

ÓPTICA VISUAL

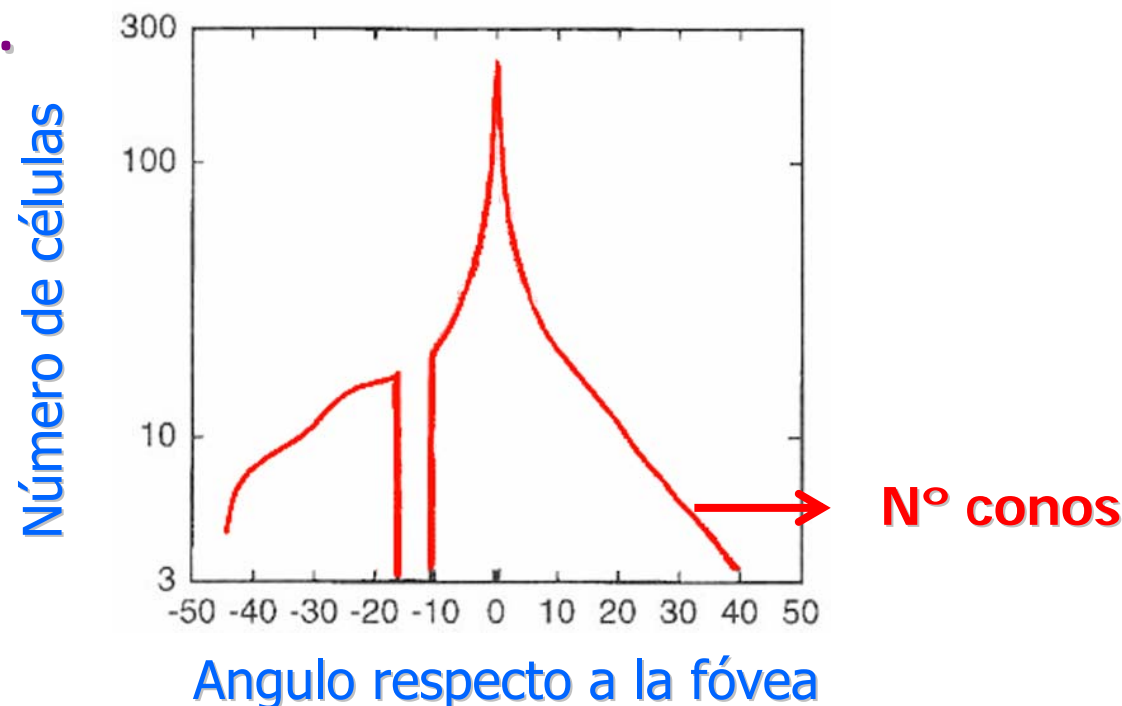
(3º Óptica y Optometría; curso 2010-2011)

Calidad óptica del ojo fuera de eje

1. Introducción.
2. Errores refractivos periféricos.
3. Aberraciones y calidad óptica fuera del eje.

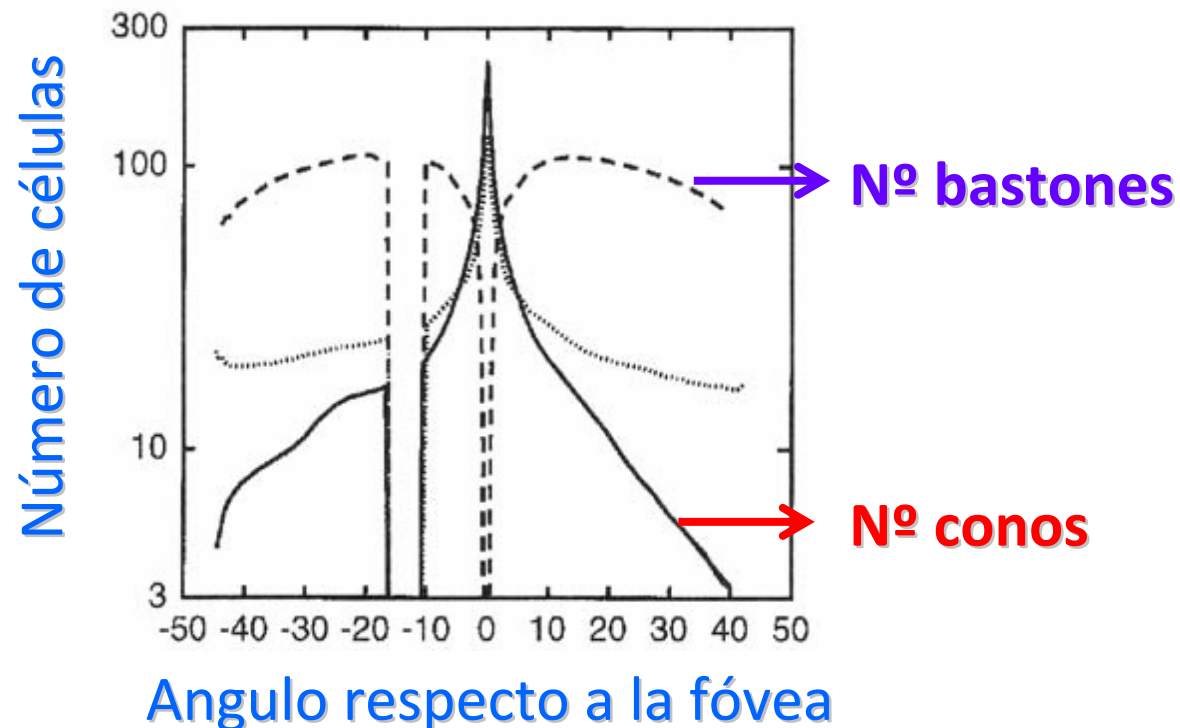
Calidad óptica ocular

El sistema óptico del ojo suele presentar errores de desenfoco y/o de astigmatismo, que afectan a la calidad de la imagen foveal, dependiente de los **conos**.



Aberraciones oculares

- Pero aunque no existan errores refractivos, el ojo tiene una menor calidad óptica periférica.
- No afecta a la visión de detalles, por la escasez de conos.





Aberraciones en eje

En los ojos normales, son ante todo las aberraciones que componen el error refractivo:

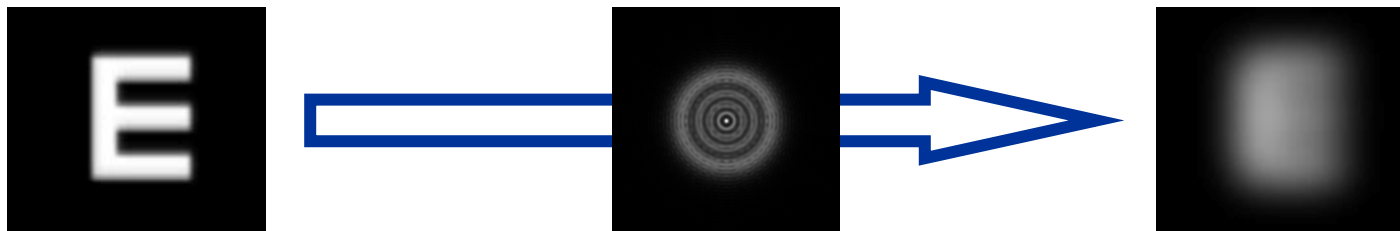
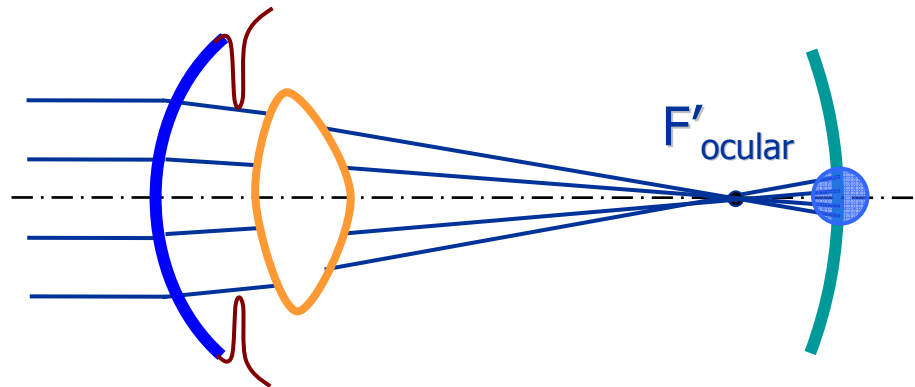
-Desenfoque.

-Astigmatismo refractivo.

-Aberración esférica.

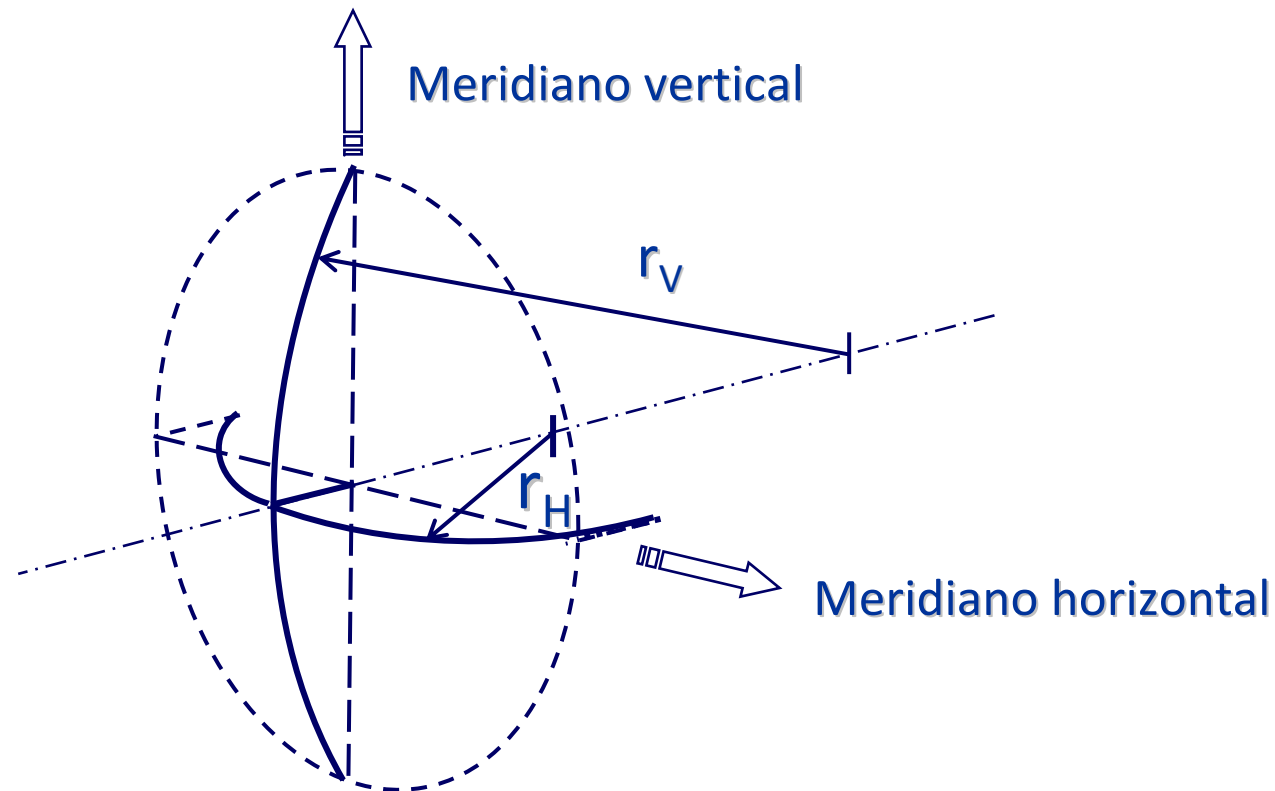
Aberraciones en eje

Desenfoque: el plano imagen está delante o detrás de la retina, lo que provoca una degradación de la calidad de imagen retiniana.



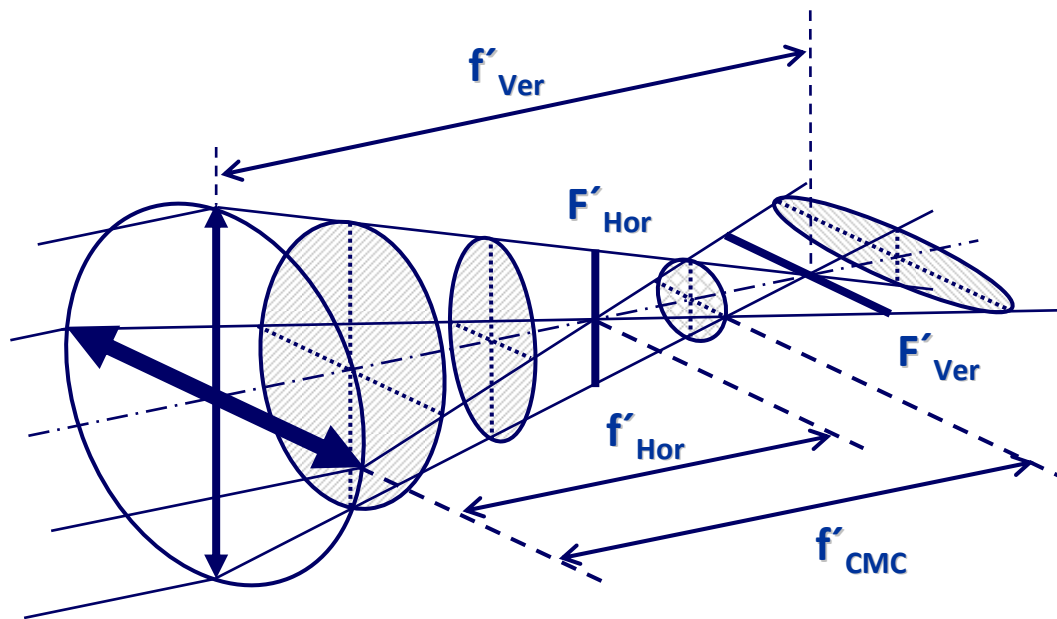
Aberraciones en eje

Astigmatismo refractivo: se produce cuando el sistema óptico presenta dos potencias diferentes en dos meridianos perpendiculares.



Aberraciones en eje

La imagen retiniana puede ser o una línea (*focal de Sturm*), o una elipse, o una mancha simétrica (círculo de mínima confusión).



Visión típica de un astigmata: punto luminoso con baja iluminación

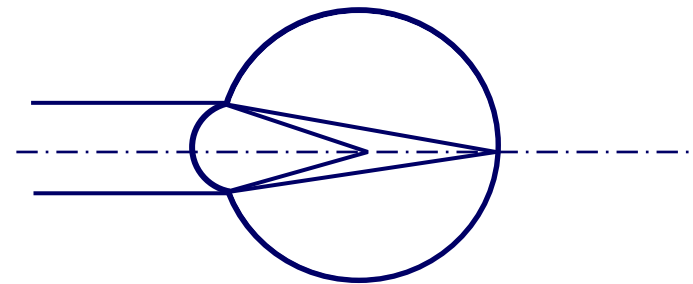
Aberraciones en eje

Astigmatismo refractivo simple:

-Miópico

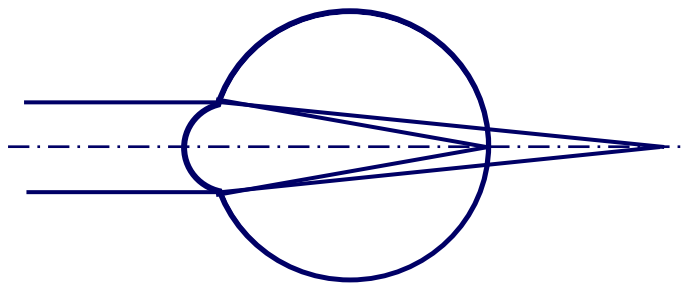
Simple

Compuesto



-Hipermetrópico Simple

Compuesto



-Mixto

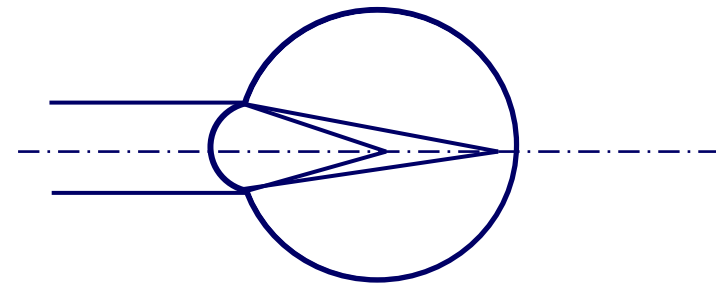
Aberraciones en eje

Astigmatismo refractivo compuesto:

-Miópico

Simple

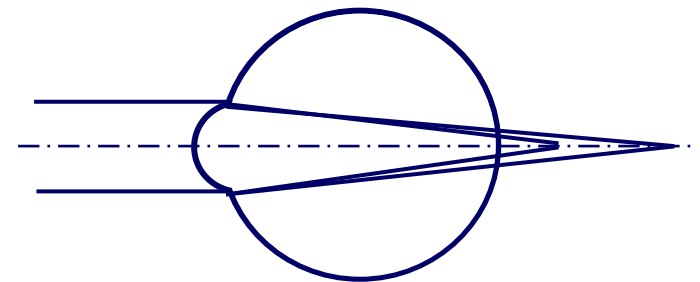
Compuesto



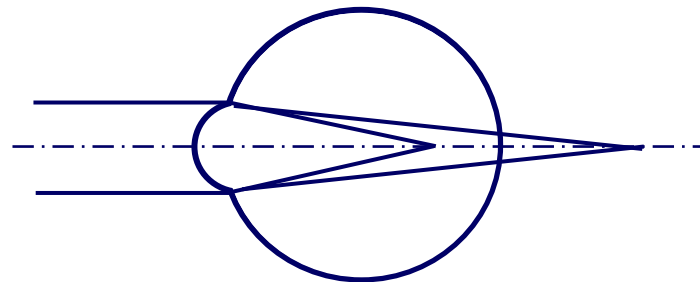
-Hipermetrópico

Simple

Compuesto

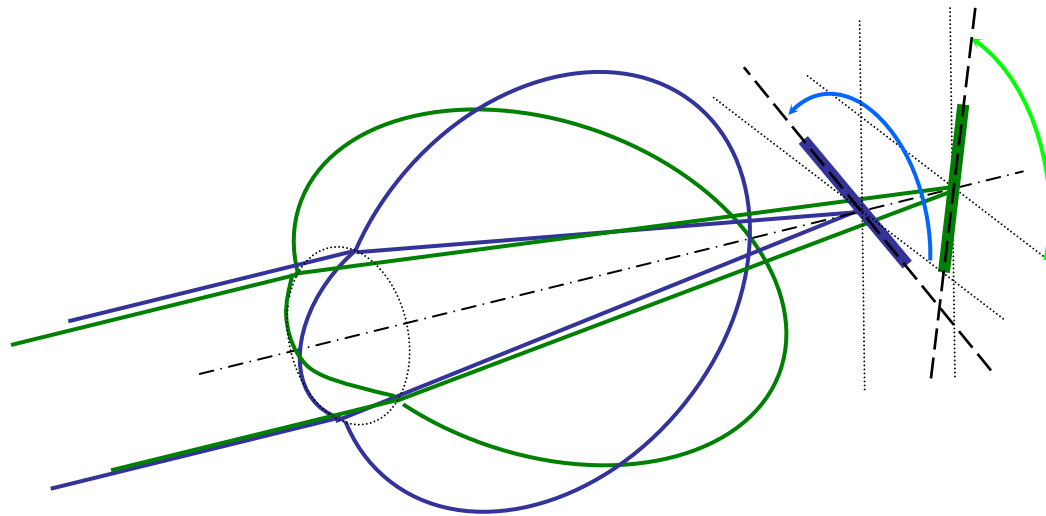


-Mixto



Aberraciones en eje

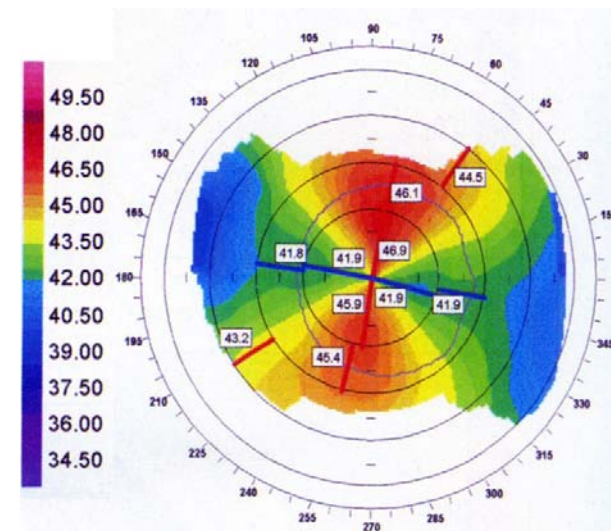
En el astigmatismo compuesto, cada meridiano ocular forma su propia imagen.



Meridiano horizontal a 160° TABO
Focal de Sturm vertical a 70° TABO

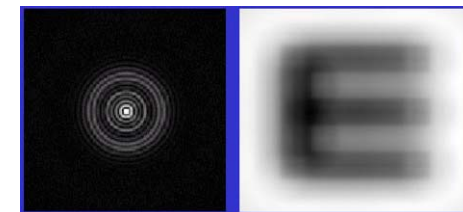
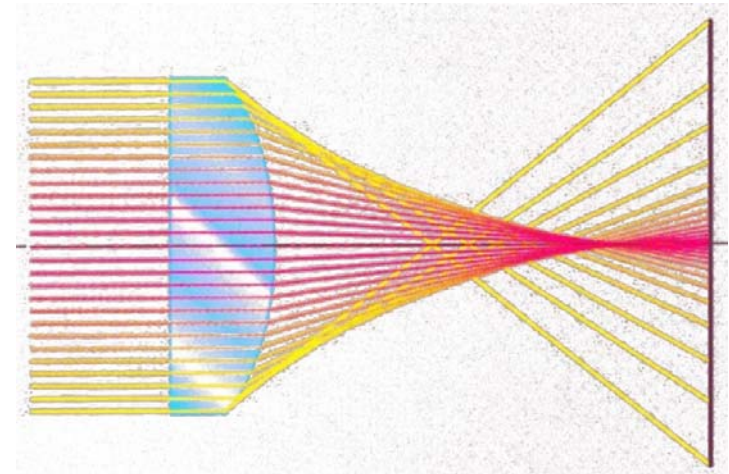
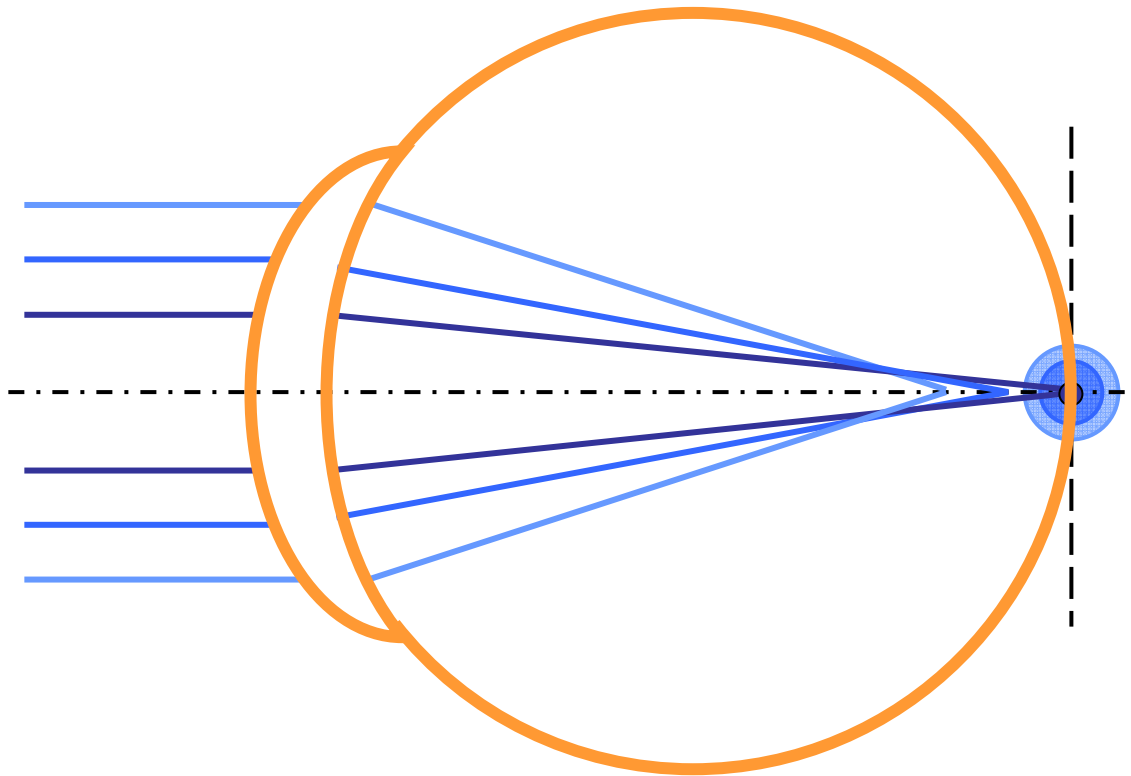
Meridiano vertical a 70° TABO
Focal de Sturm a 160° TABO

Mapa de curvatura de una córnea astigmata



Aberraciones en eje

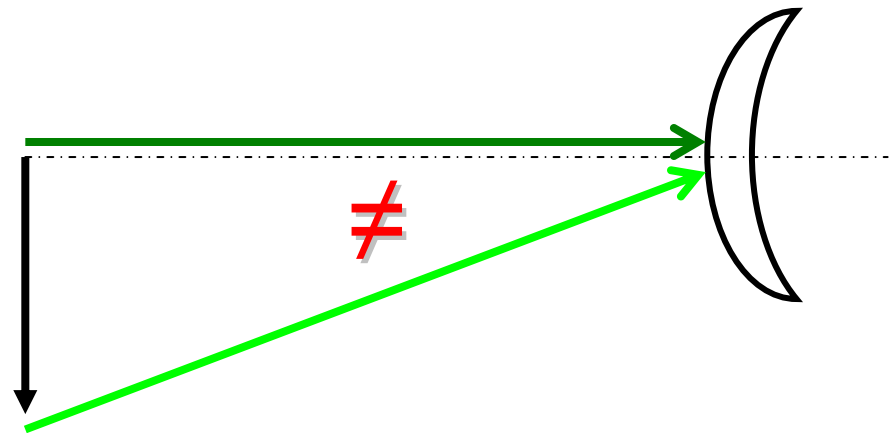
Aberración Esférica: la distancia focal, depende de la altura del rayo.



Aberraciones fuera de eje

Más importantes en la calidad óptica del ojo fuera del eje, pues dependen sobre todo de la excentricidad de los haces:

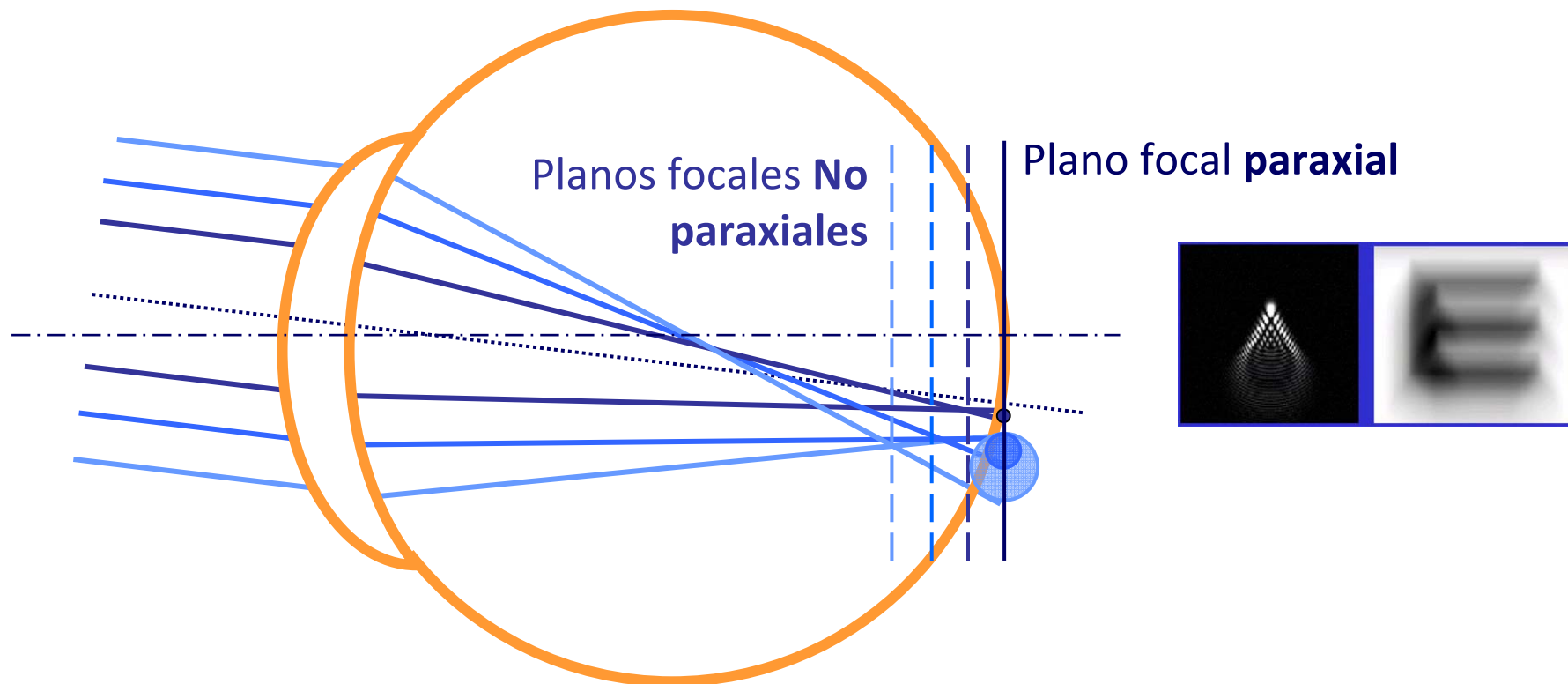
- Coma.*
- Distorsión.
- Curvatura de campo.
- Astigmatismo Oblicuo.



Aberraciones fuera de eje

Apertura+Campo: Coma

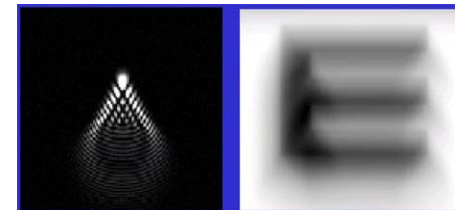
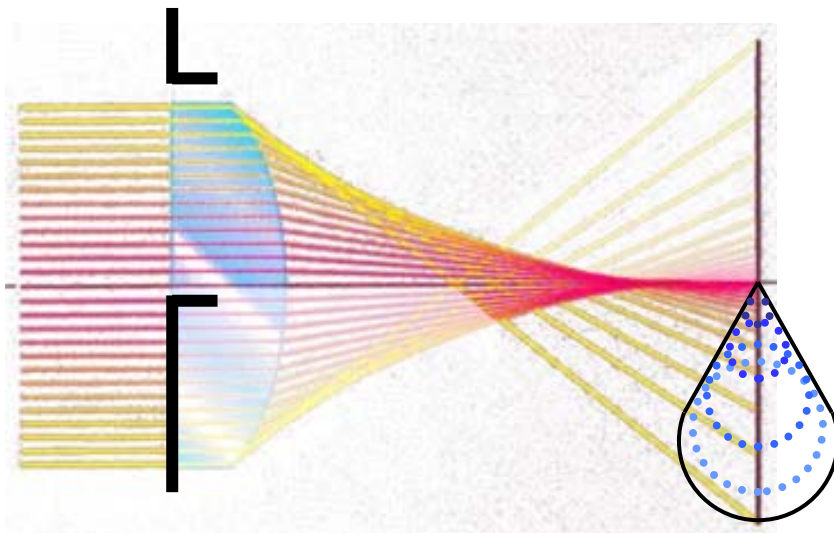
Se produce por la diferente vergencia de rayos paraxiales y no paraxiales ...



Aberraciones fuera de eje

Apertura+Campo: Coma

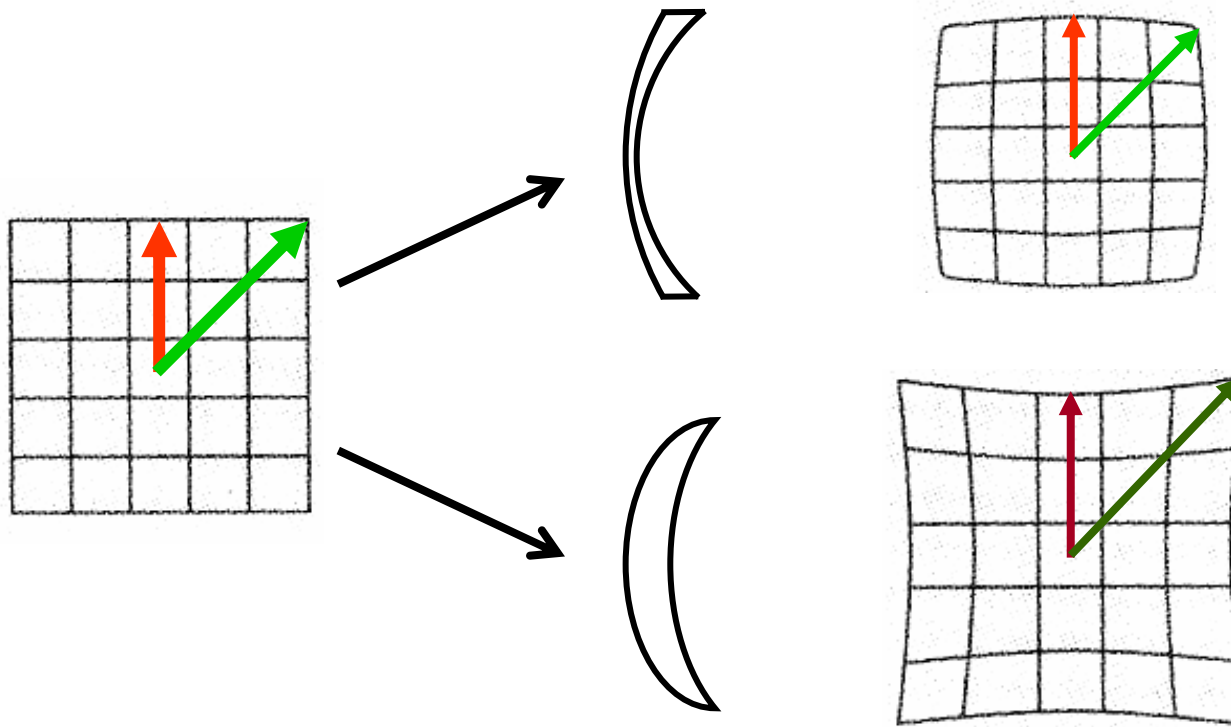
... que por lo general es debida a una inclinación y/o desplazamiento del sistema óptico ocular.



Aberraciones de campo:

Distorsión

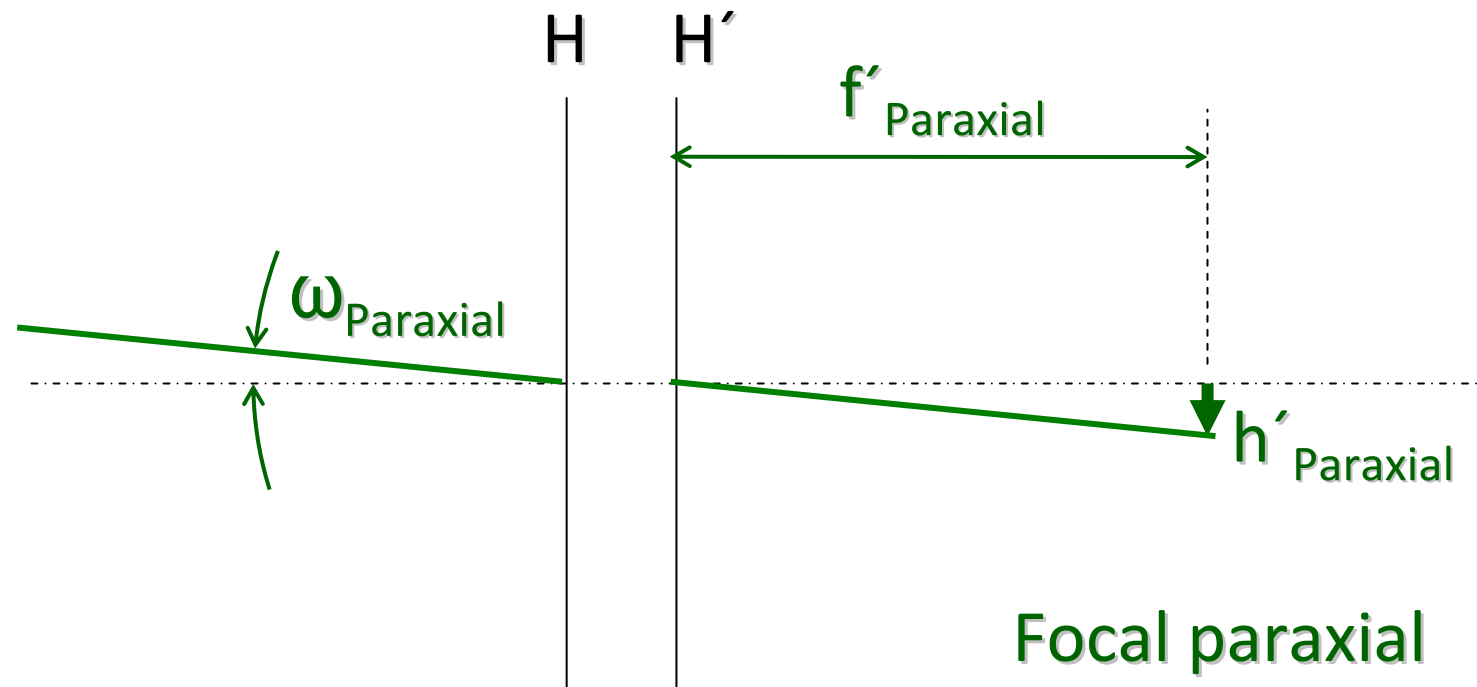
Inconstancia del aumento lateral (β'), luego el tamaño de la imagen depende del objeto.



Aberraciones de campo:

Curvatura de campo

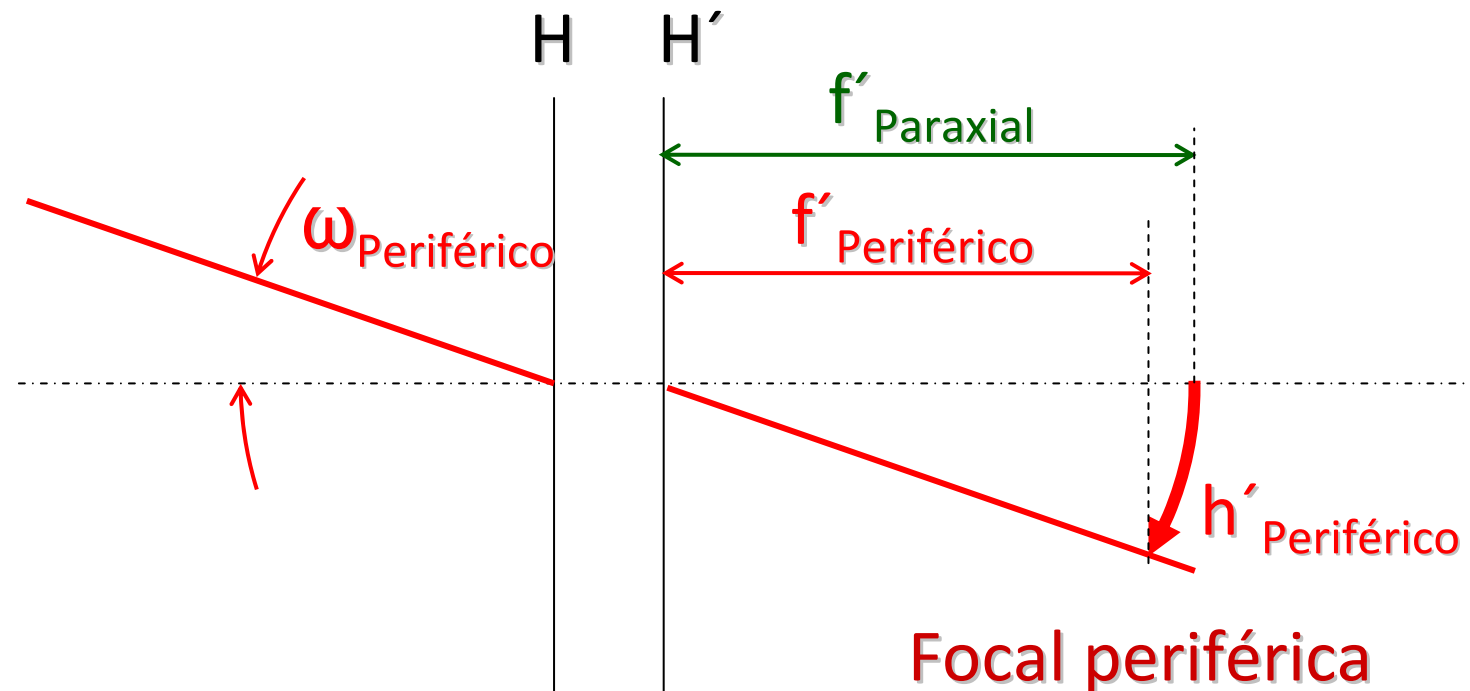
Inconstancia del aumento con la excentricidad del haz ...



Aberraciones de campo:

Curvatura de campo

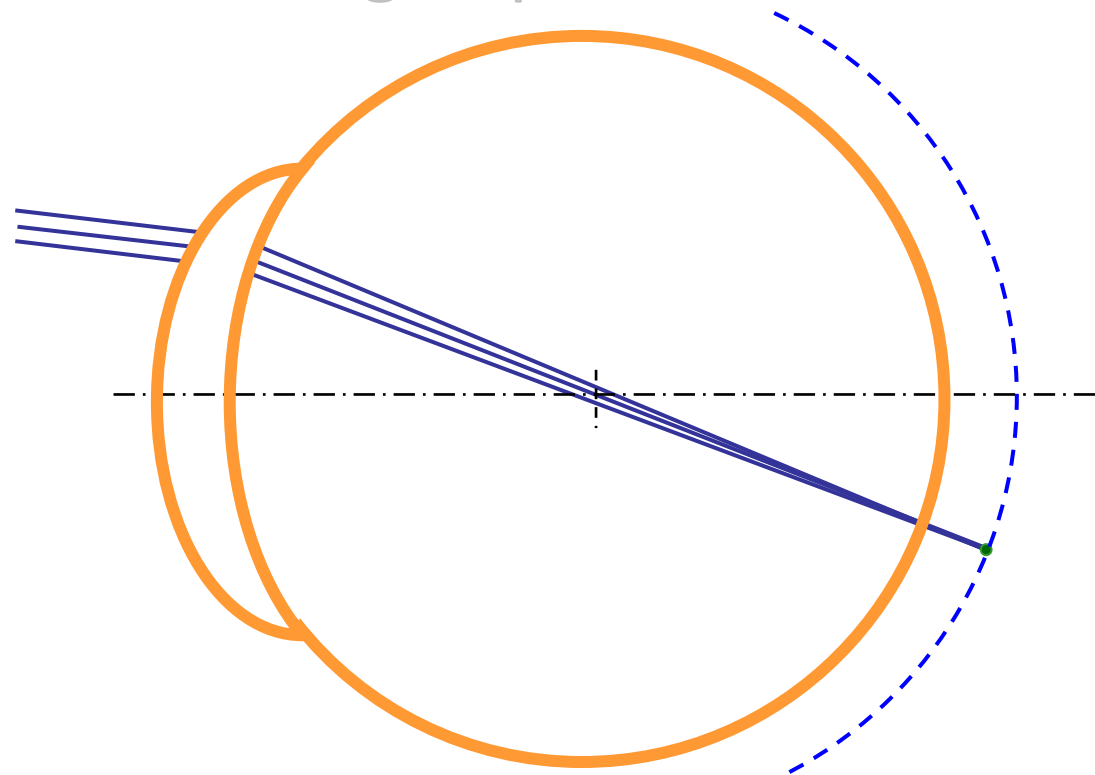
... que provoca una diferencia entre la focal paraxial y la periférica.



Aberraciones de campo:

Curvatura de campo

En el ojo, donde la retina es \approx esférica, favorece la formación de imagen periférica.





Aberraciones de campo:

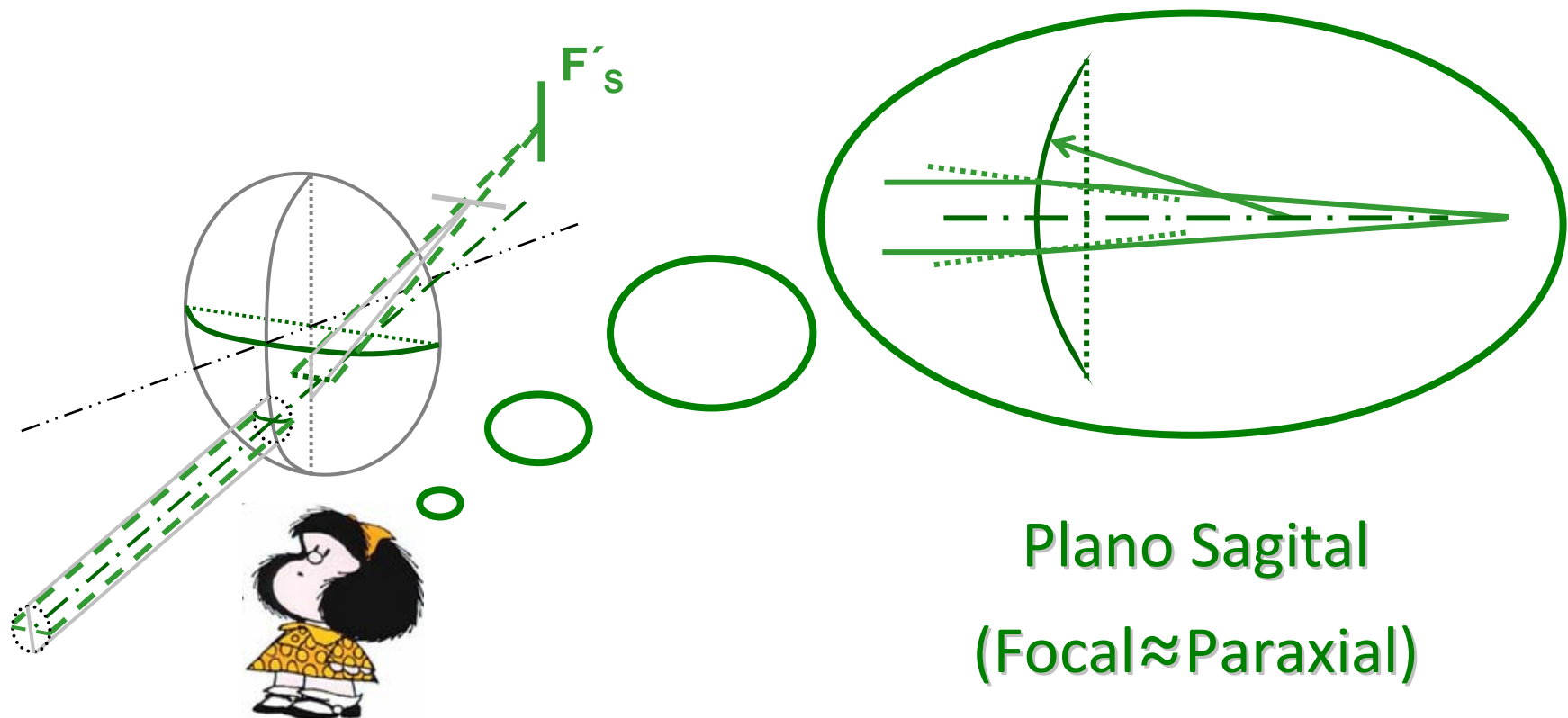
Astigmatismo Oblicuo

- Por la diferencia de camino óptico entre haces que atraviesan el plano meridional y el sagital.
- NO afecta a la imagen foveal, sí a la periférica.
- La relevancia del astigmatismo periférico está aumentando por su posible relación con el desarrollo de miopía en los jóvenes.

Aberraciones de campo:

Astigmatismo Oblicuo

En el plano sagital, la F'_s es igual a la paraxial.

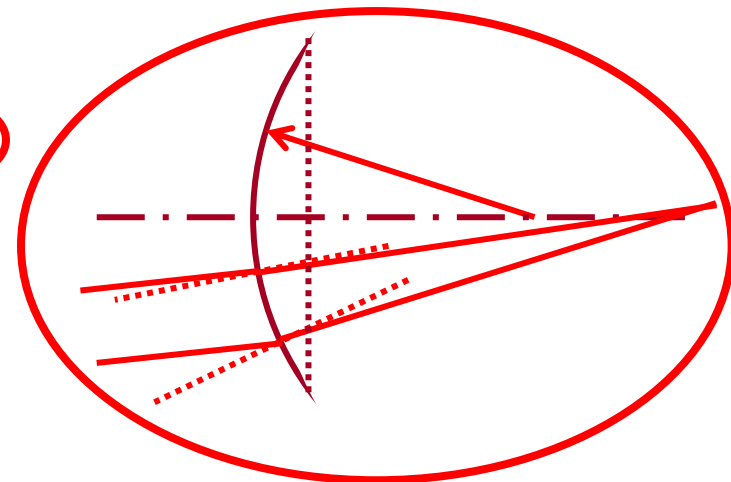
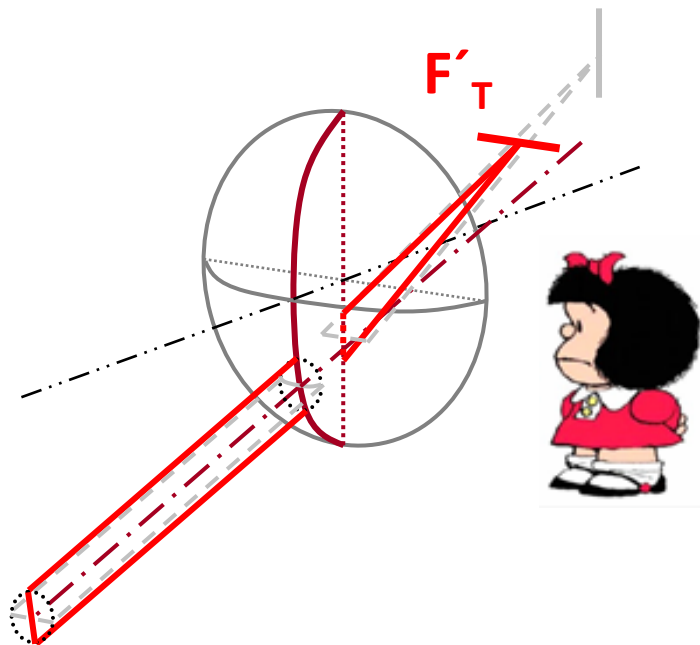


Aberraciones de campo:

Astigmatismo Oblicuo

Por el principio de Fermat, todos los rayos deben recorrer el mismo (y mínimo) camino óptico.

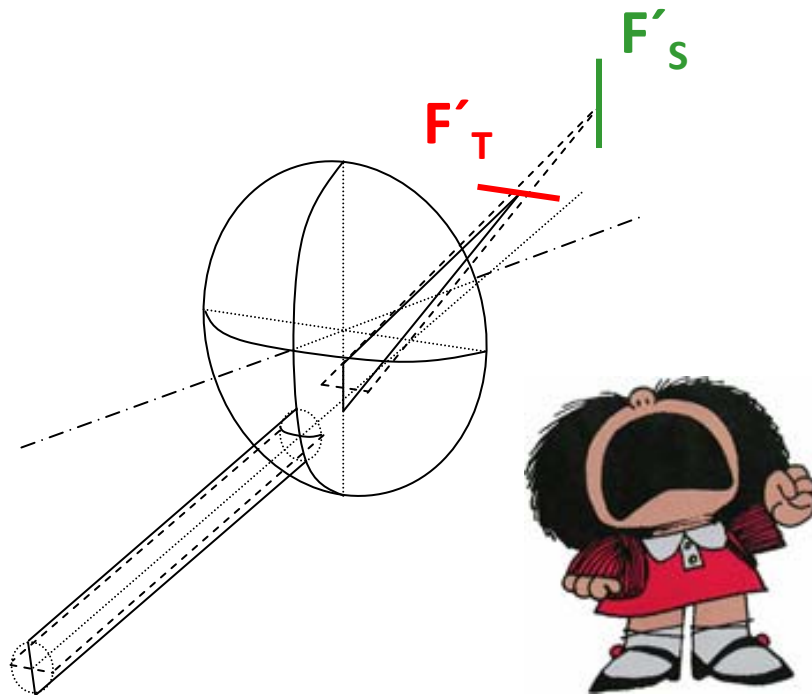
Plano Tangencial o meridional
(Focal \neq Paraxial)



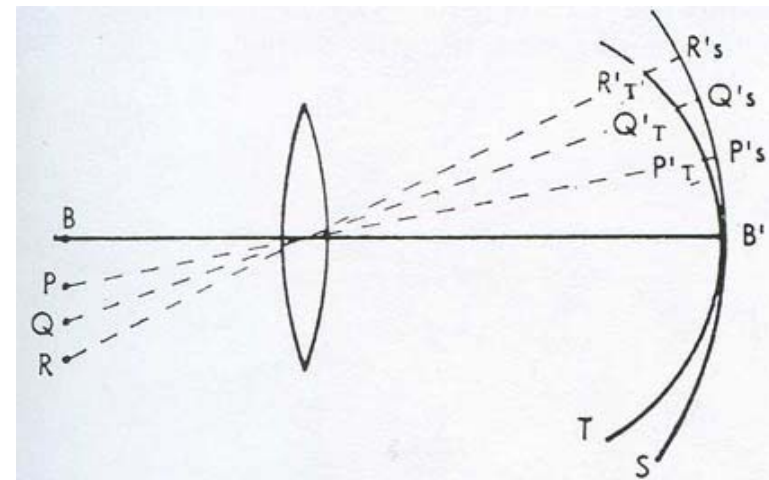
Aberraciones de campo:

Astigmatismo Oblicuo

Eso provoca que hacia la periferia de la lente, la F'_T esté más cercana que la F'_S .



$$\text{Astig.Oblicuo} = P_{\text{Tan}} - P_{\text{Sag}}$$



Aberraciones de campo:

Astigmatismo Oblicuo

Provoca que por ejemplo las fotografías pierdan nitidez en la periferia.



Aberraciones de campo:

Astigmatismo Oblicuo

No afecta a la calidad de visión, que es dinámica y “barre” la escena para percibir los detalles.



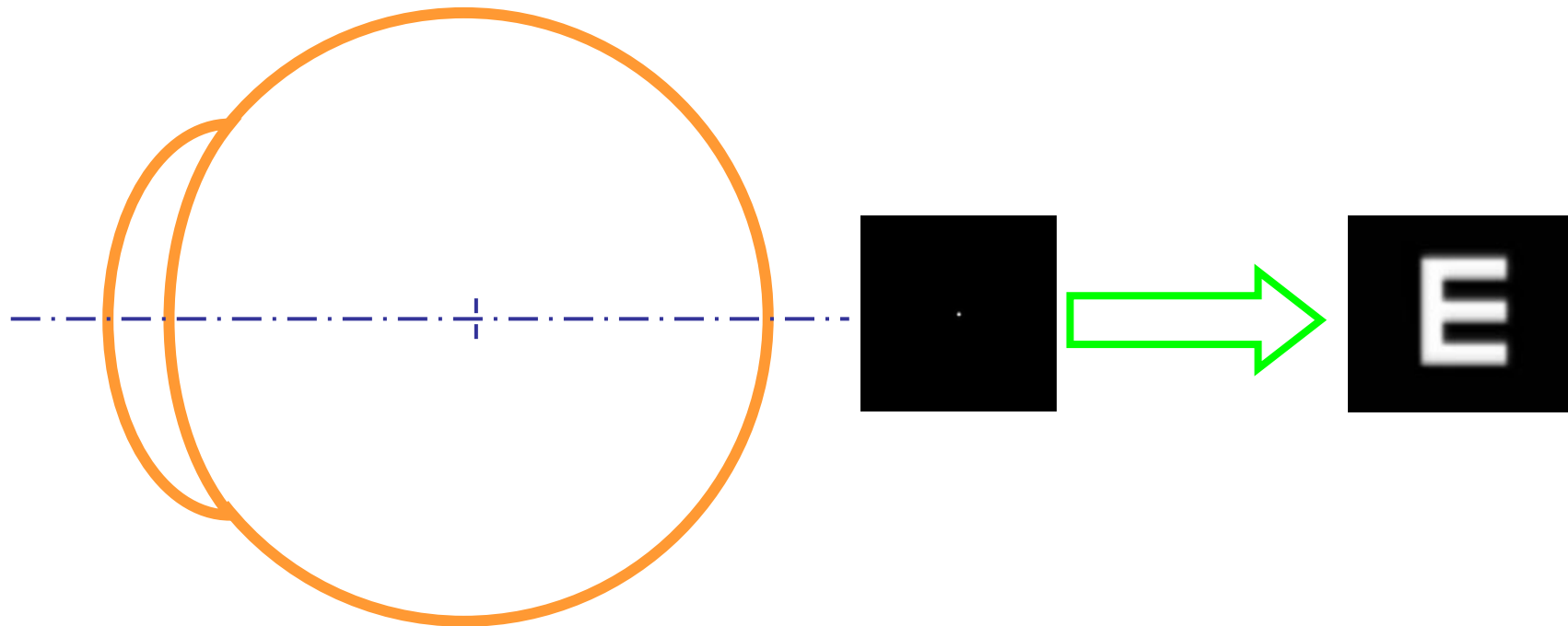
Astigmatismo Oblicuo ocular

Su estudio comienza con Sir Thomas Young (1801), combinando el estudio del error refractivo periférico y resto de propiedades ópticas de la retina periférica.



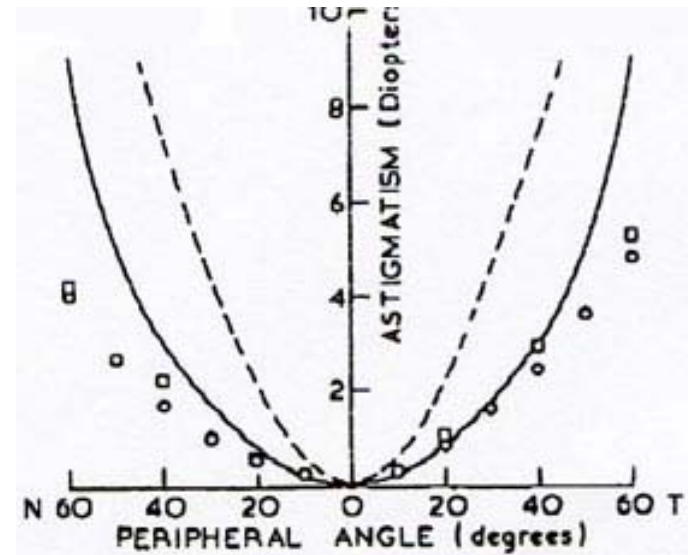
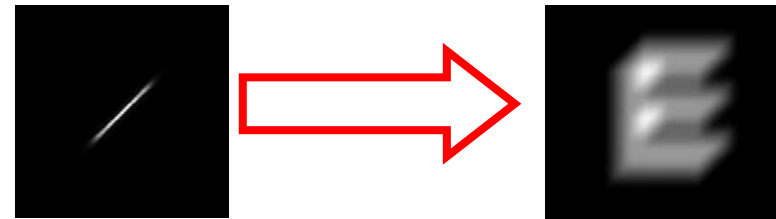
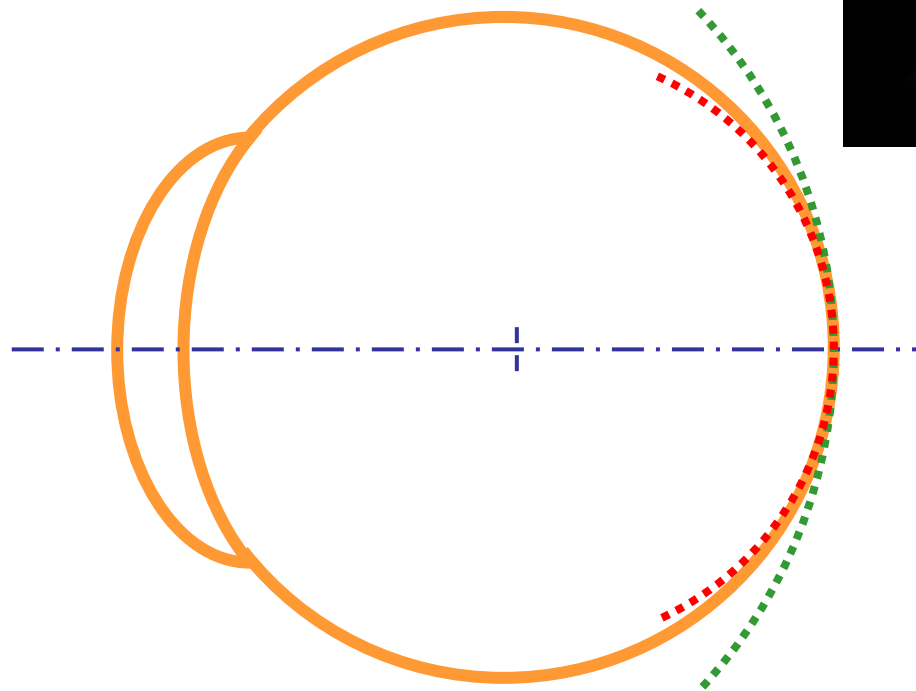
Astigmatismo Oblicuo ocular

En un ojo emétrope, la imagen foveal es de muy buena calidad y apenas se ve afectada por aberraciones de eje como la esférica.



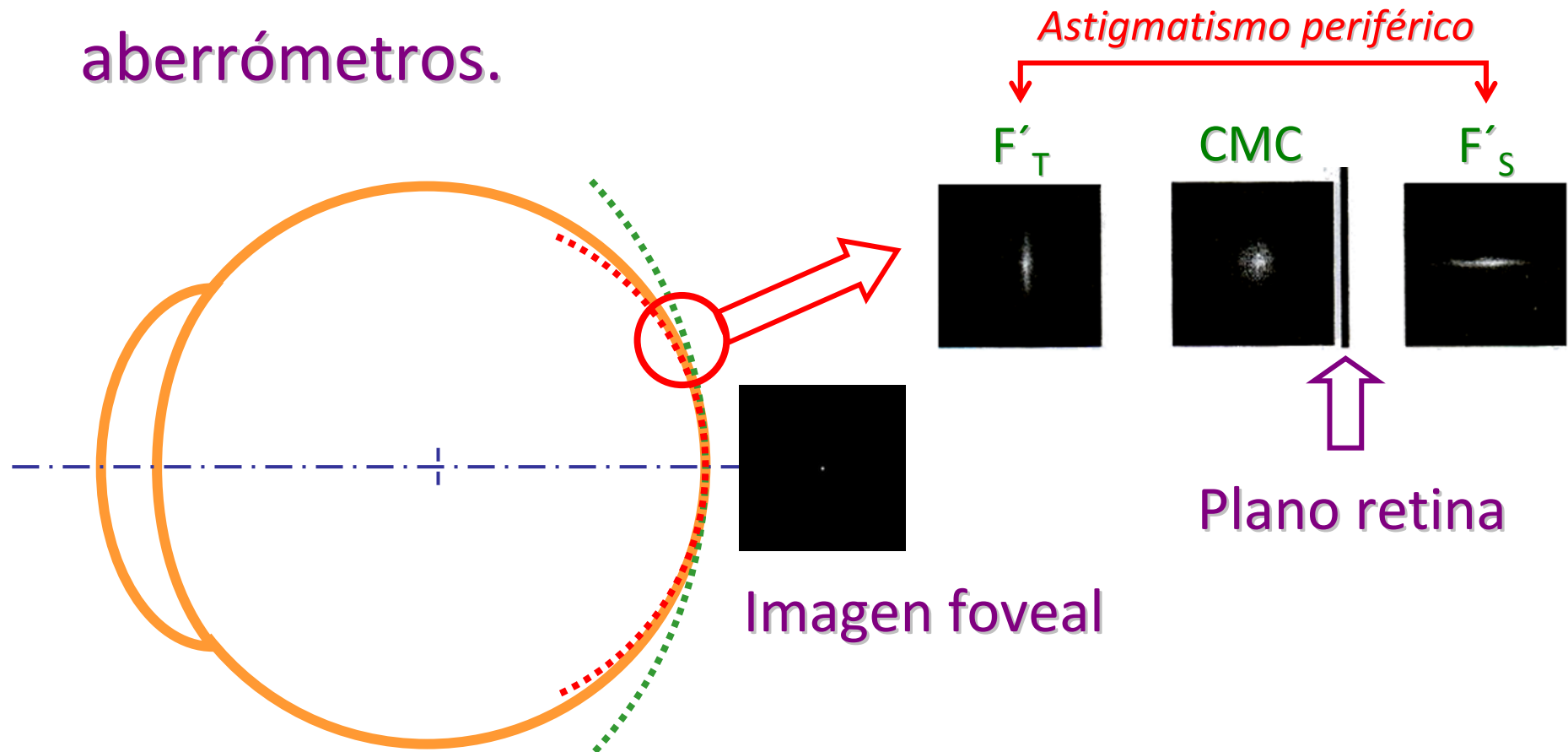
Astigmatismo Oblicuo ocular

Pero en la zona periférica, el astigmatismo y el coma aumentan rápidamente.



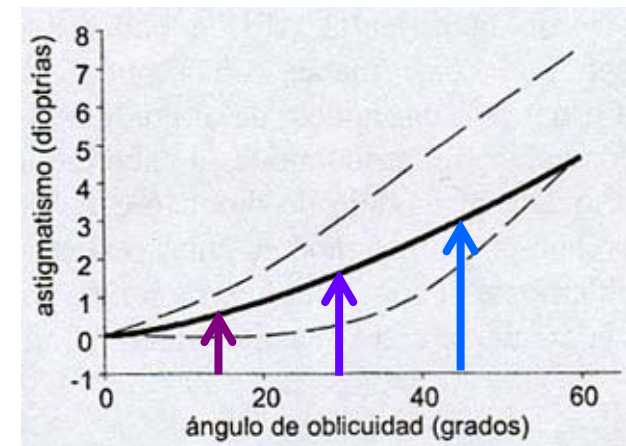
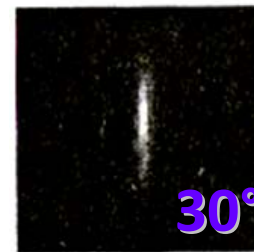
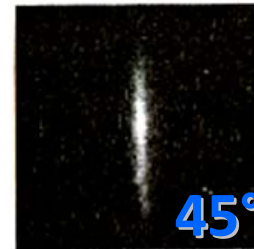
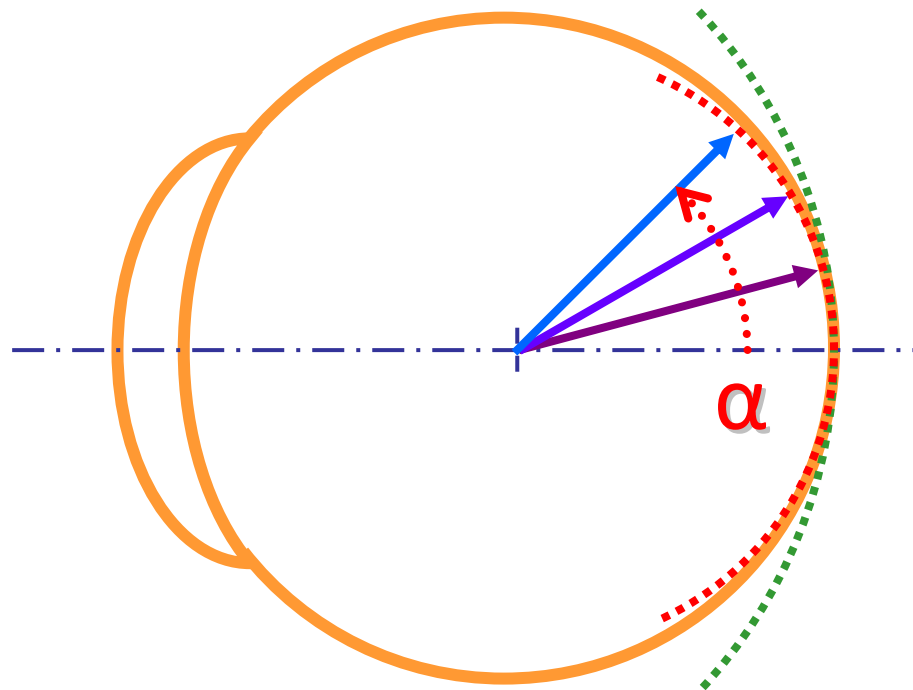
Astigmatismo Oblicuo ocular

Este astigmatismo periférico se puede registrar y medir tanto en imágenes de doble paso como con aberrómetros.



Astigmatismo Oblicuo ocular

El astigmatismo periférico aumenta con la excentricidad del haz.

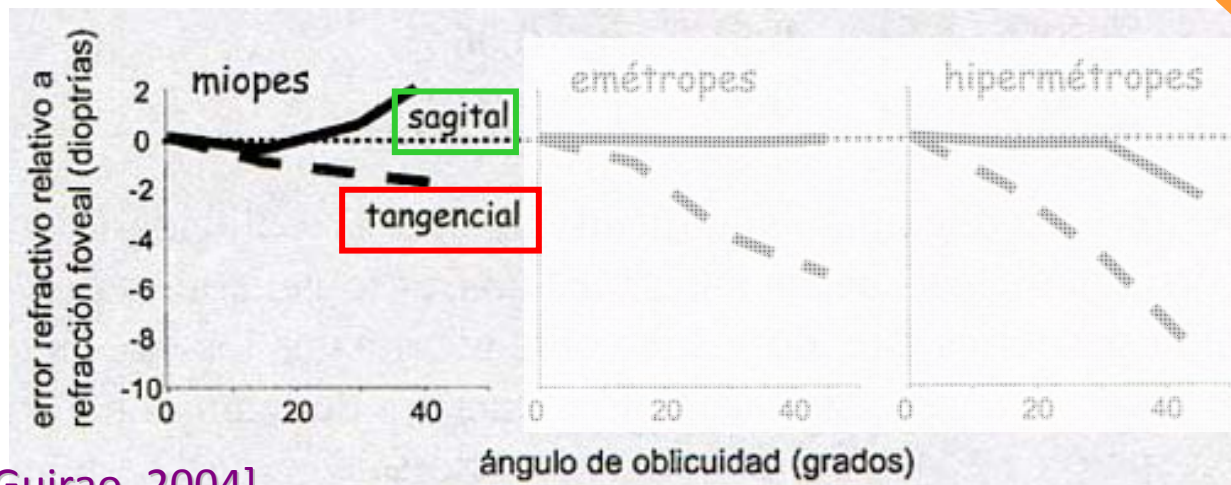
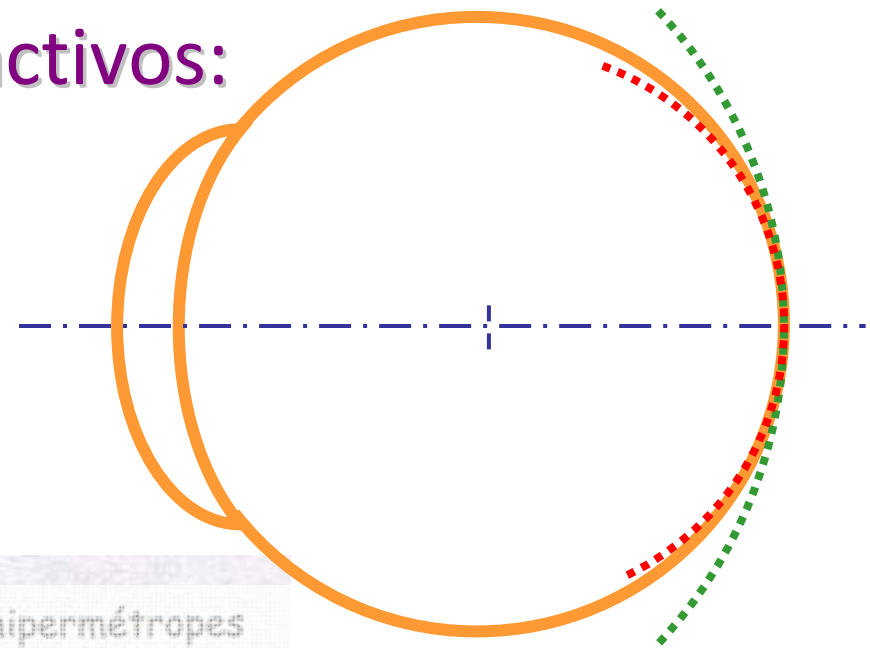


$$\text{Astig} = 0.01 \cdot \alpha^{1.5}$$

Astigmatismo Oblicuo ocular

La posición de los focos tangencial y sagital cambia entre grupos refractivos:

Los miopes suelen ser hipermétropes en la periferia

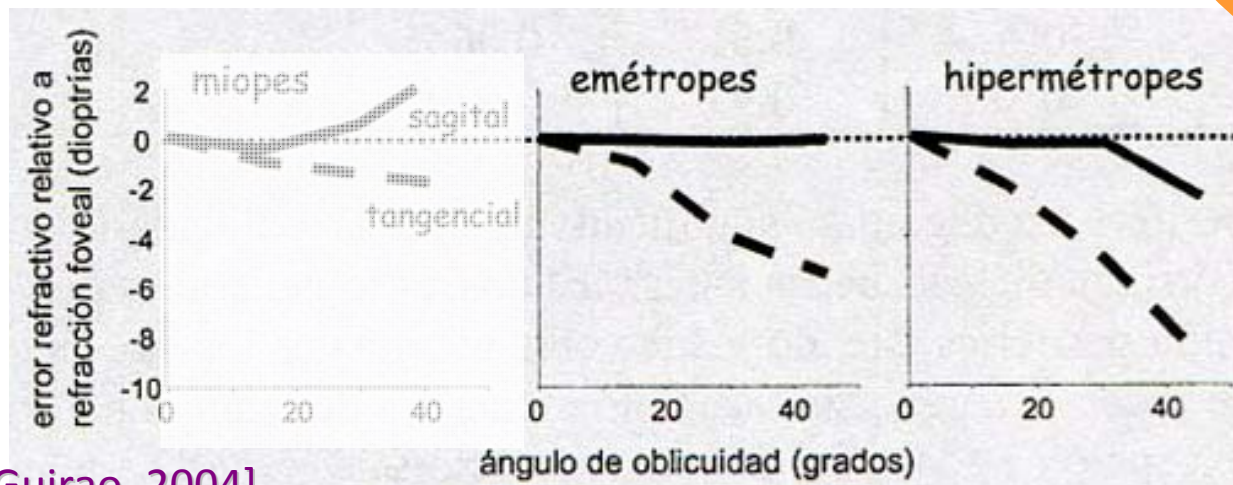
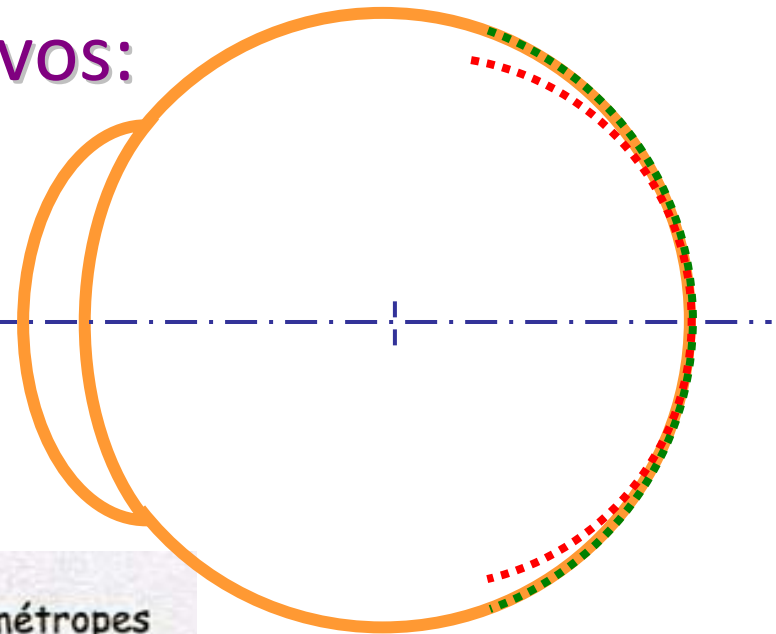


[Guirao, 2004]

Astigmatismo Oblicuo ocular

La posición de los focos tangencial y sagital cambia entre grupos refractivos:

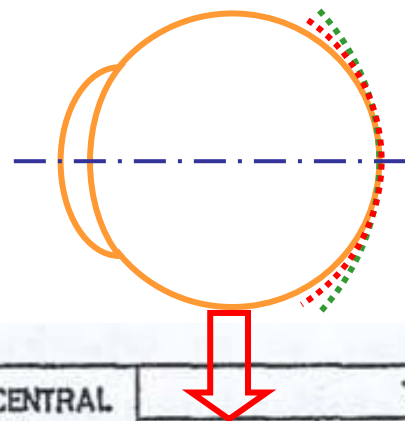
Por el contrario, los emétropes e hipermétropes suelen ser miopes en la periferia








[Guirao, 2004]

Astigmatismo Oblicuo ocular

La *homeostasis* relaciona la hipermetropía periférica con el posterior desarrollo de miopía.



% de casos que evolucionaron hacia la miopía

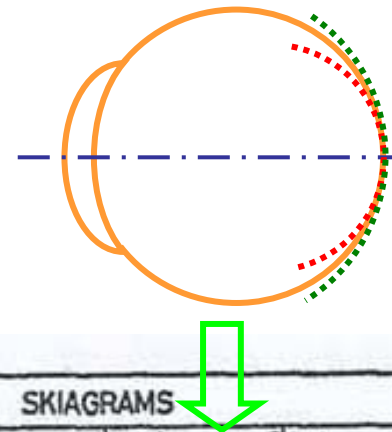
SHIFT OF CENTRAL REFRACTION	TYPES OF SKIAGRAMS					TOTAL
	I 	II 	III 	IV 	V 	
HYPEROPIA → MYOPIA	4 (45%)	1 (11%)	2 (22%)	2 (22%)	—	9
HYPEROPIA → EMMETROPIA	11 (40%)	5 (17%)	6 (22%)	6 (22%)	—	28
EMMETROPIA → MYOPIA	13 (77%)	2 (12%)	1 (6%)	1 (6%)	—	17
EMMETROPIA HYPEROPIA (NO SHIFT)	8 (5%)	35 (22%)	5 (3%)	103 (66%)	9 (5%)	160





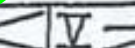
[Hoogerheide, Rempt, & Hoogenboom, 1971]

Astigmatismo Oblicuo ocular

2/3 de las personas estudiadas con la periferia miope, NO desarrollaron miopía posterior.

Los que no cambiaron (66% de casos) eran miopes en la periferia

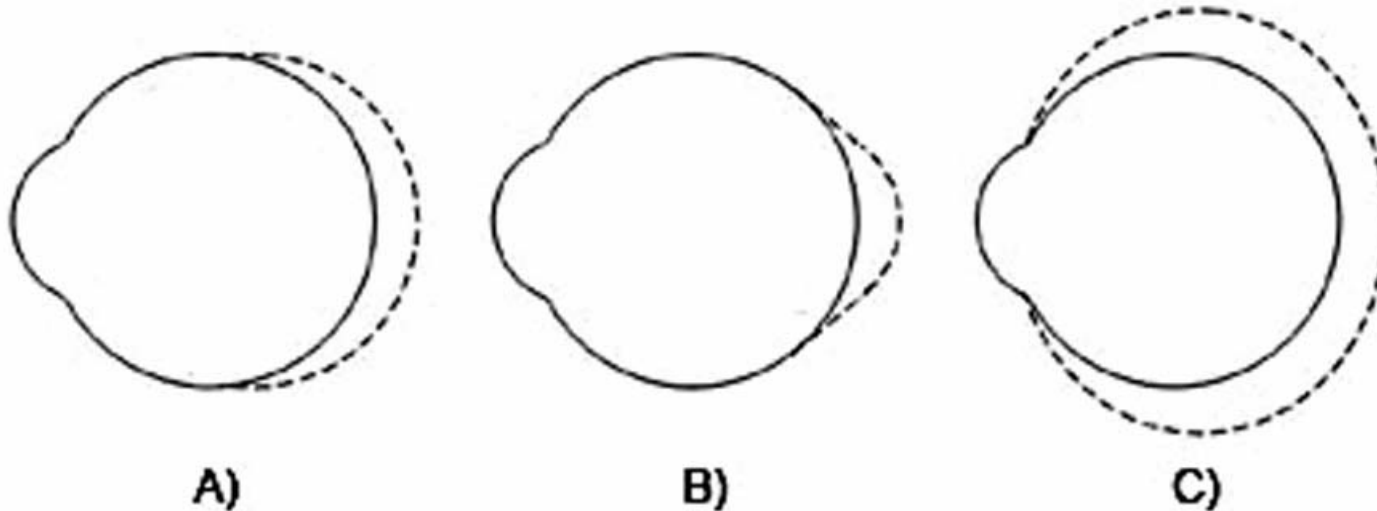


SHIFT OF CENTRAL REFRACTION	TYPES OF SKIAGRAMS					TOTAL 214
	I 	II 	III 	IV 	V 	
HYPEROPIA → MYOPIA	4 (45%)	1 (11%)	2 (22%)	2 (22%)	—	9
HYPEROPIA → EMMETROPIA	11 (40%)	5 (17%)	6 (22%)	6 (22%)	—	28
EMMETROPIA → MYOPIA	13 (77%)	2 (12%)	1 (6%)	1 (6%)	—	17
EMMETROPIA HYPEROPIA (NO SHIFT)	8 (5%)	35 (22%)	5 (3%)	103 (66%)	9 (5%)	160

[Hoogerheide, Rempt, & Hoogenboom, 1971]

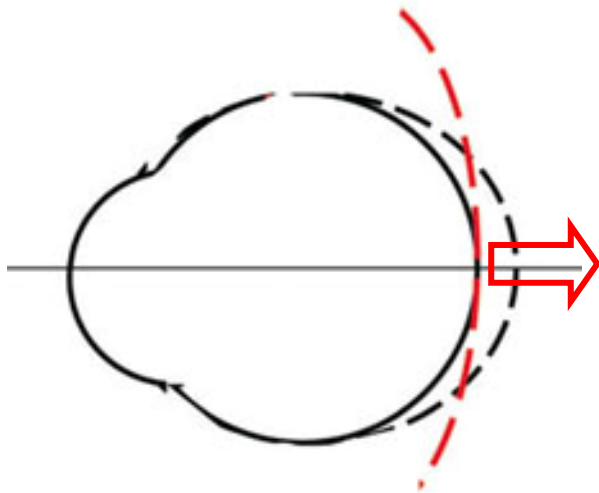
Astigmatismo Oblicuo ocular

En los ojos miopes el polo posterior del ojo es más grande por elongamiento posterior (A) o por un mayor tamaño global del ojo (C).



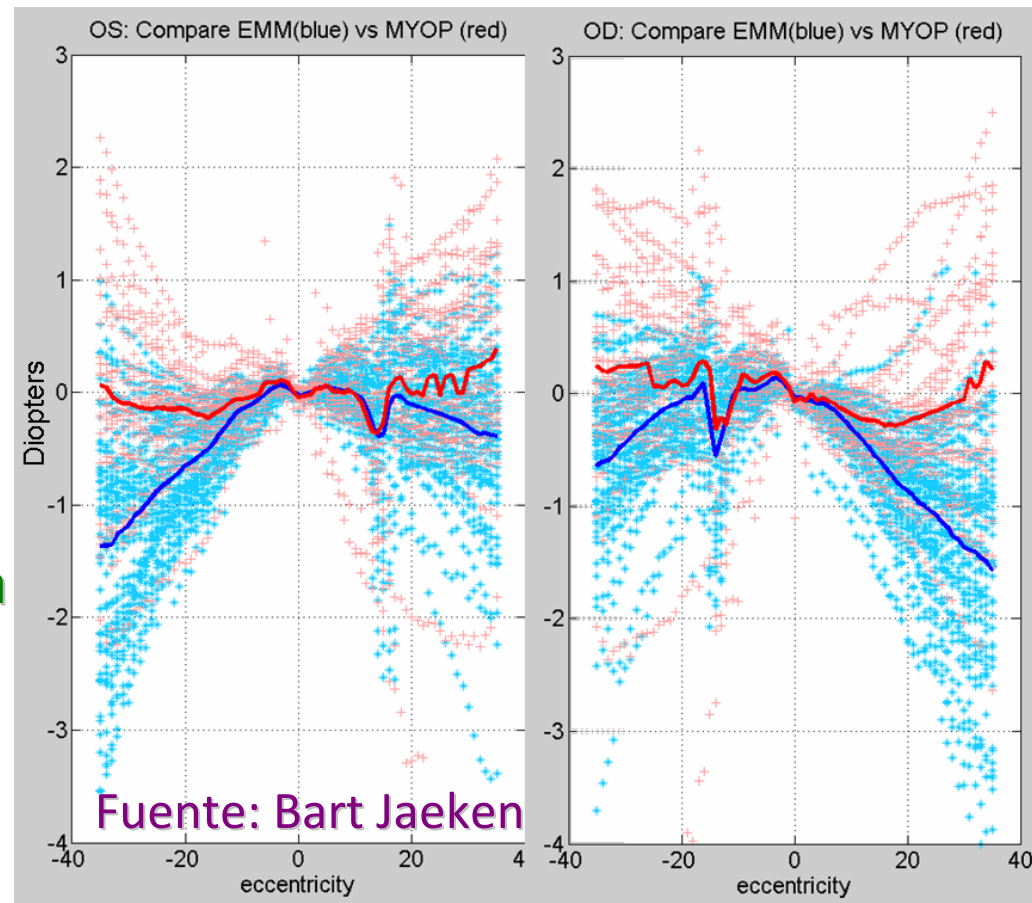
Astigmatismo Oblicuo ocular

Queda por resolver si la retina periférica es hipermétrope como causa o como consecuencia.



La retina central sería víctima del distanciamiento axial provocado por la periferia

[Charman & Radhakrishnan, 2010]



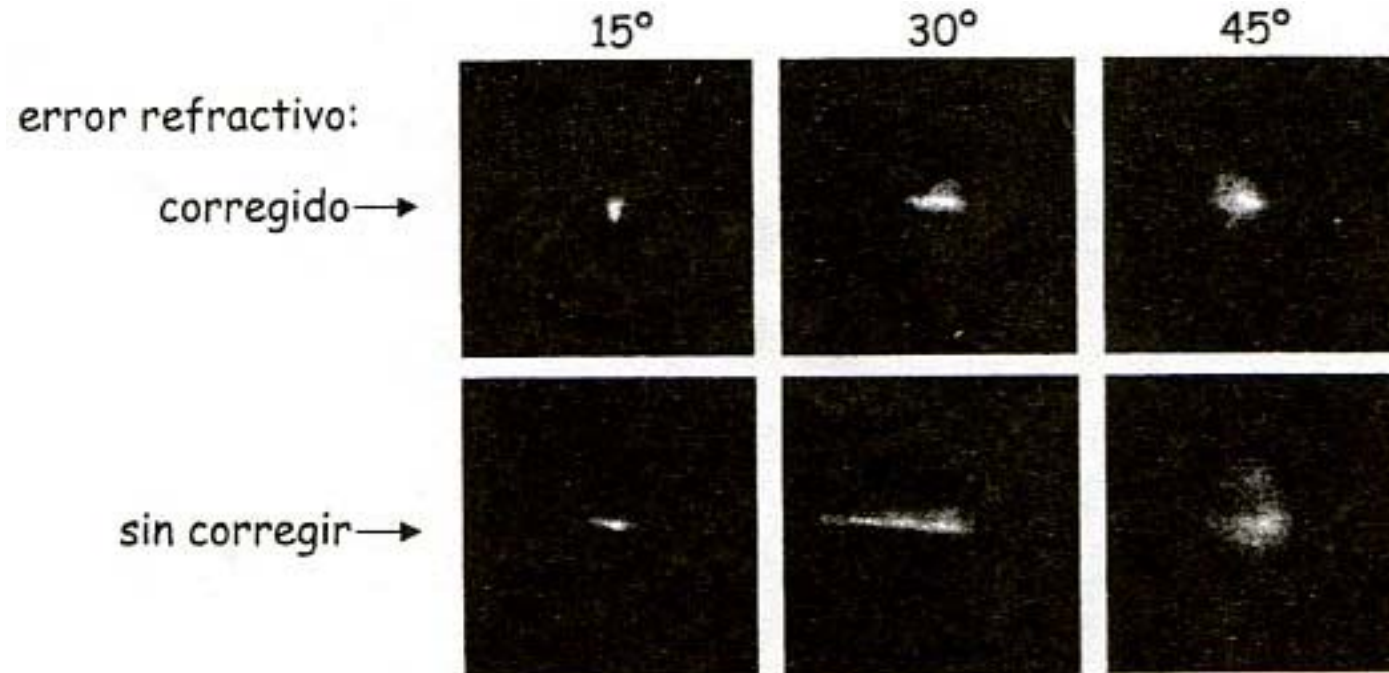
Astigmatismo Oblicuo ocular

Existen lentes que *miopizan* la retina periférica, para, según los fabricantes, reducir en un 30% la progresión de la miopía.

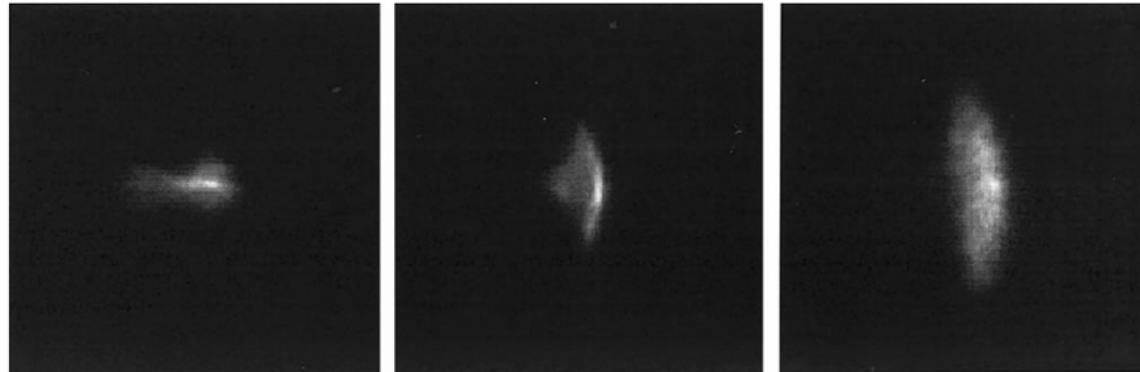


Otras aberraciones periféricas

La excentricidad del haz también provoca un aumento de otras aberraciones, como el *coma*:



Otras aberraciones periféricas

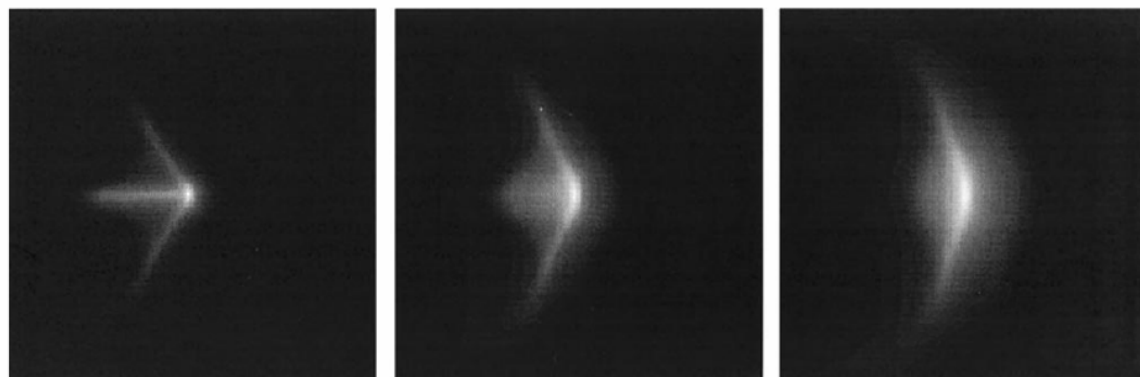


15°

30°

45°

*Coma registrado
(doble paso)*



(d)

(e)

(f)

Simulado

¿Afecta a nuestra calidad de visión?



Bibliografía

Guirao A. *Óptica Visual*. ICE-Universidad de Murcia, 2004.

Atchison DA, Jones CE, Schmid KL, Pritchard N, Pope JM, Strugmell WE, Riley RA. Eye shape in emmetropia and myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45(10):3380-3386.

Charman WN, Radhakrishnan H. Peripheral refraction and the development of refractive error: a review. *Ophthal Physiol Opt* 2010;30:321-338.

Wallman J, Winawer J. Homeostasis of Eye Growth and the Question of Myopia. *Neuron* 2004; 43:447–468.

Hoogerheide J, Rempt F, Hoogenboom WP. Acquired myopia in young pilots. *Ophthalmologica* 1971;163(4):209-215.

The present work includes figures, images and tables extracted or modified from material previously published on scientific articles, books and webpages. It has been design for it use at classroom, then for nonprofit educational purposes. According to the Copyright law of the USA to the UK copyright law, the author consider that is doing a "fair-use" of these material. All the copyrighted material included, has been conveniently cited in the correponding slide, and listed in the bibliography (Bibliografía) section.