis. Sci. 80, (2003)
18. Marcos, Barbero, Llorente, and Merayo-Lloves, IOVS, (2001)
19. D. A. Atchison, S. Marcos, and D. H. Scott, Vision Res. (2003)
20. Marcos, Journal of Refractive Surgery (2001)
21. S. Marcos, S. Barbero, L. Llorente, IOVS, (2002)
22. S. Burns, S. Marcos, A. Elsner, and S. Bará, Opt. Lett. 27(2002)

Financiación: Proyectos CAM08.7/0010.1/2000; CAM08.7/004.1/2003 (Comunidad de Madrid); BFM2002-02638 (Ministerio de Ciencia y Tecnología)  
Beccas: Ministerio de Educación y Cultura. CSIC-ISP (Alcon Cusj) y CSIC - Unidad Asociada IO/OBA.  
Empresas: Carl Zeiss, Emory Vision, Alcon.