

UBICACIÓN DE LOS PLANOS PRINCIPALES DE LA CÓRNEA DE PACIENTES CON AMETROPIAS BAJAS EN LAS CLÍNICAS DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

¹Juan José Barrios Arlante, ²Yhisetd Gerardine Parada Jaimes, ³Mayra Alejandra Ramírez Loiza

¹M.Sc. en Física. Profesor U. Santo Tomás, Bucaramanga

²Estudiante de X semestre de la Facultad de Optometría U. Santo Tomás, Bucaramanga

³Estudiante de X semestre de la Facultad de Optometría U. Santo Tomás, Bucaramanga

Autor responsable de correspondencia: Juan José Barrios Arlante
Correo electrónico: juan.barrios01@ustabuca.edu.co

RESUMEN

Los estudios concernientes a la fenomenología óptica del ojo y sus estructuras refractivas como la córnea y el cristalino, entre otras, presentan información cualitativa y cuantitativa de las emetropías y ametropías de este sistema óptico en particular. En el trabajo desarrollado se propuso determinar la ubicación de los planos principales en la córnea de 192 personas atendidas en la clínica de la Universidad Santo Tomás sede Bucaramanga. Se inició tomando la información de las medidas de los radios de curvatura de la cara anterior, cara posterior de la córnea y el espesor corneal, generados por la Pentacam HR, los cuales fueron registrados en los archivos de la Facultad de Optometría en los periodos de 2009 a 2012. Se utilizan las ecuaciones fisicomatemáticas del texto de Óptica Fisiológica de Mariano Aguilar, y se determinan los puntos y planos principales del dioptrio corneal. Se logró determinar la potencia de la córnea con un valor promedio de 41,07 D representando el 3,05% de error respecto al valor teórico de 42,36 D. También se logró determinar que en cada uno de los grupos etarios la ubicación de los planos principales quedó a la izquierda y fuera de la córnea, lo cual resulta congruente con la fisiología óptica del dioptrio en investigación. Se puede decir que la ubicación de los planos principales en la córnea puede verse afectada por la edad del paciente que se analice. Los resultados obtenidos posibilitan realizar correlaciones con los ejercicios y modelos realizados a nivel nacional e internacional en el campo de la optometría, oftalmología, entre otras, complementando así los conocimientos que se tienen al respecto de la fisiología óptica de la córnea. [Barrios JJ, Parada YG, Ramírez M. ubicación de los planos principales de la córnea de pacientes con ametropías bajas en las Clínicas de la Universidad Santo Tomás. Ustasalud. 2014;13(2): 120 - 129]

Palabras clave: Córnea, ojo, óptica.

LOCATION OF CORNEA'S MAIN MAPS OF PATIENTS WITH LOW AMETROPIES AT UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

ABSTRACT

Studies concerning the optical phenomenology of the eye and refractive structures such as the cornea and lens among others, have qualitative and quantitative information from emmetropy and refractive error of this optical system in particular. In the developed work it was to determine the location of the principal planes in the cornea of 192 people treated at the clinic Santo Tomas University based Bucaramanga. He started taking information from the measures of the radii of curvature of the anterior, posterior surface of the cornea and corneal thickness generated by the Pentacam HR which were recorded in the archives of the School of Optometry in periods of 2009 to 2012. Physical and mathematical equations, text Physiological Optics Mariano Aguilar, are used and the main points and planes of corneal diopter are determined. It was possible to determine the power of the cornea with an average value of 41.07 D representing 3.05% error from the theoretical value of 42.36 D. It also was determined that in each of the age groups location the principal planes and was left out of the cornea, which is consistent with the dioptric optical physiology research. It can be said that the location of the principal planes in the cornea can be affected by patient age being analyzed. The results obtained make it possible correlations with the exercises and / or models made at national and international level in the field of optometry, ophthalmology, among others, complementing the knowledge we have about optical physiology of the cornea.

Keywords: Cornea, eye, optical.

Recibido para publicación: 13 de noviembre de 2014. Aprobado para publicación: 18 de diciembre de 2014.

INTRODUCCIÓN

El ojo es un instrumento óptico estructurado, de tal forma que, parte de la información luminosa reflejada o emitida por los objetos se refracta a través de los dioptrios que lo conforman. La mayor parte de la información transmitida llega hasta la fovea donde es procesada por sensores fotosensibles y caracterizada por el cerebro, denominándose a todo esto el sentido de la visión. En su corto pero espectacular proceso de transmisión la luz debe pasar por distintos medios refractivos entre los cuales se encuentra la córnea, el humor acuoso, el cristalino y el humor vítreo.

La córnea es un menisco convergente, con índice de refracción promedio de 1,376, que hace parte de los componentes generadores y formadores de imágenes que conforman la estructura óptica del ojo². Los planos principales sirven para generalizar el trayecto de la luz, desde la perspectiva de la óptica geométrica y fisiológica. Debido a esto toma validez el poder realizar estudios en los cuales se tenga información sobre las características ópticas de dicho menisco.

Basados en un estudio observacional descriptivo de corte transversal y retrospectivo, se propuso determinar la ubicación de los planos principales en la córnea en 192 pacientes atendidos en la Clínica de la Universidad Santo Tomás. En este artículo se presentan tópicos sobre la ubicación de los planos principales en la córnea, la fenomenología óptica y ecuaciones descritas en¹. En primera instancia se muestran tópicos de los referentes teóricos en los cuales se basó el estudio, posteriormente, los materiales y el método utilizado.

La investigación desarrollada puede servir de complemento a los estudios sobre el ojo a través de la información que se logra obtener. Es posible que este tipo de trabajo se correlacione con proyectos sobre la cirugía refractiva en el ojo de seres humanos, realizada para corregir algún tipo de ametropía o patología que presente una paciente en general, y que este pueda mejorar su visión estereoscópica.

UBICACIÓN DE LOS PLANOS PRINCIPALES EN UNA CÓRNEA

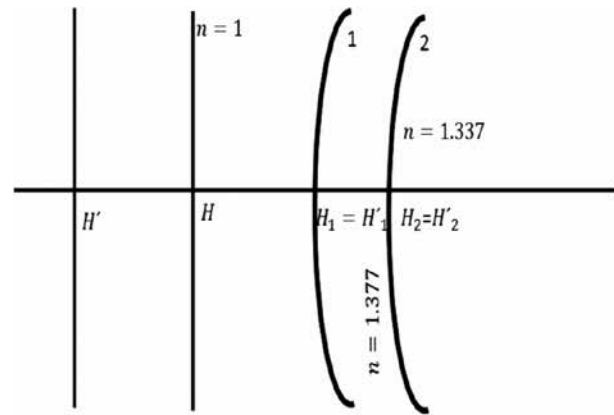
Las descripciones sobre la ubicación de los planos y puntos principales en un dispositivo óptico hacen que se tenga una idea de la fenomenología óptica de la propagación de la luz a través del sistema dióptrico en estudio. Lo anterior brinda la posibilidad de poder predecir las correcciones de las ametropías o aberraciones que se generen en el dispositivo óptico que se analice. En la figura 1 se muestra la ubicación de estos puntos y planos principales en una

córnea idealizada, en la cual no se tiene en cuenta la película lagrimal como sistema óptico¹.

$H_1 = H'_1 =$ Planos principales del primer dioptrio

$H_2 = H'_2 =$ Planos principales del segundo dioptrio

H y $H' =$ son los puntos principales de la estructura o instrumento óptico (córnea)



Fuente: Aguilar M, Mateos F. Nociones previas de óptica geométrica: Imágenes. En: Óptica fisiológica. 1ª ed. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia 1993;109-135.

Figura 1. Puntos cardinales de la córnea.

Potencias de la córnea

En esta parte del trabajo desarrollado, se realiza una breve descripción de los datos determinados y utilizados por Ives Le Grand en la determinación de los puntos y planos principales de la córnea. En la tabla 1 se muestran los datos utilizados por Le Grand¹.

Tabla 1. Datos según Le Grand

Datos utilizados por Ives Le Grand	
Índice de refracción del aire	1
Índice de refracción de la córnea	1,377
Índice de refracción del humor acuoso	1,337
Radio de cara anterior de la córnea (mm)	7,8
Radio cara posterior de la córnea (mm)	6,5
Espesor corneal (mm)	0,55

Fuente: Aguilar M, Mateos F. Nociones previas de óptica geométrica: Imágenes. En: Óptica fisiológica. 1ª ed. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia 1993;109-135.

Debido a la forma que presenta la córnea se hace necesario determinar las potencias de los dioptrios que forman dicho dispositivo. Comparando cada una de estas con las potencias que se obtuvieron en la presente investigación. Para determinar la potencia total de la córnea se deben tener los valores de la potencia de la cara anterior, posterior y camino reducido, entre los cuales se tiene que:

Potencia de la cara anterior de córnea¹

$$P_1 = \frac{n - n_1}{r_1} \quad (1)$$

Siendo n el índice de refracción de la córnea, n_1 el índice de refracción del aire y r_1 el radio de la cara anterior de la córnea. Utilizando los valores respectivos de las variables registrados en la Tabla 1 se obtiene:

$$P_1 = \frac{1,377 - 1}{7,8 \times 10^{-3} m} = 48,35 Dpt$$

Para el caso de la potencia de la cara posterior se utiliza la ecuación (2)¹

$$P_2 = \frac{n_2 - n}{r_2} \quad (2)$$

De donde n_2 es el índice de refracción del humor acuoso y r_2 el radio de curvatura de la cara posterior corneal. A través de (2) se logra determinar la potencia de dicha región.

$$P_2 = \frac{1,337 - 1,377}{6,5 \times 10^{-3} m} = -6,11 Dpt$$

Llegando así a la determinación del camino reducido, ecuación (3), en la córnea, siendo d el espesor del dioptrio.

$$\delta = \frac{d}{n} \quad (3)$$

Luego la potencia total de la córnea se encuentra a través de la ecuación (4).

$$P_{córnea} = P_1 + P_2 - \delta P_1 P_2 \quad (4)$$

Al realizar las sustituciones de los valores numéricos de las variables determinadas, se encuentra que:

$$P_{córnea} = 42,36 Dpt$$

Obteniendo así la potencia total de la córnea determinada por Ives Le Grand¹

Puntos principales de la córnea

Los puntos principales son intersecciones entre los dos rayos de luz refractados, los cuales son derivados del rayo de luz proveniente del infinito, el cual incide paralelo al eje óptico.

Para determinar la localización geométrica del punto principal primario se emplea la ecuación (5)¹.

$$\frac{H_1 H_{córnea}}{n_1} = \delta \frac{P_2}{P_{córnea}} \quad (5)$$

$$H_1 H_{córnea} = n_1 \delta \frac{P_2}{P_{córnea}} \quad (6)$$

Reemplazando se logra determinar el punto principal primario, así:

$$H_1 H_{córnea} = -5,76 \times 10^{-5} m$$

Para el punto principal secundario, se tiene que:

$$H_2' H_{córnea}' = -n_2 \delta \frac{P_1}{P_{córnea}} \quad (7)$$

$$H_2' H_{córnea}' = -6,10 \times 10^{-4} m$$

El signo negativo implica que los planos recaen a la izquierda de cada uno de los vértices de la córnea, quedando ubicados por fuera de esta.

La separación que existe entre punto principal primario y secundario, es determinada con la ecuación (8)¹.

$$H' H_{córnea} = H' H_2' - H H_1 - d \quad (8)$$

$$H' H_{córnea} = -0,002 mm$$

La separación de los puntos principales da un valor negativo por su inversión al tener en cuenta que el índice de refracción del humor acuoso es 1,337 es mayor que el índice de refracción del aire que es 1¹.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio realizado fue de tipo observacional, descriptivo, de corte transversal y retrospectivo. La información presentada fue tomada de los 1148 registros topográficos existentes en la Pentacam HR desde febrero 2009 a diciembre del 2012. Se empleó un muestreo no probabilístico y se seleccionaron 191 patrones topográficos ovales, porque fueron los que presentaron defectos refractivos bajos; en la Figura 2 se muestra una imagen de la topografía utilizada. Para la descripción demográfica de la población, se utilizó la clasificación etaria según la Organización Mundial de la Salud OMS. Entre las variables de estudio que se utilizaron están: edad, sexo, los radios de curvatura de los dioptrios anterior y posterior que conforman la córnea, la medida del espesor corneal, y la profundidad de la cámara anterior. La manipulación de la información se realizó a través de las medidas realizadas con el equipo Pentacam HR en la clínica de la Facultad de Optometría, con doble digitalización, posteriormente se validó la información con la ayuda del *software* Epidata. Se clasificaron los grupos según las edades y número de participantes así como se indica en la Tabla 2. Según la Resolución 8430 de 1993, la investigación se clasifica como un estudio sin riesgo, se respetó y protegió la confidencialidad de los pacientes de quienes se obtuvo la información respectiva^{4,5,6,7,8}.

Tabla 2. Grupos etarios

GRUPO	EDAD - AÑOS	PARTICIPANTES
T1	0-14	5
T2	15-24	55
T3	25-34	28
T4	35-44	12
T5	45-54	15
T6	55-64	2

Se debe tener en cuenta, que la muestra utilizada no corresponde al número de patrones topográficos medidos, debido que en los participantes de la prueba no se realizó el respectivo examen en ambos ojos.

RESULTADOS

Con los 191 patrones topográficos ovales, similares a los mostrados en la Figura 2, se realizaron los cálculos para la determinación de los planos y puntos principales de la córnea del ojo en cada uno de los pacientes de la muestra utilizada. En esta oportunidad se tuvieron 71 patrones para el sexo femenino y 120 para el masculino. Como a los participantes no se les realizó el examen en ambos ojos, entonces, la información de la muestra no es correspondiente con el número de patrones utilizados.

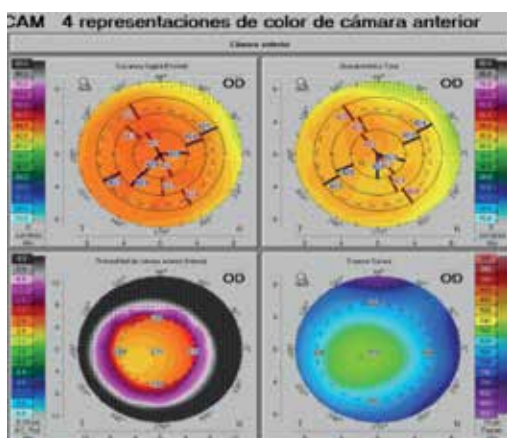


Figura 2. Imagen de los patrones ovales generados por la Pentacam HR.

En la Figura 3 se presenta la distribución respecto a la medida topográfica del correspondiente ojo de los pacientes en cada uno de los grupos etarios analizados, teniendo en cuenta los criterios regulados por la Organización Mundial de la Salud.



Figura 3. Distribución respecto a la medida topográfica del correspondiente ojo de los pacientes según la OMS

El grupo T2, el cual constituye la población de 15-24 años, presentó la mayor población con 51 ojos

derechos y 39 ojos izquierdos. Teniendo en cuenta que la población de 192 topografías generadas por la Pentacam representa un número grande para ser registrados en una sola tabla; lo que hizo necesario registrar parte de los datos en la Tabla 3.

Tabla 3. Datos de los radios de curvatura de la córnea en parte de la población del estudio

EDAD (AÑOS)	SEXO	OJO	R1c (mm)	R2c (mm)	esp. cor(mm)
8	F	OI	7,86	6,70	0,511
12	M	OI	8,10	6,805	0,592
13	F	OD	7,65	6,16	0,536
18	F	OD	7,82	6,31	0,612
18	F	OD	7,73	6,66	0,556
19	F	OD	7,71	6,38	0,562
20	M	OD	8,01	6,75	0,575
20	M	OI	7,99	6,76	0,580
21	F	OD	7,99	6,40	0,612
21	F	OI	7,99	6,42	0,590
22	F	OD	7,85	6,34	0,607
22	M	OD	7,78	6,45	0,579
23	M	OD	7,60	6,41	0,518
32	F	OI	7,80	6,69	0,538
33	M	OD	7,85	6,47	0,597
33	M	OI	7,84	6,47	0,597
34	M	OD	7,73	6,50	0,541
34	M	OI	7,76	6,58	0,542
35	F	OD	8,45	7,06	0,582
35	M	OI	7,89	6,59	0,525
37	M	OD	8,15	6,64	0,583
37	M	OI	8,20	6,59	0,600
38	F	OD	7,71	6,55	0,574
38	M	OI	8,09	6,75	0,615
43	M	OI	7,99	6,71	0,566
44	F	OD	7,75	6,56	0,484
45	M	OD	7,75	6,36	0,546
45	M	OI	7,70	6,38	0,545
53	M	OD	8,16	6,84	0,562
53	M	OI	7,94	6,44	0,577
54	F	OD	7,88	6,36	0,541
54	F	OI	7,89	6,40	0,554
55	F	OI	8,41	6,94	0,529
56	M	OD	8,16	6,71	0,553
56	M	OI	8,13	6,70	0,564

(F) Femenino, (M) Masculino, (OI) Ojo izquierdo, (OD) Ojo derecho

En la Tabla 3 se indican los valores de los radios de curvatura anterior (R1c) y posterior (R2c), espesor corneal (esp.cor), parte de los grupos etarios, sexo y la localización del ojo izquierdo (OI) o derecho (OD), debido a que la población o muestra fue grande, solo se tiene un número de pacientes en particular, respecto los grupo etarios analizados.

Representando así los datos de la mediana y la respectiva desviación en la Tabla 4. En la cual se logró advertir que en el grupo T6, los de mayor edad, se tiene una disminución en la medida en comparación con el resto de los participantes. Con la ecuación (2) se determinó el poder de la cara posterior de la córnea a través de la expresión

$$P_2 = \frac{n_2 - n}{r_2}$$

$$P_2 = \frac{1,336 - 1,376}{6,70 \times 10^{-3} m}$$

$$P_2 = -5,97 \text{ Dpt}$$

Registrando los valores para la cara posterior en la Tabla 5. En esta parte se logra apreciar que el grupo etario comprendido de 55 a 64 años (grupo T6), presenta una variabilidad significativa en la potencia. De forma similar se obtiene el camino reducido utilizando el espesor generado por la Pentacam, obteniendo

$$\delta = 3,71 \times 10^{-4}$$

Se logra apreciar que las variaciones en el camino reducido en toda la muestra, atendiendo a la OMS, es relativamente baja, comparado con los datos de Le Grand, en la Tabla 6 se indican los valores de la mediana del camino reducido en cada grupo. Al determinar las medidas de la cara anterior, cara posterior, espesor y camino reducido de la córnea, se procedió a calcular el poder total de la córnea utilizando la ecuación (4).

$$P_c = P_1 + P_2 - \delta P_1 P_2$$

$$P_c = 41,97 \text{ Dp}$$

En la Tabla 7 se expresa la potencia total de córnea donde para los grupos T2 y T3 esta variable es más significativa.

Análogamente se determinaron los puntos y planos principales de la córnea, para lo cual se tienen en

cuenta los datos del índice de refracción del primer medio refringente aire $n = 1$, poder de la cara posterior de córnea $P_2 = -5,97 \text{ Dpt}$.

El plano principal primario de la córnea se encuentra a través de:

$$H_1 H = n \delta \frac{P_2}{P_c}$$

En la Tabla 8 se presenta la ubicación del plano principal primario de la córnea, donde la mutabilidad de esta variable es significativa, observándose que para el grupo de las edades comprendidas entre los 45 y 54 años los valores obtenidos son superiores respecto a los grupos T3 y T1.

El plano principal secundario $H_2 H'$ se logra encontrar con ayuda de la expresión matemática.

$$\frac{H_2 H'}{n^2} = \delta \frac{P_1}{P_c}$$

$$H_2 H' = -n_2 \delta \frac{P_1}{P_c}$$

En la Tabla 9 se presenta la ubicación, respecto la mediana, del plano principal secundario de cada uno de los grupos etarios analizados en el trabajo desarrollado.

Se logra apreciar que dichos planos tienden a quedar en posiciones similares en la muestra seleccionada y estudiada.

En la Tabla 10 se representa una parte de los datos correspondientes a las potencias de la cara anterior y posterior de la córnea, espesor corneal, potencia total de la córnea y la ubicación de los planos principales de algunos participantes según el orden de las edades registradas en la Tabla 3, y que se utilizaron en la investigación.

DISCUSIÓN

Con la información de las medidas realizadas por el dispositivo Pentacam HR en la Clínica de la Facultad de Optometría de la Universidad Santo Tomás, y a través de las ecuaciones fisicomatemáticas utilizadas, se logró determinar la potencia de los dioptrios corneales de los pacientes en cada grupo etario, lo cual se presenta en la Tabla 11 con el respectivo error porcentual, realizando la correlación con los valores registrados en¹. Con respecto al dato promedio 41,07 D de la potencia total de la córnea se determinó que este representa el 3,05% de error en relación con el valor teórico 42,36 D.

Tabla 4. Valor mediana y desviación de la potencia de la cara anterior de la córnea

Potencia de la cara anterior de córnea P1c(D)				
	Mediana	Min	Max	Desv. Estan.
T1	46,65	46,19	49,15	1,16
T2	47,69	44,39	50,07	1,41
T3	47,96	46,08	49,41	0,97
T4	46,62	44,50	49,09	1,30
T5	47,12	45,25	48,89	1,11
T6	46,08	44,71	46,25	0,84
Total/General	47,66	44,39	50,07	1,30

Tabla 5. Potencia cara posterior de la córnea

Potencia de la cara anterior de córnea P2c(D)				
	Mediana	Min	Max	Desv. Estan.
T1	-5,93	-6,49	-5,85	0,24
T2	-6,17	-6,54	-5,63	0,21
T3	-6,18	-6,47	-5,85	0,15
T4	-6,02	-6,20	-5,64	0,18
T5	-6,06	-6,42	-5,71	0,21
T6	-5,96	-5,97	-5,76	0,12
Total/General	-6,14	-6,54	-5,63	0,20

Tabla 6. Camino reducido de la córnea en cada grupo

Camino Reducido de la córnea δc (m)				
	Mediana	Min	Max	Desv. Estan.
T1	0,00041	0,00037	0,00043	0,00002
T2	0,00041	0,00037	0,00045	0,00002
T3	0,00040	0,00036	0,00046	0,00002
T4	0,00042	0,00035	0,00046	0,00002
T5	0,00042	0,00038	0,00044	0,00002
T6	0,00040	0,00038	0,00041	0,00001
Total/General	0,00041	0,00035	0,00046	0,00002

Tabla 7. Potencia total de la córnea

Potencial Total de la córnea Pc (Dpt)				
	Mediana	Min	Max	Desv. Estan.
T1	40,77	40,45	42,78	0,95
T2	41,66	38,75	43,78	1,24
T3	41,84	40,30	43,41	0,89
T4	40,74	38,94	43,01	1,15
T5	41,18	39,64	42,68	0,93
T6	40,23	39,04	40,39	0,74
Total/General	41,50	38,75	43,78	1,14

Tabla 8. Medida de la mediana y desviación del plano principal primario de la córnea en la muestra de estudio

Plano Principal de la córnea H1H c (m)				
	Mediana	Min	Max	Desv. Estan.
T1	-5,90E-05	-6,25E-05	-5,28E-05	3,50E-06
T2	-6,02E-05	-6,79E-05	-5,22E-05	3,72E-06
T3	-5,87E-05	-6,77E-05	-5,11E-05	4,26E-06
T4	-6,06E-05	-6,72E-05	-5,04E-05	3,75E-06
T5	-6,11E-05	-6,60E-05	-5,52E-05	2,78E-06
T6	-5,96E-05	-6,06E-05	-5,68E-05	1,98E-06
Total/General	-6,02E-05	-6,79E-05	-5,04E-05	3,75E-06

Tabla 9. Valores de la media y desviación de la medida del plano principal secundario

Plano Principal secundario de la córnea H2H c (m)				
	Mediana	Min	Max	Desv. Estan.
T1	-0,00062	-0,00066	-0,00057	3,20E-05
T2	-0,00063	-0,00068	-0,00056	3,17E-05
T3	-0,00061	-0,00070	-0,00055	3,65E-05
T4	-0,00063	-0,00070	-0,00054	3,62E-05
T5	-0,00064	-0,00068	-0,00058	2,63E-05
T6	-0,00062	-0,00063	-0,00059	1,99E-05
Total/General	-0,00063	-0,00070	-0,00054	3,30E-05

Tabla 10. Ubicación de los planos principales en la córnea en parte de la población en estudio

P1c(D)	p2c(D)	δc (m)	Pc (D)	H1H c (m)	H2H' c (m)
47,84	-5,97	3,71E-04	41,97	-5,28E-05	-5,65E-04
46,42	-5,88	4,30E-04	40,65	-6,23E-05	-6,56E-04
49,15	-6,49	3,90E-04	42,78	-5,91E-05	-5,98E-04
48,08	-6,34	4,45E-04	41,88	-6,73E-05	-6,82E-04
48,64	-6,01	4,04E-04	42,75	-5,68E-05	-6,14E-04
48,77	-6,27	4,08E-04	42,62	-6,01E-05	-6,24E-04
46,94	-5,93	4,18E-04	41,13	-6,02E-05	-6,37E-04
47,06	-5,92	4,22E-04	41,26	-6,05E-05	-6,42E-04
47,06	-6,25	4,45E-04	40,94	-6,79E-05	-6,83E-04
47,06	-6,23	4,29E-04	40,95	-6,52E-05	-6,58E-04
47,90	-6,31	4,41E-04	41,72	-6,67E-05	-6,77E-04
48,33	-6,20	4,21E-04	42,25	-6,18E-05	-6,43E-04
49,47	-6,24	3,76E-04	43,35	-5,42E-05	-5,74E-04
48,21	-5,98	3,91E-04	42,34	-5,52E-05	-5,95E-04
47,90	-6,18	4,34E-04	41,84	-6,41E-05	-6,64E-04
47,96	-6,18	4,34E-04	41,91	-6,40E-05	-6,63E-04
48,64	-6,15	3,93E-04	42,61	-5,68E-05	-6,00E-04
48,45	-6,08	3,94E-04	42,49	-5,64E-05	-6,00E-04
44,50	-5,67	4,23E-04	38,94	-6,15E-05	-6,46E-04
47,66	-6,07	3,82E-04	41,70	-5,55E-05	-5,83E-04
46,13	-6,02	4,24E-04	40,23	-6,34E-05	-6,49E-04
45,85	-6,07	4,36E-04	39,91	-6,63E-05	-6,69E-04
48,77	-6,11	4,17E-04	42,79	-5,95E-05	-6,35E-04
46,48	-5,93	4,47E-04	40,67	-6,51E-05	-6,82E-04
47,06	-5,96	4,11E-04	41,21	-5,95E-05	-6,27E-04
48,52	-6,10	3,52E-04	42,52	-5,04E-05	-5,36E-04
48,52	-6,29	3,97E-04	42,35	-5,89E-05	-6,07E-04
48,83	-6,27	3,96E-04	42,68	-5,82E-05	-6,05E-04
46,08	-5,85	4,08E-04	40,34	-5,92E-05	-6,23E-04
47,36	-6,21	4,19E-04	41,27	-6,31E-05	-6,43E-04
47,72	-6,29	3,93E-04	41,54	-5,95E-05	-6,03E-04
47,66	-6,25	4,03E-04	41,53	-6,06E-05	-6,17E-04
44,71	-5,76	3,84E-04	39,04	-5,68E-05	-5,88E-04
46,08	-5,96	4,02E-04	40,23	-5,96E-05	-6,15E-04
46,25	-5,97	4,10E-04	40,39	-6,06E-05	-6,27E-04

Tabla 11. Porcentaje de error respecto la potencia corneal

Edad (años)	Grupo	Potencia teórica de la córnea (D)	Potencia córnea Investigacion(D)	% E
0 - 14	T1	42,36	40,77	3,75
15 - 24	T2	42,36	41,66	1,65
25 - 34	T3	42,36	41,84	1,23
35 - 44	T4	42,36	40,74	3,82
45 - 54	T5	42,36	41,18	2,79
55 - 64	T6	42,36	40,23	5,03
Promedios		42,36	41,07	3,05

Tabla 12. Porcentaje de error plano principal primario

Grupo	Plano P. Primario- Literatura (m)	Plano P. Primario- Grupo Etario (m)	% E
T1	-5,76E-05	-5,90E-05	2,43
T2	-5,76E-05	-6,02E-05	4,51
T3	-5,76E-05	-5,87E-05	1,91
T4	-5,76E-05	-6,06E-05	5,21
T5	-5,76E-05	-6,11E-05	6,08
T6	-5,76E-05	-5,96E-05	3,47
Promedios	-5,76E-05	-5,99E-05	3,94

Tabla 13. Porcentaje de error plano principal secundario

Grupo	Plano P. Secundario- Literatura (m)	Plano P. Secundario- Grupo Etario (m)	% E
T1	-6,10E-04	-6,20E-04	1,64
T2	-6,10E-04	-6,30E-04	3,28
T3	-6,10E-04	-6,10E-04	0,00
T4	-6,10E-04	-6,30E-04	3,28
T5	-6,10E-04	-6,40E-04	4,92
T6	-6,10E-04	-6,20E-04	1,64
Promedios	-6,10E-04	-6,25E-04	2,46

Los resultados que se obtuvieron permiten realizar una correlación de la ubicación de los planos principales de la córnea con respecto a la información que se tiene en la literatura^{1,2,9,12}. En cada uno de los casos se conservó que la ubicación de dichos puntos y planos principales están por fuera del menisco corneal. En la práctica experimental se recurrió a los índices de refracción de la córnea y humor acuoso establecidos en "Contribution to comprehension of image formation in confocal microscopy of cornea with Rostock cornea module"¹⁴. Y otros valores referenciados en¹. Se determinó la ubicación de los planos principales de la córnea de los que en la Tabla 12 se muestra el porcentaje de error respecto a la medida teórica descrita en¹.

De forma análoga en la Tabla 13 se registran el error respecto a la medida de la ubicación del plano principal secundario.

La información que se presenta sobre la ubicación de los puntos cardinales del dioptrio corneal de una población local, geográficamente hablando, resulta importante para complementar investigaciones sobre las características fisiológicas y ópticas del ojo realizadas a nivel nacional e internacional, entre las cuales se tienen las operaciones de cambio de córnea y cristalino, donde la comprensión de dichos componentes ópticos que constituyen el ojo toman su protagonismo al momento de realizar las correcciones de las ametropías o patologías que lleguen a presentar un paciente en el ojo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar M, Mateos F, SPUPV 9. Óptica fisiológica. Servicio de Publicaciones U.P.V. Departamento Interuniversitario de Óptica, Valencia; 1996.
2. Born M, and Wolf. Principles of Optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light. Cambridge University Press. 1999.
3. RTVE.es [Internet]. A la carta televisión y radio. Ver el mundo estereo. España. [citado 12 Feb 2013]. Disponible en: agosto;rtve.es:http://www.rtve.es/http://www.rtve.es/alacarta/videos/redes/redes-ver-mundo-estereo/1127290/.
4. Ministerio de Salud. Resolución N° 008430 de 1993. Colombia, leyes, decretos; 008430: artículo 1, 94 (1993).
5. Ministerio de Educación. Ley 372 de 1997. Colombia, leyes, decretos; 372: artículo 1, 10 (1998).
6. Ministerio de Educación. Ley 650. Colombia, leyes, decretos; 650: artículo 1, 87 (2001).
7. Propiedad Intelectual. Derechos de Autor. Ley número 23; 23: artículo 1, 260 (1982).
8. Ministerio de Justicia y del Derecho. Colombia. Ley 1266: artículo 1, 22(2008).
9. Pérez VV, de Fez Saiz D, Verdú FMM. Óptica fisiológica: modelo paraxial y compensación óptica del ojo. España: Universidad de Alicante. 2004."
10. Bass M, Van Stryland E, Williams D, Wolfe W. Handbook of optics. New York: McGraw-Hill. 1995.
11. Bass M, Van Stryland E, Williams D, Wolfe W. Handbook of optics. McGraw-Hill. 1996.
12. Freeman MH, Hull CC. Optics. Eleventh edition ed. Spain: Butterworth Heinemann. 2003.
13. Grosvenor T. Optometría de atención primaria. Masson. 2004
14. Bochert R, Zhivov A, Kraak R, Stave J, Guthoff RF. Contribution to comprehension of image formation in confocal microscopy of cornea with Rostock cornea module. Br J Ophthalmol. 2005 oct;89(10):1351-1355.

Correo electrónico de los autores:

Juan José Barrios Arlante: Juanbarrios01@ustabuca.edu.co
 Yhisetd Gerardine Parada Jaimés: geralp_1302@hotmail.com
 Mayra Alejandra Ramírez Loaiza: alejitar121@hotmail.com