

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICAS Y QUIRÚRGICAS
PROGRAMA DE DOCTORADO PATOLOGÍA QUIRÚRGICA,
REPRODUCCIÓN HUMANA Y FACTORES PSICOLÓGICOS Y EL PROCESO
DE ENFERMAR



**ESPESOR CORNEAL EN LA POBLACION
CANARIA: MAPA PAQUIMETRICO E INFLUENCIA
GEOGRAFICA**

TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR D. HUMBERTO CARRERAS DIAZ DIRIGIDA POR
EL DR. MANUEL SOSA HENRÍQUEZ Y EL DR. PEDRO SAAVEDRA SANTANA

EL DIRECTOR

EL DIRECTOR

EL DOCTORANDO

Las Palmas de Gran Canaria, 12 de Octubre de 2015

“Solamente una vida dedicada a los demás merece ser vivida”
Albert Einstein

Agradecimientos

Al **Profesor Manuel Sosa Henríquez**, por su apoyo, disposición y dedicación a la hora de realizar esta Tesis. Sin su ayuda este trabajo hubiera sido imposible. Pero sobre todo por su amistad, tantas veces demostrada. Un gran Profesor. Un gran hombre.

Al **Profesor Pedro Saavedra Santana**, por haber aceptado codirigir esta Tesis. Por su revisión estadística, su entusiasmo y capacidad docente. Por abrir mis ojos a otra dimensión y por hacerme entender en la confección de esta Tesis, que lo que parecía imposible se vuelve probable.

A **Jerónimo López**, de Tecnomédica Canaria por su inestimable y desinteresado apoyo a la hora de explicar y localizar los datos de nuestro paquímetro corneal Pentacam.

A **Juan Carlos Vázquez y Manuel Hidalgo** de Oculus, por haber entrado en las entrañas del Pentacam, y conseguir exportar los datos necesarios para este estudio en los distintos equipos, a lo largo y ancho de este país.

A los doctores **Federico Alonso, Laureano Alvarez-Rementería, Luis Cadarso, Maite Iradier, Joaquín Fernández y Ramón Ruíz Mesa**, por haberme facilitado los datos de sus pacientes. Su inestimable ayuda y predisposición han sido fundamentales para elaborar esta Tesis.

A **Noemí Vega** por ayudarme en el filtrado y manejo de bases de datos.

A mi socio **Vicente Rodríguez y** a mis compañeros de **Eurocanarias Oftalmológica** por compartir mi ilusión, animarme en todo momento y haberme ayudado a encontrar tiempo para culminar este proyecto.

A mis padres **Humberto y Arminda**, gracias a los cuales conseguí ser Médico. Por enseñarme a diferenciar el bien del mal.

A mis hijas **Roser y María**, por el tiempo robado, por ser el motivo para todo. Por ser lo más maravilloso del mundo.

A mi mujer **Rosario**, mi compañera de vida, mi constante apoyo. Por cubrir todos los huecos que dejo. Por estar siempre ahí viendo y enseñándome a ver... las estrellas.



Índice

Índice general

A. INTRODUCCION

| | |
|--|----|
| 1. Recuerdo anatómico del ojo | 21 |
| 2. La córnea y sus funciones: | |
| a. Estructura macroscópica | 26 |
| b. Estructura microscópica | 29 |
| 3. Métodos de medida del grosor corneal | 32 |
| a. Paquimetría corneal óptica | 32 |
| b. Paquimetría corneal ultrasónica | 32 |
| c. Métodos de no contacto: | |
| i. Tomografía de coherencia óptica OCT | 34 |
| ii. Artemis | 34 |
| iii. Orbscan II | 35 |
| iv. Lenstar | 36 |
| v. Galilei | 37 |
| vi. Pentacam | 37 |
| 4. Paquimetría corneal obtenida con Pentacam. Principios | 39 |
| 5. Valores normales de grosor corneal | 43 |
| 6. Patologías asociadas a cambios en el grosor corneal: | 48 |
| a. Glaucoma | 48 |
| b. Ectasias corneales: queratocono | 50 |
| c. Lentes de contacto | 53 |
| d. Cirugía de cataratas | 53 |
| e. Distrofia endotelial de Fuchs | 53 |
| f. Síndrome de Down | 54 |
| g. Síndrome de Turner | 55 |
| h. Diabetes | 55 |

| | |
|--|-----|
| i. Síndrome Apnea del Sueño | 55 |
| 7. Variaciones epidemiológicas de la paquimetría corneal: importancia de edad, sexo, raza, refracción y distribución geográfica. | 56 |
| a. Variaciones a lo largo del día | 56 |
| b. Variaciones a lo largo de la vida | 57 |
| c. Variaciones por género | 58 |
| d. Variaciones geográficas | 59 |
| e. Variaciones según estado refractivo y longitud axial | 61 |
| B. HIPOTESIS DE TRABAJO | 64 |
| C. OBJETIVOS | 65 |
| a. Principales | |
| b. Secundarios | |
| D. MATERIAL Y METODO | |
| a. Diseño del estudio | 66 |
| b. Participantes | 68 |
| c. Instrumentos | 70 |
| d. Variables estudiadas | 71 |
| e. Consideraciones éticas | 75 |
| f. Análisis estadístico | 76 |
| E. RESULTADOS | 79 |
| F. DISCUSION | 118 |
| G. CONCLUSIONES | 154 |
| H. BIBLIOGRAFIA | 159 |
| I. ANEXOS | 178 |

Índice de abreviaturas

1. AC depth: profundidad de la cámara anterior
2. ACD: profundidad de la cámara anterior.
3. AC volumen: volumen de la cámara anterior a 12 mm alrededor del ápex de la cornea
4. ACV: volumen de la cámara anterior
5. ACA: ángulo de la cámara anterior
6. ART: grosor relacional de Ambrosio
7. Astig: dioptrías de astigmatismo en el centro córnea
8. Axis: Eje astigmatismo
9. BAD: Proyección de ectasia mejorada de Belin/Ambrosio
10. BSF: esfera de mejor ajuste
11. CCT :Grosor corneal central
12. Ch. Angle: el más delgado de los dos ángulos de la cámara anterior en la sección horizontal
13. CTSP: perfil corneal de grosor espacial
14. D: desviación estándar de la media
15. Da: desviación del parámetro Ambrosio relacionado Grosor (ART)
16. Db: desviación en el mapa de diferencias de la cara posterior
17. Df: desviación en el mapa de diferencias de la cara anterior de la córnea
18. Dp: desviación del índice de progresión paquimétrica
19. Dt: desviación entre el punto de mayor grosor corneal y el punto más delgado
20. ECC: espesor corneal central
21. EMGT: estudio del Tratamiento del Glaucoma Incipiente
22. IPR: incremento paquimétrico relativo o progresión paquimétrica relativa
23. K1: diámetro mayor de la córnea en dioptrías
24. K2: diámetro menor de la córnea en dioptrías
25. LASIK: keratomileusis in situ asistida con láser
26. LPA: Las Palmas
27. LPGC: Las Palmas de Gran Canaria
28. mm: milímetros

- 29. mm³: milímetros cúbicos
- 30. OD: ojo derecho
- 31. OI: ojo izquierdo
- 32. OHTS: estudio para el tratamiento de la hipertensión ocular
- 33. ORA: Analizador de Respuesta Ocular
- 34. PIO: Presión intraocular
- 35. PPI: índice de progresión paquimétrica
- 36. PTI: porcentaje de incremento del grosor corneal
- 37. PRK: Queratectomía fotorefractiva
- 38. TP: punto corneal más delgado

Índice de figuras

1. Huesos de la órbita
2. Musculatura ocular extrínseca y globo ocular
3. Globo Ocular
4. Cámaras del globo ocular
5. Capas del globo ocular
6. Vía óptica
7. Localización de la córnea
8. Diámetros corneales
9. Curvatura corneal
10. Córnea como superficie refractiva
11. Capas de la córnea
12. Estroma corneal
13. Endotelio corneal
14. Paquímetro ultrasónico
15. OCT Cirrus Zeiss
16. Artemis
17. Orbscan
18. Lenstar
19. Galilei
20. Topógrafo Pentacam Oculus
21. Mapa de colores Grosor corneal
22. Paquimetría absoluta y relativa
23. Perfil espacial de grosor corneal (CTSP) e incremento de grosor corneal (PTI)
24. Patrones normal y anormal de CTSP y PTI
25. Belin/Ambrosio Enhanced Ectasia
26. Tonómetro de Goldmann
27. Medición de la Presión intraocular con Tonómetro de Goldmann
28. Queratocono
29. Hidrops Corneal

30. Adaptación de lente de contacto
31. Distrofia endotelial de Fuchs
32. Queratoplastia penetrante
33. Número de determinaciones global y según consulta
34. Porcentaje de personas incluidas en el estudio, por localidad y médico colaborador
35. Topógrafo Pentacam. Mesa de trabajo
36. Paquimetría Mínima
37. Paquimetría en Ápex
38. Paquimetría en la pupila
39. Número de registros, por localidad y médico colaborador.
40. Edad de los pacientes
41. Género.
42. Ojo derecho . Paquimetrías según género.
43. Ojo derecho. Otras variables según género. ACD y AstigD
44. Ojo derecho. Otras variables según género. ACV.
45. Ojo derecho. Otras variables según género. K1 y K2.
46. Ojo derecho. Otras variables según género. ACA
47. Ojo izquierdo. Paquimetría según género.
48. Ojo izquierdo. Otras variables según género. ACD y AstigD
49. Ojo izquierdo. Otras variables según género. ACV
50. Ojo izquierdo. Otras variables según género. K1 y K2
51. Ojo izquierdo. Otras variables según género. ACA
52. Las Palmas: ojo derecho. Paquimetría según género.
53. Las Palmas: ojo derecho. Otras variables según género. K1 y K2
54. LPA: OD. Otras variables según género. ACD y Astig
55. LPA: OD. Otras variables según género. ACV
56. LPA: OD. Otras variables según género. ACA
57. LPA: OI. Paquimetría según género.
58. LPA: OI. Otras variables según género. K1 y K2
59. LPA: OI. Otras variables según género. ACD y Astig.
60. LPA: OI. Otras variables según género. ACV
61. LPA: OI. Otras variables según género. ACA
62. Concordancia entre las determinaciones en ojo izquierdo y ojo derecho

- 63.** Contribución de los factores extraídos a las variables del estudio (ojo derecho)
- 64.** Contribución de los factores extraídos a las variables del estudio (ojo izquierdo)
- 65.** Comparación de marcadores de paquimetría en ojo derecho.
- 66.** Comparación de otros marcadores en ojo derecho. K1 y K2
- 67.** Comparación de otros marcadores en ojo derecho. ACV.
- 68.** Comparación de otros marcadores en ojo derecho. ACD y Astig
- 69.** Comparación de otros marcadores en ojo derecho. ACA
- 70.** Comparación de marcadores de paquimetría en ojo izquierdo.
- 71.** Comparación de otros marcadores en ojo izquierdo. K1 y K2
- 72.** Comparación de otros marcadores en ojo izquierdo. ACD y Astig.
- 73.** Comparación de otros marcadores en ojo izquierdo. ACV
- 74.** Comparación de otros marcadores en ojo izquierdo. ACA
- 75.** Distribución de los tres factores para el ojo derecho según población
- 76.** Distribución de los tres factores para el ojo izquierdo según población

Índice de tablas

1. Número de determinaciones global y según consulta
2. Número de personas incluidas en el estudio, número de registros, localidad y médico colaborador
3. Descripción de los pacientes del estudio. Edad
4. Descripción de los pacientes del estudio. Género
5. Ojo derecho . Paquimetrías según género
6. Ojo derecho. Otras variables según género
7. Ojo izquierdo. Paquimetría según género
8. Ojo izquierdo. Otras variables según género
9. Las Palmas: ojo derecho. Paquimetría según género
10. Las Palmas: ojo derecho. Otras variables según género
11. Las Palmas : ojo izquierdo. Paquimetría según género
12. Las Palmas : ojo izquierdo. Otras variables según género
13. Comparación de los marcadores intrasujeto (N = 3.078)
14. Coeficientes de correlación intraclase (IC-95%)
15. Correlaciones lineales de Pearson entre las variables en ojo derecho
16. Correlaciones lineales de Pearson entre las variables en ojo izquierdo
17. Análisis de componentes principales para el ojo derecho
18. Coordenadas de los factores tras rotación varimax (ojo derecho)
19. Análisis de componentes principales para el ojo izquierdo
20. Coordenadas de los factores tras rotación varimax (ojo izquierdo)
21. Comparación de marcadores de paquimetría en ojo derecho
22. Comparación de otros marcadores en ojo derecho
23. Comparación de Las Palmas con el conglomerado del resto de grupos: paquimetría ojo derecho
24. Comparación de Las Palmas con el conglomerado del resto de grupos: otras variables ojo derecho
25. Comparación de marcadores de paquimetría en ojo izquierdo
26. Comparación de otros marcadores en ojo izquierdo

- 27.** Comparación de Las Palmas con el conglomerado del resto de grupos:
paquimetría ojo izquierdo
- 28.** Comparación de Las Palmas con el conglomerado del resto de grupos:
otras variables ojo izquierdo
- 29.** Comparación de los factores entre los siete grupos: ojos derecho e
izquierdo.
- 30.** Valores de grosor corneal central en estudios de referencia



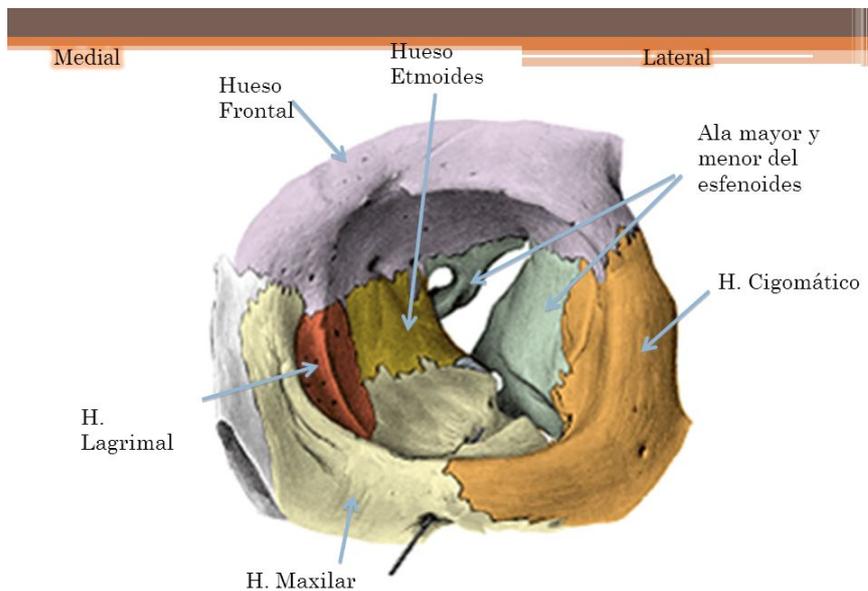
1.- Recuerdo anatómico del ojo

El ojo es el órgano del aparato de la visión, localizado en la cavidad orbitaria junto con sus anexos en unas complejas relaciones anatómicas.

El volumen de estas órbitas óseas es de unos 30 cm³.

La órbita tiene forma de pera, y el nervio óptico representa el tallo, si bien la raza y el sexo influyen en estas medidas. (1). Esta órbita ósea está formada por siete huesos: frontal, cigomático, maxilar, etmoides, esfenoides, lagrimal y palatino.

Figura 1 Huesos de la órbita



El globo ocular se encuentra alojado en esa órbita y anclado a ella por los músculos extraoculares y rodeado por la grasa orbitaria.

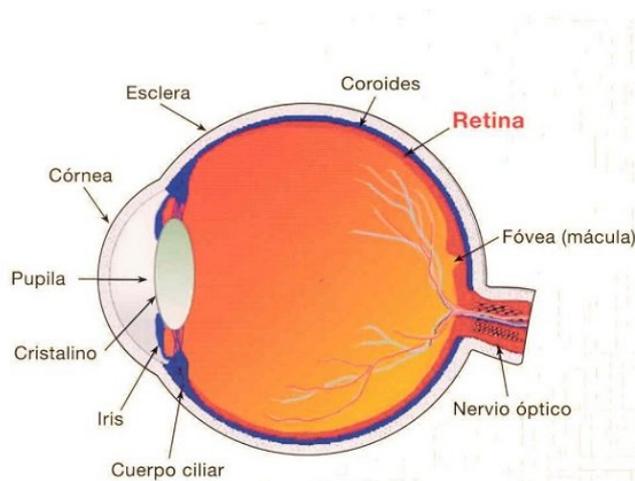
Figura 2: Musculatura ocular extrínseca y globo ocular



El globo ocular presenta un diámetro antero-posterior en adulto de 23-25 mm, si bien en los ojos miopes tienden a ser más largos y en los ojos hipermetrópes más cortos. El diámetro transversal medio del ojo adulto es de 24 mm.

Este globo ocular no es una esfera verdadera: el radio de curvatura de la córnea es de unos 8 mm mientras que el de la esclera es de unos 12 mm, lo que hace que la forma del globo sea un esferoide achatado. (1)

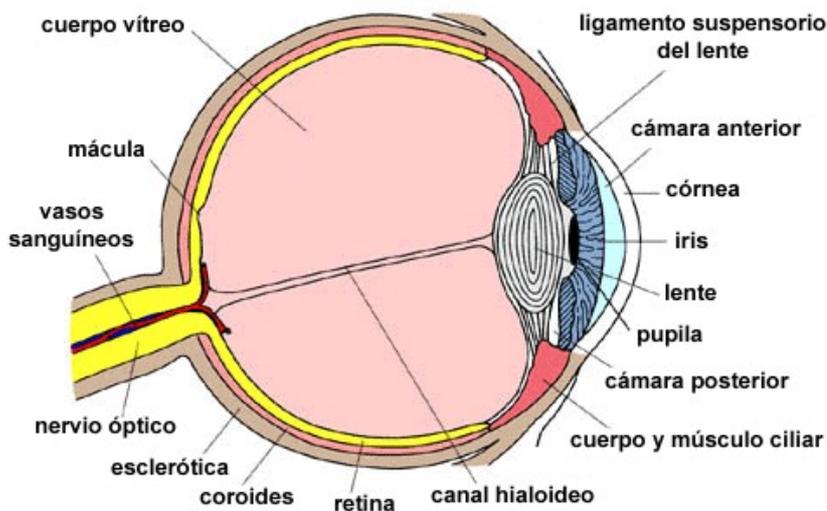
Figura 3: Globo ocular



El ojo humano adulto tiene un volumen de aproximadamente unos 6,5 - 7 mililitros y está dividido en tres compartimentos (1):

1. La **cámara anterior**, que es el espacio entre el iris y la córnea, y que contiene el humor acuoso. Mide unos 3 mm de profundidad, con un volumen de 250 microlitros
2. La **cámara posterior**, también con humor acuoso. Es posterior y medial al iris y cuerpo ciliar y anterior al cristalino y cara anterior de vítreo. Tiene un volumen de unos 60 microlitros.
3. La **cavidad vítreo**, que contiene el gel vítreo, con un volumen de unos 5-6 ml

Figura 4: cámaras del globo ocular



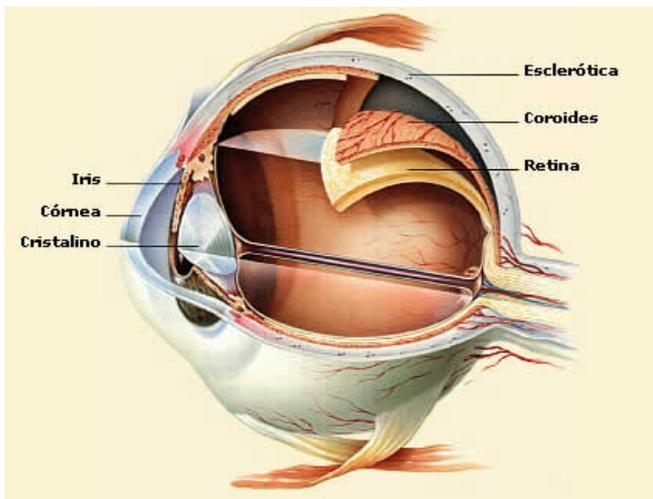
También se puede describir la anatomía del globo ocular en función de las distintas capas concéntricas que lo conforman (1):

1. **Capa externa**, formada por la córnea transparente en la porción anterior y por la esclera opaca y de color blanquecino en la porción posterior. Esta capa corneo-escleral más externa es protectora, resistente y contribuye a la capacidad de enfoque del ojo.
2. **Capa media**, llamada úvea. Está formada por la coroides, el cuerpo ciliar y el iris. Está muy vascularizada y tiene una función nutritiva y de soporte. El iris está perforado en su centro por la pupila, que regula la

incidencia luminosa; el cuerpo ciliar, formado de músculo y procesos ciliares, se encarga de la acomodación y la formación del humor acuoso, respectivamente; y la coroides que reviste el globo ocular por dentro y nutre la capa retiniana de conos y bastones.

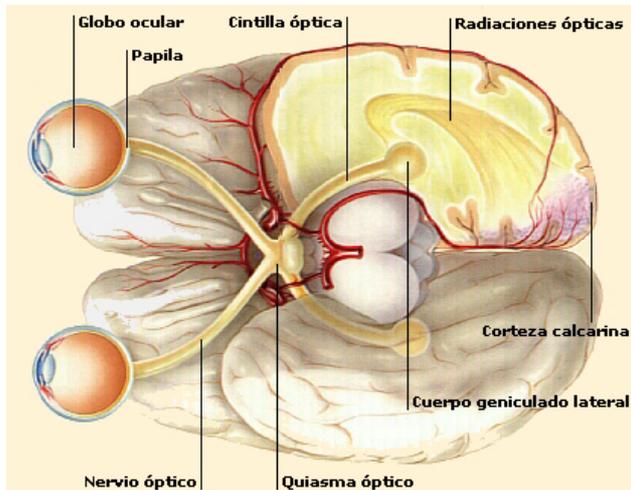
3. **Capa interna:** la retina. Esta capa fotosensible contiene los fotorreceptores y los elementos neurales que dan comienzo al procesamiento de la información visual.

Figura 5. Capas del globo ocular



Los ojos actúan como receptores sensoriales especializados: los estímulos lumínicos recogidos por ellos van a través de la **vía óptica** hasta el cerebro donde se transforman en sensaciones visuales.

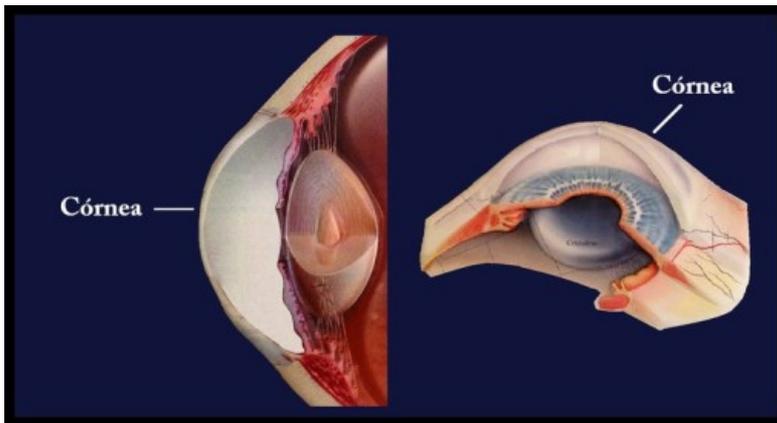
Figura 6. Vía óptica



2a. La córnea y sus funciones: estructura macroscópica

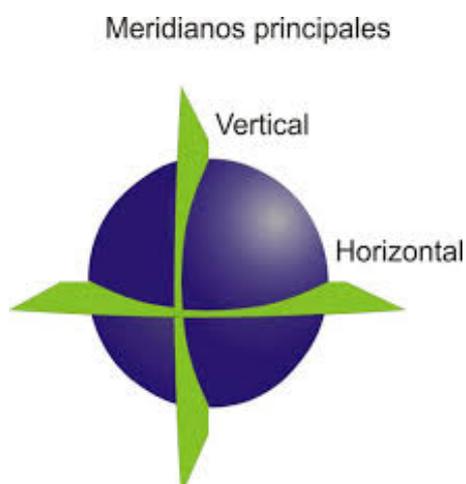
La córnea es la estructura transparente del ojo en forma de cúpula, que se asemeja al vidrio de un reloj. Tiene una finalidad refractiva, biomecánica o de barrera con la que interactuamos con el medio que nos rodea (2).

Figura 7. Localización de la córnea



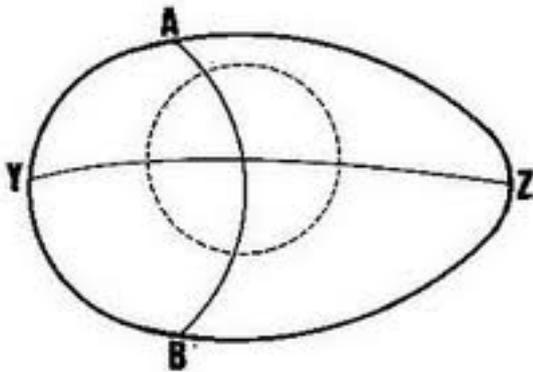
La córnea comprende la sexta parte central de la pared externa del ojo, y medida desde el exterior tiene una forma oval, con un **diámetro horizontal** mayor aproximadamente de 12,5 mm, mientras que el **diámetro vertical** es de unos 11,7 mm (3). La córnea por tanto no es esférica.

Figura 8. Diámetros corneales



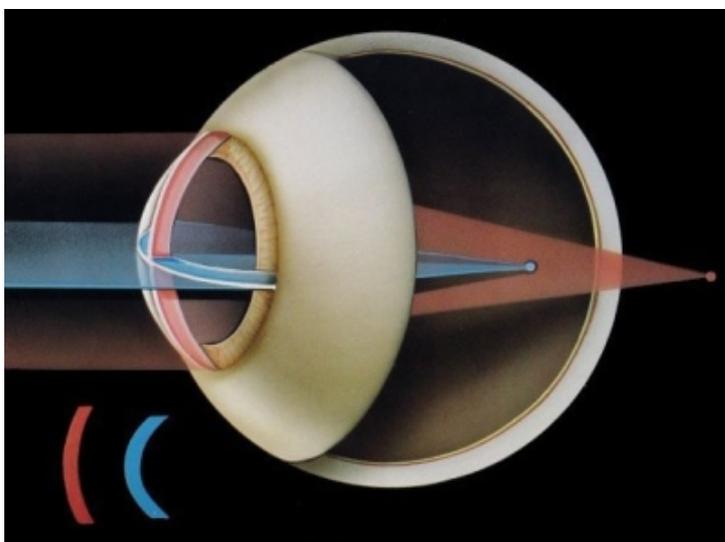
En cuanto a su **curvatura**, la córnea es más curva en el centro, y se va aplanando hacia la periferia, donde presenta menor curvatura. No obstante la tasa de aplanamiento no es simétrica, sino que el aplanamiento es más intenso en dirección nasal superior que en dirección temporal inferior (1). La curvatura externa de la córnea tiene un radio promedio de 7,8 mm. Interiormente, el radio medio de curvatura es de 6,8 mm (2).

Figura 9. Curvatura corneal



Los 4 mm centrales o zona axial de la córnea son casi esféricos y también se llama zona apical o zona óptica, dado que la pupila sólo permite que los rayos que pasen a su través alcancen la retina (4). No obstante la forma de la córnea puede variar con el tiempo, y es por ejemplo relativamente más plana por la mañana (5).

Figura 10. Córnea como superficie refractiva



El índice de refracción del aire es de 1,00; el de la lágrima es de 1,336; el de la córnea es de 1,376 y el del humor acuoso es 1,336. Basándonos en el radio de curvatura y en el índice de refracción podemos calcular el poder refractivo. La fórmula para calcular el poder a través de una superficie dada es $P_s = (n_2 - n_1)/r$, donde P_s es el poder de la superficie, n_1 y n_2 son los índices de refracción del primero y segundo medio y r es el radio de curvatura de la superficie en metros (3) (4). Según esto, el **poder neto de refracción** de la córnea es de 43 dioptrías. Si el ojo humano en estado de reposo tiene una potencia refractiva total de unas 60 dioptrías, la córnea representa por tanto el 70% del total del ojo (6), debido a que es la primera superficie óptica con la que se encuentra la luz en su paso hacia la retina, y la diferencia de los índices de refracción a uno y otro lado de la misma (7).

Por este motivo, cualquier alteración en la córnea puede tener graves consecuencias refractivas para el ojo completo (8).

Su **espesor** medio varía, siendo en la periferia de unos 0,65 mm y de unos 0,52 en el área central (3) (5) (9).

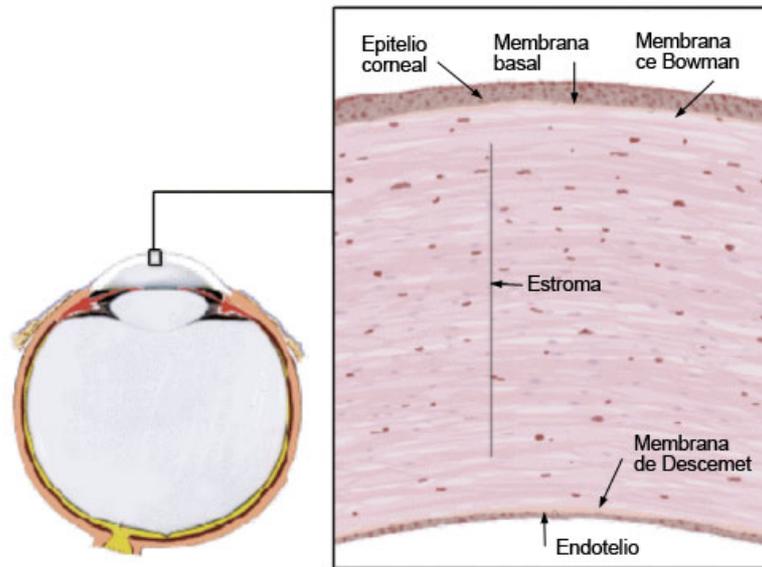
En cuanto a la **transmitancia** de la luz, la córnea transmite la radiación desde aproximadamente los 310 nm en la franja ultravioleta hasta los 2500 nm en la región infrarroja. Es extremadamente sensible a la radiación ultravioleta de los 270 nm y es la absorción de ésta la responsable de lesiones de fotoqueratitis.

La **transparencia** de la córnea es crucial para la función ocular y se encuentra mantenida por varios factores: el enrejado de fibrillas de colágeno en el estroma de la córnea, la avascularización corneal, y la bomba Na/K del endotelio.

2b. La córnea y sus funciones: estructura microscópica

Histológicamente la córnea está compuesta por 6 capas: epitelio, membrana de Bowman, estroma, capa de Dua, membrana de Descemet y endotelio.

Figura 11. Capas de la Córnea

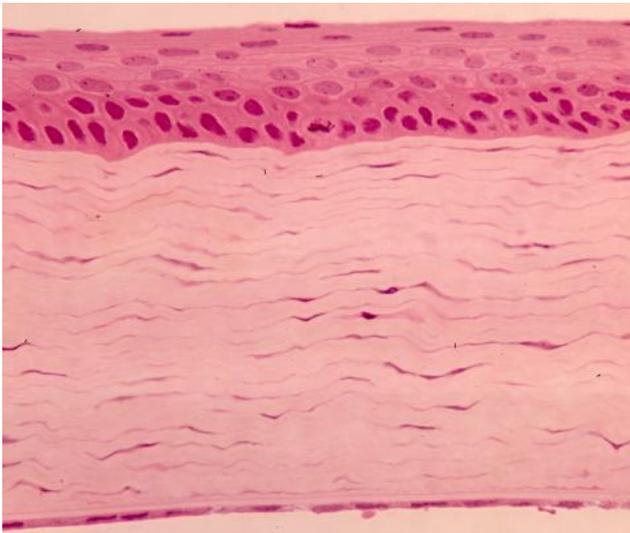


Epitelio: es un epitelio escamoso pluriestratificado no queratinizado, con un espesor de 50-60 micras. Consta de 5 a 7 capas celulares en la zona central, mientras que en la zona periférica el número de capas aumenta a 8-10. Es avascular. Ejerce una función metabólica y de barrera frente a los agentes externos, con fuerte resistencia a la abrasión y rápida capacidad de cicatrización. El epitelio se recambia por descamación de las células superficiales en aproximadamente 1 semana (10).

Capa de Bowman: estructura acelular de 8-12 micras de grosor. Es avascular y se encuentra debajo de la membrana basal del epitelio corneal. Esta capa, casi exclusiva del humano, primates y algunas aves, es resistente al traumatismo, aunque no tiene capacidad regeneradora. Ofrece una barrera de invasión corneal para los agentes infecciosos y células tumorales. Se discute su papel en el mantenimiento de la transparencia corneal (2).

Estroma corneal: representa el 90% del espesor corneal total (6) (11), con unos 0,5 mm centrales y unos 0,7 mm periféricos. Consta de escasas células (queratocitos) y colágeno. Consigue la transparencia gracias a una estructura muy peculiar, compuesta fibras de colágeno de tipo I y V de un tamaño muy uniforme. Se ordenan en unas 200-250 láminas paralelas a la superficie, teniendo todas una dirección igual dentro de cada lámina, pero la orientación entre las láminas es oblicua. El diámetro estrecho de las fibras es una característica que contribuye a la transparencia, así como la distancia entre ellas, puesto que es mucho menor que la dimensión crítica para crear dispersión de la luz (2) (12).

Figura 12. Estroma corneal



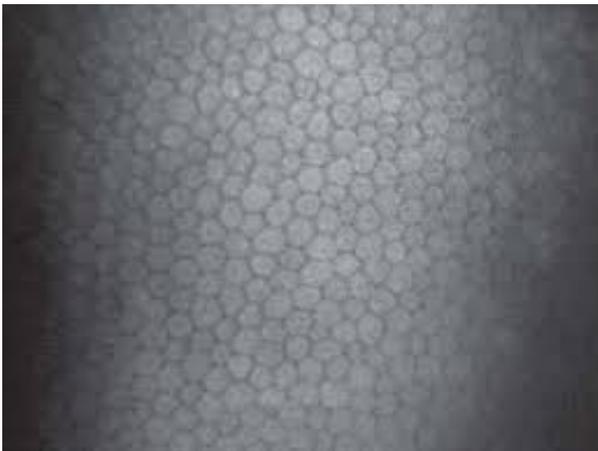
Capa de Dua: Se propuso su existencia en Junio 2013, como sexta capa de la córnea. Mide 15 micras y es muy resistente e impermeable al aire (2).

Membrana de Descemet: Aumenta su espesor a lo largo de la vida. Se considera la lámina basal gruesa del endotelio, producida por él. Se mantiene tenuemente unida al estroma, con lo que se desprende fácilmente de éste.

Endotelio corneal: monocapa de células cuboideas en forma de mosaico hexagonal, de origen neuroectodérmico. En contacto con el humor acuoso. No presenta actividad mitótica tras el nacimiento, por lo que se

produce una pérdida de la población celular con la edad, así como una disminución de su grosor. Además del número de células, para el mantenimiento de la transparencia también influye el número de células hexagonales, y la uniformidad de las mismas (2). En el endotelio reside la capacidad ATP asa para controlar la hidratación estromal. La disfunción y pérdida de las células endoteliales puede producir una descompensación corneal, con edema del estroma y pérdida de visión.

Figura 13. Endotelio corneal



3. Métodos de medida del grosor corneal

La paquimetría corneal es la prueba que determina el grosor corneal.

Existen distintas modalidades para su medición. La necesidad de una evaluación paquimétrica adecuada ha sido uno de los estímulos principales para el desarrollo de nuevas tecnologías (13). Estos avances tecnológicos que estudian la paquimetría corneal, presentan cada uno sus peculiaridades.

Del mismo modo, hay distintos estudios que analizan la validez y concordancia entre los distintos equipos de medida.

a) La **paquimetría óptica** fue la primera técnica en usarse, pero su precisión era muy dependiente de las habilidades y experiencia del técnico (13).

b) La **paquimetría ultrasónica** fue introducida a inicio de los 80 y reemplazó a la paquimetría óptica debido a su alta precisión y reproductibilidad. Sin embargo está limitada a la medición en un único punto y es sensible a la posición y angulación de la sonda (13).

La medición de grosor corneal central ultrasónico, se realiza en el ápice de la córnea, pero sabemos que no siempre representa el punto más delgado. En más de un 10% de los pacientes normales, la diferencia entre el punto más delgado y el centro geométrico de la córnea mide más de 10 micras (14). Además la distancia entre el punto más delgado y el central también es más alta en pacientes con queratocono (15).

El procedimiento de paquimetría ultrasónica requiere la instilación tópica de gotas de colirio anestésico, puesto que se va a producir contacto del paquímetro perpendicular al ojo, en la parte central de la córnea. Se basa en la emisión de pulsos eléctricos cortos, que son transformados en ultrasonido por un transductor de cristal. Utiliza una sonda de 12 a 20 Megaherzios y una velocidad de conducción de 1640 metros/segundo. Este cristal que realiza la emisión ultrasónica recibe el impacto de la onda rebotada. El tiempo que tarda en transmitirse a través de la córnea hasta la membrana de Descemet y volver al transductor es calculado automáticamente midiendo así el espesor corneal.

(16). Por todo lo anteriormente expuesto, el procedimiento se ve influenciado por la forma de apoyar el paquímetro, la presión ejercida y la lágrima. (16) siendo por tanto un estudio de características variables según el operador y la colaboración del paciente.

Por otro lado el contacto corneal puede suponer una fuente de contagio entre diferentes pacientes; puede además producir un daño epitelial sobre la superficie ocular y finalmente supone una fuente de errores en la medición además de por la presión ejercida sobre la córnea, por un alineamiento inadecuado del terminal, ya que este ha de posicionarse totalmente perpendicular a la superficie corneal. (17)

Figura 14. Paquímetro ultrasónico



c) Los **métodos de no contacto** incluyen distintos equipos con distintos principios de exploración, distintos procedimientos, y en ocasiones distintos datos proporcionados. Los más habituales son:

- Tomografía de coherencia óptica
- Artemis
- Orbscan
- Lenstar

- Galilei
- Pentacam

i) La **Tomografía de Coherencia Óptica (OCT)** se basa en los principios ópticos de la interferometría: mediante un haz de luz infrarroja se obtienen imágenes en tiempo real similares a las que se verían en un corte histológico. Se trata de una técnica de no contacto, fácil y rápida realizar, y que obtiene imágenes con alta resolución mediante la realización de cortes transversales micrométricos de los tejidos. El funcionamiento de la OCT es similar al del ecógrafo, con la diferencia de que éste usa ondas acústicas, mientras que la OCT usa luz, que permite una resolución 10 veces superior. (18) La OCT es especialmente útil en Oftalmología dada la facilidad con que la luz alcanza las estructuras oculares en el segmento anterior y en el posterior del ojo. (18). Existen numerosos tomógrafos de coherencia óptica en el mercado, cada uno con sus peculiaridades.

Figura 15. OCT Cirrus Zeiss



ii). **Artemis** (ArcScan Inc, Morrison, Colorado) es un explorador de ultrasonido a muy alta frecuencia. Este sistema permite, a diferencia del paquímetro ultrasónico convencional, la fijación del ojo durante la exploración e incorpora una monitorización óptica que determina la posición del mismo. El

Artemis utiliza un transductor de polímero de banda ancha con frecuencia central de 38 MHz. Reduce al mínimo las posibles distorsiones debidas a la refracción. La velocidad de escaneado, sin embargo, es relativamente lenta, y los meridianos secuenciales debe ser escaneado uno por uno. (19).

Figura 16. Artemis



iii) **Orbscan II** (Bausch and Lomb, Rochester, NY, USA). Combina un sistema de barrido con dos biomicroscopios y un disco de Plácido. Funciona analizando las imágenes reflejadas de varios anillos concéntricos proyectados en la superficie anterior de la córnea (discos de Plácido) y utiliza un haz de hendidura horizontal en movimiento para producir imágenes de hendidura del segmento anterior del ojo. Una cámara de vídeo de alta resolución captura esas múltiples hendiduras de luz proyectadas a través de la córnea y obtiene la curvatura corneal y los mapas de espesor. El sistema capta 40 imágenes, 20 con luz hendida proyectada desde la derecha y 20 desde la izquierda. La captación de cada imagen dura 0,7 segundos y capta datos de unos 9.000 puntos en 1,5 segundos. (9) Paralelamente un sistema mide los movimientos involuntarios del ojo. La lectura final se ajusta automáticamente mediante un factor de corrección acústica. (20) (21) (22).

Un interesante estudio determina la reproducibilidad de las mediciones obtenidas con Orbscan en comparación con las obtenidas con paquimetría óptica y paquimetría ultrasónica en tres mediciones efectuadas (dos el mismo día y otra al día siguiente). El estudio determina que la paquimetría central de la córnea con Orbscan era el más reproducible de los tres, si bien era algo menor en la medida de grosor corneal periférico. (23)

Figura 17. Orbscan



iv) **Lenstar.** (Haag-Streit AG, Koeniz, Suiza) Se trata de un biómetro óptico que utiliza como principio de medida la reflectometría óptica de baja coherencia, utilizando una fuente de luz de banda ancha (20-30 nm) con una longitud de onda central de 820 nm. La medición se realiza en aproximadamente 20 segundos con un sistema de detección inteligente que asegura que las medidas se realizan en el eje visual. (16)

Figura 18. Lenstar



v) **Galilei:** (Ziemer oftálmica System AG, Zurich, Suiza), utiliza un sistema de doble Scheimpflug en combinación con un disco de Plácido. Tiene una cámara frontal y eye tracking (compensa los micromovimientos del ojo durante el examen). Es capaz de combinar y analizar por trazado de rayos todos los datos en una reconstrucción 3D (21) (24)

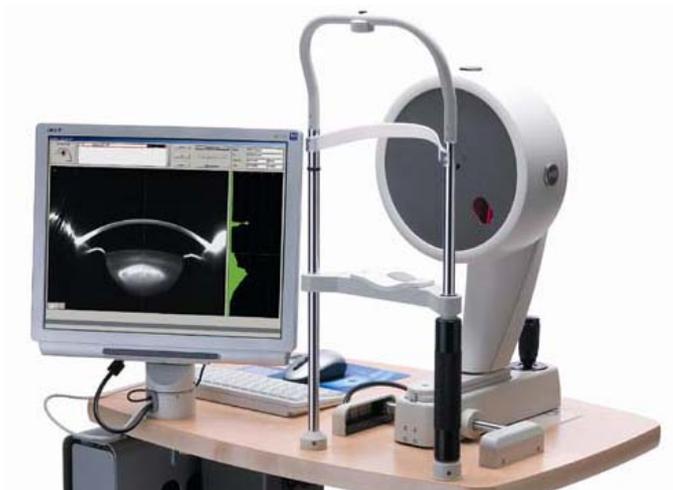
Figura 19. Galilei



vi) **Pentacam:** Oculus Alemania. Es un topógrafo de elevación provisto de una cámara rotatoria (360 grados) que captura imágenes del segmento anterior del ojo. Usa un dispositivo de imagen de Scheimpflug con dos cámaras: una central para monitorizar fijación y medir pupila, y otra rotatoria que da entre 25-50 cortes seccionales en un rastreo de menos de 2 segundos (13). Una vez analizadas se consiguen obtener hasta 138.000 datos e imágenes nítidas que incluyen información que va desde la superficie de la córnea hasta la cápsula del cristalino, con imágenes tridimensionales. Obtiene el mapa paquimétrico de forma automática (25). Permite la obtención de imágenes en 3D.

Dado nuestro estudio fue realizado con datos obtenidos con este equipo merece la pena detenerse un poco en analizar sus características.

Figura 20. Topógrafo Pentacam Oculus



4. Paquimetría corneal obtenida con Pentacam.

Principios

Como ya sabemos, la córnea normal es más delgada en el centro y se va engrosando a medida que nos desplazamos hacia la periferia. Este incremento sigue un patrón normal y es un fuerte diferenciador entre córneas normales y aquellas con queratocono (26). Por otro lado, dado que el valor central o el más delgado absoluto varían significativamente entre una población normal, el valor de un solo punto no es útil para distinguir entre córneas normales y patológicas.

Por todo ello, el análisis del corte seccional de la córnea es fundamental para identificar queratoconos y otras ectasias a una etapa temprana. Junto con la evaluación del punto más delgado (valor y localización), un mapa paquimétrico completo permite la caracterización del perfil corneal (13).

El pentacam, mediante su sistema de cámara rotatoria de Scheimpflug, muestra la secuencia de valores paquimétricos a lo largo de círculos concéntricos de diámetro progresivo, centrados en el punto corneal más delgado. Se representan en una escala de colores referida a valores estadísticos sobre población normal, considerando el valor normal del punto más delgado de la córnea de unas 550 micras con una desviación estándar de 30 micras y asignando colores en función de distintos grosores corneales. Podemos analizar también no solo los valores absolutos de nuestro paciente sino los relativos respecto a la población estadísticamente normal.

Figura 21. Mapa de colores grosor corneal

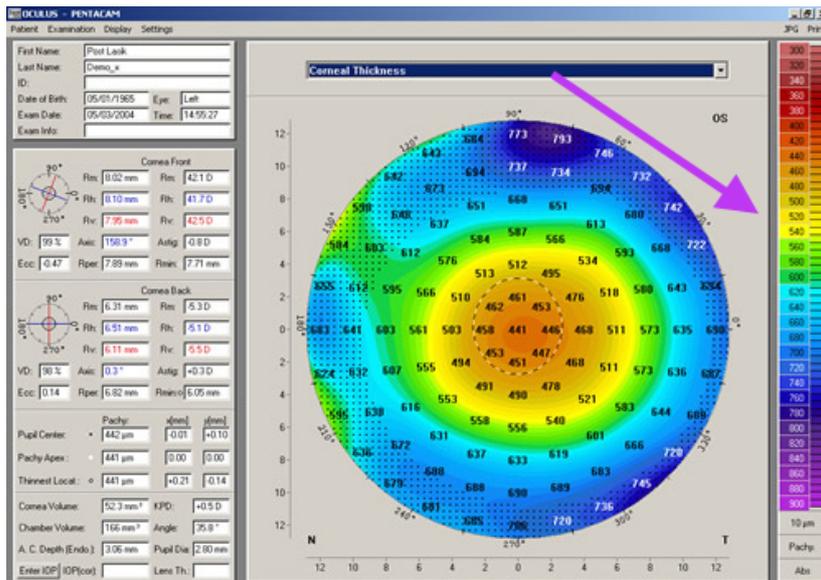
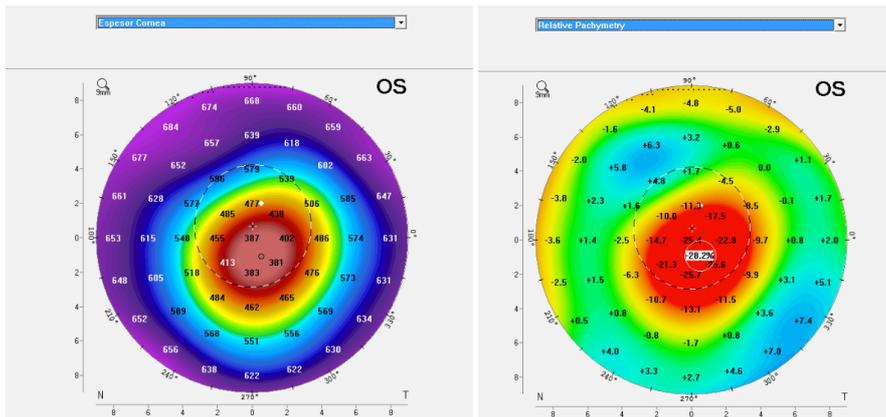


Figura 22. Paquimetría absoluta y relativa

**MAPAS DE COLOR
PAQUIMETRÍA**

ABSOLUTA (Micras) RELATIVA (%)



Con todo ello conseguimos un perfil espacial de grosor corneal (CTSP). También podemos realizar una gráfica que relacione el CTSP con el porcentaje de incremento del grosor corneal (PTI), donde los datos de paquimetría desde el punto más delgado hasta el anillo de 10 milímetros del paciente estudiado se representa en rojo, mientras que se señalan en negro los valores estadísticamente normales junto a su promedio de confianza.

Figura 23. Perfil espacial de grosor corneal (CTSP) e incremento de grosor corneal (PTI)

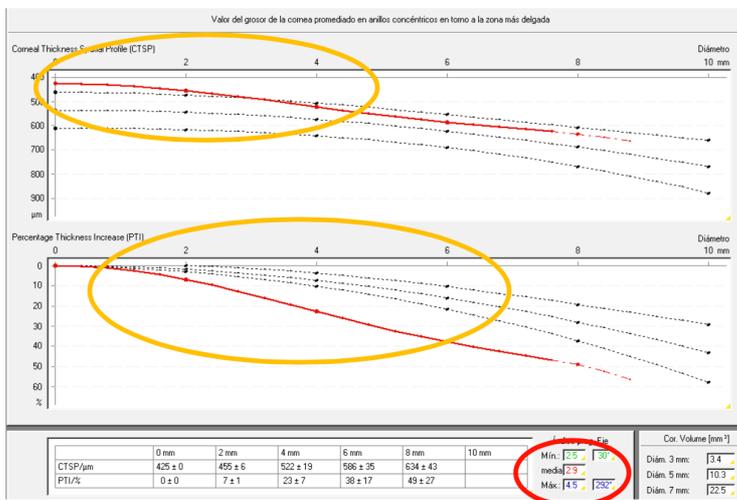
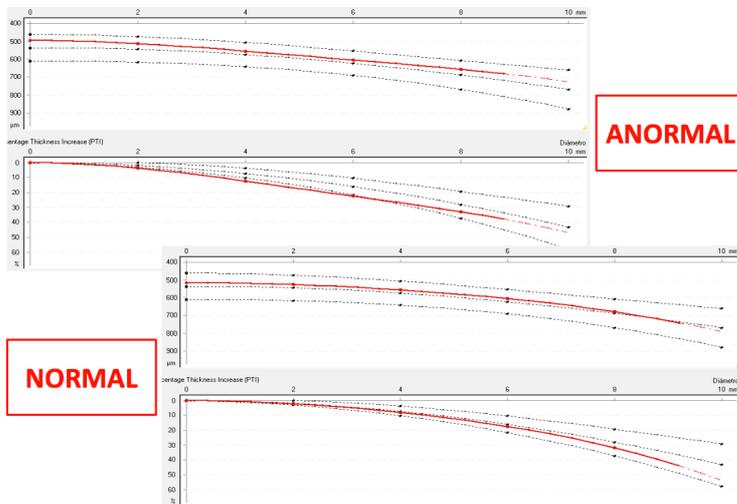


Figura 24. Patrones normal y anormal de CTSP y PTI

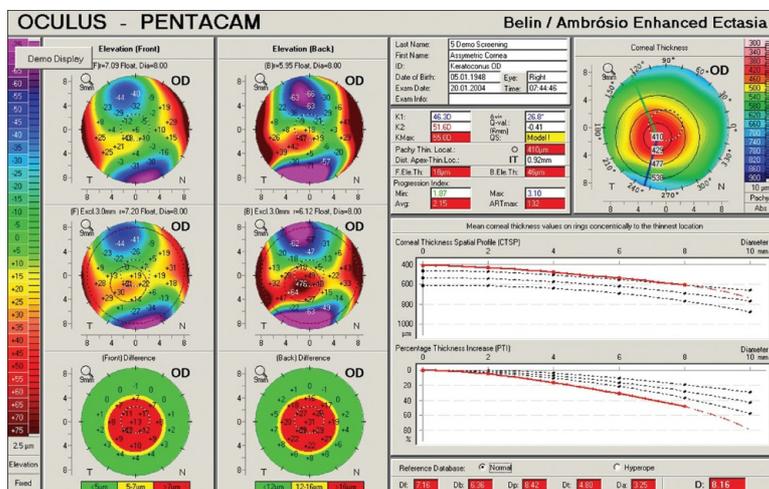


Usualmente el hemi-meridiano más grueso es el nasal, y el más delgado es el temporal e inferior. (13) Los promedios de valores paquimétricos a lo largo de cada meridiano permiten la detección de los meridianos con progresión máxima (más rápida) y progresión mínima (más lenta). Los índices de progresión paquimétrica (PPI) se calculan para todos los meridianos en 360° iniciándose en el punto más delgado. (13)

Numerosos estudios relacionan los distintos datos obtenidos en el Pentacam a fin de detectar de manera precoz la córnea ectásica o patológica, de especial relevancia en el estudio prequirúrgico de la cirugía refractiva corneal. A su vez, las distintas actualizaciones del equipo han introducido nuevas variables para conseguir una evaluación paquimétrica mejorada. Así el grosor relacional de Ambrosio (ART) relaciona el punto corneal más delgado con los índices de progresión paquimétrica.

Especial interés para nuestro estudio es el dato obtenido en la Proyección Ectasia Mejorada de Belin/Ambrosio (BAD), que relaciona el perfil corneal de grosor espacial, el porcentaje de incremento del grosor corneal, el mapa de grosor e índices paquimétricos con la esfera de mejor ajuste (BSF). Los datos obtenidos de BAD representan un filtro eficaz para discernir entre cornea sana y patológica, mejorando la sensibilidad de la detección de la ectasia, (13) siendo el parámetro que hemos usado para filtrar las determinaciones obtenidas en nuestras muestras, e identificar las córneas patológicas y excluirlas de nuestro análisis .

Figura 25. Belin/Ambrosio Enhanced Ectasia



5. Valores normales de grosor corneal

La medición del espesor corneal central es un dato de mucha utilidad en oftalmología. Así, es esencial en la evaluación pre y postquirúrgica de la cirugía refractiva (13) (27) (28), en el diagnóstico y seguimiento de las ectasias corneales (29) (30), en la valoración y análisis de la función endotelial (31), y para correlacionar el valor paquimétrico con la tonometría de aplanación (16).

Blix, en 1880 fue el primero en describir el Espesor Corneal Central en humanos vivos, ya que antes de esto solamente se habían realizado medidas anatómicas en muertos, siendo significativamente más elevadas debido al edema corneal post mortem (4)(32). Las medidas ópticas de Blix dieron un rango de 0.482mm – 0.576mm, considerando que el valor central promedio mínimo fue de 0.5mm aumentando hasta 0.74mm a una distancia angular de 40 grados desde el centro.

Estudios posteriores como el de Koby (1928) muestran un rango de 0.466mm – 0.703mm, Finchmann (1930) 0.48– 0.59mm, Bahr (1948) 0.46mm a 0.67mm, Maurice y Giardini (1951) 0.507mm (33) (32).

Lo cierto es que durante más de 120 años hemos trabajado con esta variabilidad de rangos, debido a las diferentes técnicas de medición, aparatos y sesgos en las muestras de los estudios realizados.

Además, el valor de grosor corneal es distinto según el área corneal estudiada. Las mediciones del grosor central corneal ultrasónico se refieren a las del ápex de la córnea, pero éste no es siempre el punto más delgado. En más del 10 % de pacientes normales la diferencia entre el punto más delgado y el centro geométrico es de más de 10 micras. También hay una correlación significativa entre la distancia que separa esos puntos central y más delgado y su diferencia cuantitativa. (13). Y también sabemos que la medida del grosor corneal periférico es significativamente superior al central. (34)

Por todo ello, a los efectos de análisis destacan en el mapa de grosores los siguientes puntos paquimétricos:

- **Paquimetría mínima:** grosor corneal mínimo, que podemos localizar en un eje de coordenadas x, y

- **Paquimetría Apex:** grosor corneal en ápex corneal (en el punto más elevado)
- **Paquimetría Pupila:** grosor en el centro de la pupila

Hasta ahora no se sabe con exactitud cual es el valor promedio estándar del ECC en una población normal (32).

Hay abundantes estudios que determinan el grosor corneal y localizan los punto paquimétricos, con distintos equipos de medida. Los de mayor relevancia son:

-Analizando ojos normales con Orbscan, este estudio señala que el punto de la córnea más delgada se encuentra a $0,90 \pm 0,51$ mm de distancia desde el eje visual con el espesor de 550 ± 33 micras, y se localiza habitualmente en el cuadrante inferotemporal de la córnea, seguido por superotemporal, inferonasal y superonasal. El espesor corneal medio fue menor en el centro de la córnea y mayor en la parte superior de la córnea. (35)

-El grosor corneal mínimo en otro estudio coincidía en su localización típica en el cuadrante ínfero-temporal de la córnea en el 79,4 % de los casos, a una distancia aproximada del ápex de unos 0,909 mm. La distancia al ápex tiende a disminuir con el incremento del volumen corneal. La paquimetría localizada en la pupila se encontraba a una distancia de 0,156 mm del ápex. (36)

-El estudio español publicado por Gros-Otero, Arruabarrena- Sanchez y Teus en los Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología (37) determina que el valor normal del Espesor Corneal Central en la población española es de (media +/- desviación estándar) $548,21 \pm 30,7$ micras con un rango de 464 a 633 micras.

-Otro estudio efectuado sobre 374 ojos con Pentacam obtiene un grosor corneal central de 534 ± 36 micras, sin diferencias entre ojos izquierdos y derechos. Analizando separadamente hombres y mujeres, observa que el grosor corneal central es de 533 ± 40 micras para mujeres, y de 534 ± 35 micras para hombres. Estadísticamente concluye que no hay diferencia entre el grosor corneal central en relación a edad (en su grupo de estudio), sexo, ojo derecho o izquierdo, índice de masa corporal, refracción, o altura. Sin embargo sí hay una correlación significativa con el peso corporal. También determina

que el grosor corneal periférico es más bajo en áreas temporales e inferiores, y más elevado en áreas superiores y nasales, áreas en las que el grosor parece disminuir con la edad (38).

-Según estudios de Ambrosio, Caiado y Bonfadini, el valor del punto más delgado de la córnea en la población normal es de 550 micras con una desviación estándar de 30 micras. (13)

-En un estudio publicado en los Archivos Brasileños de Oftalmología los valores de punto más delgado de la córnea en población normal medidos por orbscan fueron de 511.6 micras con desviación estándar de +/- 30.6 micras. (26).

-Otro estudio señala el grosor corneal central de población normal medido por paquimetría ultrasónica de 560 micras +/- 20 micras. (29)

Del mismo modo, y como se explica en esta tesis, esos valores paquimétricos están condicionados por los distintos equipos de medida utilizados, por lo que también conviene señalar la variabilidad de los datos obtenidos según éstos:

- Análisis en que se encuentran valores de espesor corneal central de 551.0 micras \pm 39.4 micras, 566.9 micras \pm 33.5 micras, y 565.5 micras \pm 40.9 micras medidos por paquimetría ultrasónica, Galilei y Orbscan respectivamente, obteniéndose diferencias estadísticamente significativas entre las determinaciones efectuadas con paquimetría ultrasónica frente a las de no contacto, que resultaron análogas para ojos normales aunque no en ojos patológicos o en medidas de grosor corneal periférico. (21)
- También demuestra diferencias estadísticamente significativas los datos de espesor corneal central obtenidos otro estudio sobre población normal con resultados de 552,6 +/- 36,8 micras medido por pentacam frente a 533.3 +/- 37.9 micras obtenidas por paquímetro ultrasónico. (39).
- Valor de CCT de 547.6 \pm 34.7 micras con orbscan, frente a 534.8 \pm 34.7 micras con paquimetría ultrasónica (20)

- La media obtenida con el equipo Lenstar fue de $536,08 \pm 9,42$ micras. Con el Pentacam, $538,70 \pm 4,29$ micras y con el Galilei, 535 ± 6 micras. Entre los valores de todas las medidas obtenidas en este estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. (24)
- Comparando Pentacam con paquímetro ultrasónico este estudio da valores de CCT de 528 ± 45 micras y de 534 ± 47 micras respectivamente, observando medidas sistemáticamente más bajas en la medición del Pentacam frente a ultrasonidos (40)
- Otro estudio que relaciona Pentacam con paquimetría ultrasónica detectan valores de CCT de $552,4 \pm 37$ micras frente a $544,1 \pm 35,4$ micras respectivamente. Los análisis de regresión muestran una alta correlación entre los valores obtenidos (41)
- Estudio que relaciona los valores de grosor corneal obtenidos con OCT Visante y Artemis con resultado de grosor central de 531 ± 6 micras en OCT Visante y de $539 \pm$ en Artemis (19)
- Pentacam frente a paquimetría ultrasónica en ojos normales, tras cirugía refractiva o con queratocono. Este estudio encuentra valores similares de grosor corneal central al paquímetro ultrasónico en ojos normales, en córneas adelgazadas tras cirugía refractiva; pero tiende a dar datos de grosor inferiores en ojos con queratocono o sospecha del mismo, quizás debido a la dificultad de fijación del ojo con queratocono, o a la variación de la velocidad del ultrasonido causada por la deformación histológica. (42)
- Por el contrario este otro estudio obtiene valores de CCT medidas por Pentacam de 572 ± 33 micras, y de 546 ± 27 con paquimetría ultrasónica, observándose diferencia significativa y concluyendo que ambas técnicas no son intercambiables en la práctica clínica.(43)
- Estudio que compara el CCT medido en personas sanas no operadas con Scheimpflug Oculyzer, OCT y biomicroscopia ultrasónica de alta frecuencia resultando valores de $538,0 \pm 30,7$ micras, $525,8 \pm 31,2$ micras y $545,1 \pm 28,3$ micras. (44)
- Valores análogos de CCT se obtienen entre las mediciones efectuadas a población sana usando distintos equipos de paquimetría: $548,16 \pm$

48,68 con paquimetría ultrasónica; 546,36 +/- 44,17 con OCT; 557,67 +/- 49,92 con microscopia especular y 551,03 +/- 48,96 con Orbscan.

Como conclusión, un reciente meta-análisis de 300 artículos concluyó que **el espesor central de la córnea para ojos considerados normales utilizando distintas técnicas de medición es de 535 micras (45).**

6. Patologías asociadas a cambios en el grosor corneal.

6a. Glaucoma:

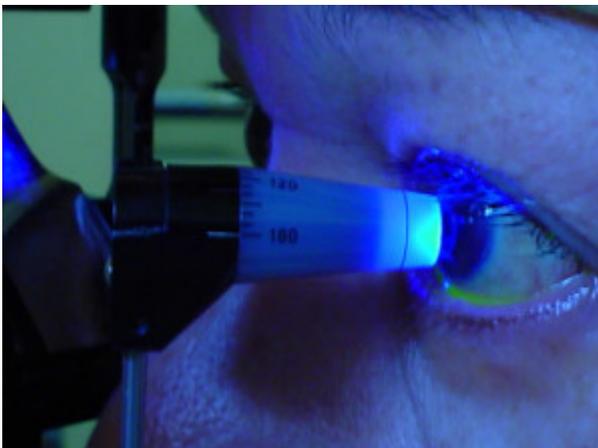
La presión intraocular (PIO) resulta de un equilibrio dinámico entre la formación de humor acuoso y su salida. La técnica para medir la PIO es la tonometría. Estos métodos de medida están relacionados con la elasticidad del ojo, que depende principalmente de su espesor y de la histéresis corneal.

Figura 26. Tonómetro de Goldmann



Durante muchos años, la tonometría de aplanación Goldmann ha sido el método más aceptado para medir la PIO y el tonómetro Goldmann todavía se utiliza en todos los ensayos importantes. La relación entre los valores de la PIO y el espesor corneal central (CCT) es bien conocido.

Figura 27. Medición de la Presión Intraocular con Tonómetro de Goldmann



Ya Goldmann y Schmidt señalaron en 1957 la influencia de las variaciones del grosor corneal y de la rigidez escleral en la tonometría de aplanación (46). Ehlers y colaboradores publicaron que el tonómetro de Goldman daba lecturas afinadas de PIO sólo cuando la CCT era de un promedio de 520 micras por paquimetría óptica, y calcularon que la tonometría sobreestimaba o infraestimaba la PIO aproximadamente 5 mm mercurio por cada 0,070 mm de desviación del grosor corneal. (47).

El Estudio para el Tratamiento de la Hipertensión Ocular (OHTS) mostró que el CCT es un factor de riesgo importante para la consideración de un cuadro de hipertensión ocular como glaucoma primario de ángulo abierto.(48)

En el Estudio del Tratamiento del Glaucoma Incipiente (EMGT) el grosor corneal central fue un factor predictivo importante para determinar la progresión del glaucoma. (49) (50)

A efectos prácticos un espesor corneal central elevado conduce a una sobreestimación de la medida de la presión intraocular (PIO), por lo que la medida del espesor corneal central es actualmente un condicionante de la actitud terapéutica frente al glaucoma en la práctica clínica habitual. (37)

Muchos estudios posteriores avalan esas conclusiones:

-Por un lado, los pacientes con Glaucoma normotensional tienen un CCT más delgado que los pacientes con Glaucoma primario de ángulo abierto o controles. Infraestimar la PIO en pacientes con Glaucoma primario de ángulo abierto que tienen córneas finas pueden llevar a un diagnóstico erróneo de Glaucoma normotensional, mientras que sobreestimar la PIO en sujetos normales que tienen córneas gruesas pueden llevar a un diagnóstico erróneo de hipertensión ocular. (15)

-Abitbol y colaboradores demuestran en un estudio efectuado con un Analizador de Respuesta Ocular ORA (Reichert Technologies) que el CCT y la histéresis corneal son más bajos en ojos glaucomatosos que en ojos sanos. (51)

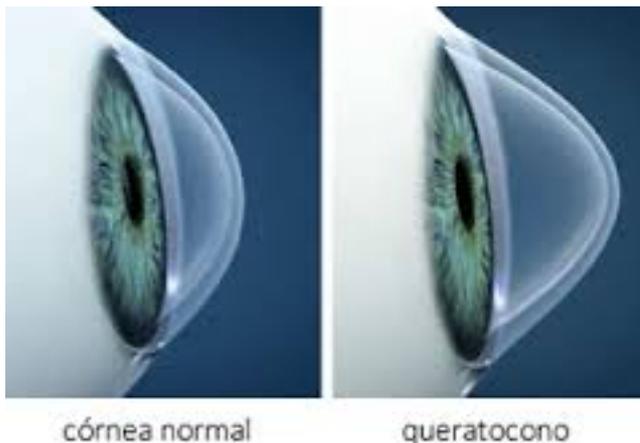
Muchos autores, mediante estudios manométricos han realizado nomogramas para corregir la PIO por aplanación Goldmann en función de su paquimetría central(52). El aumento de espesor de la córnea puede haber ocasionado que algunos pacientes sean clasificados como Hipertensos Oculares cuando en realidad su verdadera PIO es menor, y el grosor corneal

central aportará un importante valor predictivo para clasificar al paciente como normal, hipertenso ocular o afecto de glaucoma (53)

6b. Ectasias corneales: queratocono

Se definen las ectasias corneales como el conjunto de enfermedades de la córnea caracterizadas por un adelgazamiento y progresivo aumento de la curvatura de la córnea, que se acompaña de protrusión y sin signos inflamatorios. (54) De todas ellas el queratocono es la ectasia más frecuente con una incidencia de 1 por cada 2000 habitantes por año en la población general, aunque probablemente la incidencia sería mayor en caso de incluir los queratoconos subclínicos.

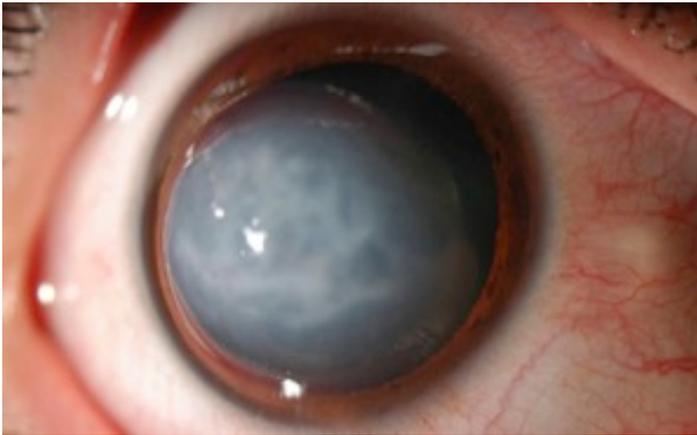
Figura 28. Queratocono



Se suele diagnosticar en la pubertad y progresa a lo largo de la tercera y cuarta década de vida, teniendo un ritmo de progresión más acelerado cuanto más joven es el paciente en el momento de manifestarse la enfermedad. (55)

Uno de los signos clínicos, más evidente en fases avanzadas es el adelgazamiento y protrusión de la córnea, que pueden ser tales que provoquen rupturas de la membrana de Descemet produciéndose una hidratación brusca de la córnea debida al paso del humor acuoso (hidropesía corneal).

Figura 29. Hidrops corneal



La etiopatogenia sigue siendo desconocida, aunque se analizan distintos orígenes:

- **genéticos** (la prevalencia del queratocono entre familiares de primer grado es 68 veces mayor que en la población general (54)) habiendo cada vez más datos sobre mutaciones (56)
- **inflamatorio**: estudios bioquímicos sugieren que la pérdida del estroma corneal en pacientes con queratocono puede deberse a mecanismos inflamatorios (55) (57) (58) (59)
- **biomecánico**: el debilitamiento de la arquitectura corneal debido a un adelgazamiento puede predisponer a la ectasia. El adelgazamiento corneal es el resultado de la pérdida de componentes que forman la estructura corneal (55) aunque se desconozca la causa de estos hechos. Además otros factores mecánicos se encuentran implicados en el desarrollo de queratocono: uso de lentes de contacto, radiación ultravioleta, rascado, frotamiento enérgico de los ojos, atopía...(60) (55)

Numerosos estudios analizan la paquimetría corneal para establecer patrones que permitan identificar de manera precoz la alteración ectásica de la córnea.

Un ejemplo es el estudio que relaciona el grosor de las distintas capas corneales en los pacientes con queratocono en relación a la población normal, determinando que el epitelio queratocono era 4,7 micras más

delgado y estroma en el centro del queratocono 57,8 micras más delgada que la córnea normal lo cual era estadísticamente significativo (61).

Además el análisis paquimétrico para la detección precoz de la córnea enferma, supone una exploración fundamental en los pacientes candidatos a cirugía refractiva corneal (LASIK, PRK) toda vez que ésta intervención va a provocar un adelgazamiento corneal que puede precipitar la ectasia corneal (62) (63).

Además de que haya una mayor variabilidad paquimétrica en pacientes con queratocono, las córneas con queratocono también tienen una progresión más rápida de los valores paquimétricos que los ojos sanos por lo que es útil estudiar la progresión paquimétrica dado que este parámetro puede representar un índice indirecto de la biomecánica corneal. (26).

En los últimos años, una nueva adaptación de software en el Pentacam Scheimpflug (Oculus) llamado Belin / Ambrósio Enhanced Ectasia Display (BAD) ha demostrado ser más sensible que las técnicas estándar en la detección del queratocono y la ectasia subclínica en candidatos para la cirugía refractiva corneal con una sensibilidad y especificidad del 98 por ciento. El software BAD combina datos de elevación anterior y posterior de la córnea junto a los datos paquimétricos comparando el cambio de espesor corneal entre la córnea central y periférico de un determinado paciente con una base de datos estándar de queratocono. Los ojos con queratocono o ectasia subclínicas tienden a tener una mayor reducción en su espesor de la córnea desde la periferia hacia el centro. (64) (65)

6c. Lentes de contacto

Las lentes de contacto también provocan cambios en los parámetros corneales que dependen del tipo de lente de contacto y de su material, transmisión de oxígeno y contenido en agua. (66) (67).

Figura 30. Adaptación de lentes de contacto



6d. Cirugía de cataratas

En el postoperatorio de cirugía de cataratas el grosor corneal muestra un incremento significativo respecto al preoperatorio, con un incremento de hasta 33.26 ± 50.20 micras (- 17 a 315 μm) el primer día, y de 20.22 ± 23.15 micras (- 10 a 99 μm) a la semana. Esto se puede deber al proceso inflamatorio postquirúrgico con la aparición de edema corneal , a la hidratación de los bordes de la herida quirúrgica... y tiene importancia a la hora de medir la presión intraocular en este periodo. (68).

Este incremento en el CCT se puede evidenciar también en otras cirugías oculares además de en la cirugía de cataratas (45)

6e. Distrofia endotelial de Fuchs

En general las distrofias corneales endoteliales, y en especial la distrofia endotelial de Fuchs producen un incremento en el grosor corneal central. (45) (31). Parece lógico de explicar toda vez que el endotelio es el responsable de mantener la córnea deshidratada dada su capacidad de bomba ATPasa. La Distrofia endotelial de Fuchs provoca un cambio en las propiedades

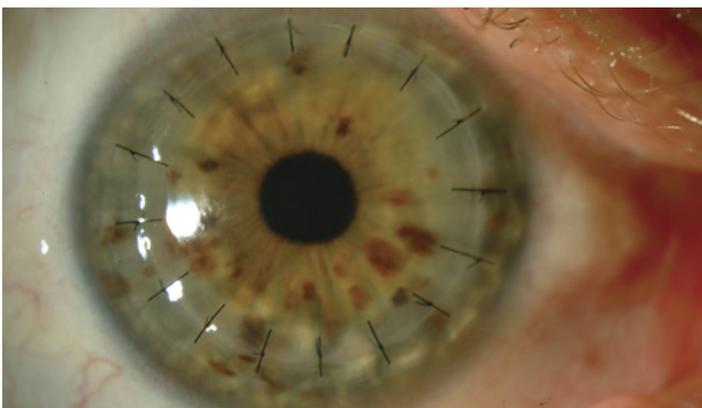
biomecánicas de la córnea y se deben tener en cuenta para no infraestimar los valores de presión intraocular. (69)

Figura 31. Distrofia endotelial de Fuchs



También se ha estudiado la relación de la CCT en el trasplante de córnea, concluyendo que durante los primeros 5 años después de la queratoplastia penetrante, la CCT puede servir como un predictor de la supervivencia del injerto aunque no como un sustituto de la medición de la densidad celular dado que ambas medidas eran predictores de forma independiente del fracaso del injerto (70)

Figura 32. Queratoplastia penetrante



6f. Síndrome de Down

Se han estudiado pacientes con Síndrome de Down concluyendo que presentan menor grosor corneal que sujetos sanos de control, quizás debido a

la tendencia de estos pacientes a desarrollar queratocono u otras enfermedades degenerativas corneales. (71)

6g. Síndrome de Turner

El grosor corneal central también se demostró significativamente más alto en los pacientes con Síndrome de Turner frente a la población normal, aunque no entre los distintos cariotipos. (72)

6h. Diabetes

También se ha detectado que los pacientes diabéticos tienen un incremento del grosor corneal central en relación a la no diabética, según demuestra el estudio referenciado (73) (74).

6i. Síndrome de Apnea del Sueño

El Síndrome de Apnea de Sueño fue también estudiado en relación al CCT, así como la severidad del Síndrome y por tanto la saturación arterial de Oxígeno, concluyendo que el síndrome de apnea del sueño puede reducir la CCT con el tiempo, y por tanto la revisión de este dato oftalmológico se debería recomendar a este tipo de pacientes. (75)

7. Variaciones epidemiológicas de la paquimetría corneal: importancia de edad, sexo, raza, refracción y distribución geográfica.

7a. Variaciones a lo largo del día

El espesor corneal varía mucho a lo largo del día.

Existen factores que influyen en esos cambios.

Así, tanto la calidad de la película lagrimal como factores ambientales parecen intervenir en la variación paquimétrica diurna, siendo el espesor corneal menor en pacientes con ojo seco quizás por el efecto de la activación inmune en estados de desecación crónica. (76) (77).

También se ha visto que el grosor corneal es mayor por la mañana al despertar (78).

Incluso se ha estudiado la variación paquimétrica a lo largo de 24 horas observándose que el espesor corneal central varió un 3,9% a lo largo de ese periodo. A media noche el aumento de grosor de la córnea fue de un 2,9 +/- 0,31%, y 2 horas después de la apertura del ojo, la córnea había adelgazado hasta los mismos valores de grosor que la noche anterior.

La córnea adelgaza aún más a lo largo del día, pero no hay diferencias estadísticamente significativas entre los valores después de las 14:00 horas. (79)

Otros estudios confirman la variabilidad paquimétrica a horas tempranas de la mañana (80)

7b. Variaciones a lo largo de la vida

Las variaciones del grosor corneal en relación a la edad es objeto también de discrepancias objetivadas en los distintos artículos.

En el estudio de Gros-Otero (37) el análisis de la relación de la edad y el ECC no encuentra asociación estadísticamente significativa a diferencia de lo que obtienen otros estudios (81) (82) (83) (84) (85). En cualquier caso parecen existir discrepancias cuando muchos de estos estudios consideran también el género.

Existen estudios que demuestran diferente espesor a lo largo de la vida e incluso variaciones en los primeros días de vida (86). Un ejemplo interesante es el estudio que demuestra un valor de grosor corneal central por paquimetría ultrasónica en recién nacidos de 573 +/- 52 micras y de grosor periférico de 650 +/- 62 micras, sin diferencia entre ojos derecho o izquierdo, sexo o edad gestacional. Y ese valor obtenido a las 24 horas de vida era significativamente superior al obtenido a las 48-72 horas. Además los recién nacidos con peso al nacimiento entre 2.500 y 3.000 gramos tenían una grosor corneal periférico mayor que el de los nacidos con un peso entre 3.500 y 4.000 gramos. (87). Se estudiaron también recién nacidos prematuros (edad gestacional inferior a 33 semanas), sin encontrarse diferencias de grosor entre la primera y la tercera semana de vida postnatal, que a los 3 meses habían disminuido el grosor corneal a los mismos valores que los recién nacidos a término. (88).

Otro estudio señala que el grosor corneal a partir de los 16 años se mantiene estable (89) aunque hay discrepancias en la literatura.

El estudio de Hoffman y colaboradores observa una dependencia de la edad en relación a la CCT: los participantes de 35-44 años de edad, tenían CCT más grueso que los participantes de 45-54 años de edad. Posteriormente no se observaba ninguna otra disminución de la media del CCT en los participantes de 45 años o más (90).

En contraste con el anterior, un estudio basado en la población de 3280 individuos malayos (91) con edades comprendidas entre los 40- 80 años reveló una disminución continua en la CCT en todas las décadas de edad (40-49 años: 548,3 mm, 50-59 años: 544 mm, 60-69 años: 540,8 mm, 70-79 años: 533 mm).

También se ha demostrado en otros estudios clínicos una disminución de la CCT relacionada con la edad (92) (93) (94)

En cualquier caso parece que el grosor corneal central no sigue un algoritmo lineal en relación a la edad. (95)

En el metanálisis estudiado por Doghty y colaboradores (45) se detecta que **la edad no tuvo un impacto evidente sobre las medidas de CCT para los individuos de raza blanca, frente a una disminución relacionada con la edad en el CCT de la población de raza no blanca.**

7c. Variaciones por género.

Muchos estudios no han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre grosor corneal y sexo (37) (96) (84) (85) (97) (98). En cambio, en otros sí se ha encontrado asociación estadística entre ambos factores (82) (81) (99), aunque los datos obtenidos son contradictorios, y en algunos casos parece existir cierto factor de confusión al analizarse sexo y edad de forma conjunta y también al analizar sexo junto a zonas geográficas (37).

Otro estudio demuestra que el ciclo menstrual puede modificar el grosor corneal, siendo la córnea significativamente más delgada al principio del ciclo y más gruesa en la ovulación y al final del ciclo (100) lo cual debe tenerse en cuenta a la hora de determinar si existe o no diferencia de género.

Considerando la relación entre CCT y sexo junto a otras variables, otros estudios comparan los datos de grosor corneal central y punto más delgado de la córnea obtenidos en pacientes emétopes demostrando que no hay diferencias entre hombres y mujeres emétopes. (101) Algunos artículos en cambio sí señalan que los hombres tienen un mayor grosor corneal central que las mujeres, señalando como otras asociaciones con córneas grandes la edad joven y la diabetes. (74) Estudios en la población china de Hong-Kong evidencian que el grosor corneal central disminuía a medida que la edad avanzaba pero únicamente en sujetos femeninos. (83) En la población nigeriana la CCT disminuye al aumentar la edad, sin que haya correlación entre

el CCT y la PIO en sujetos normotensos, ni se vea significativamente influenciada por el género. (102)

7d. Variaciones geográficas

A pesar de tener un amplio conocimiento de la estructura y función de la córnea, se sabe poco sobre las vías que determinan el grosor corneal central. Hay datos que sugieren que la CCT tiene un fuerte componente genético: Estudios realizados en gemelos y genealogías familiares indican que la CCT es uno de los rasgos humanos más altamente heredables, mientras que los datos de una amplia gama de grupos étnicos muestran claras diferencias de dicha CCT. (103) Además la CCT también se ha asociado con existencia de enfermedades genéticas raras (104) como por ejemplo algunas enfermedades del tejido conectivo como el Síndrome de la Córnea frágil, varios tipos de osteogénesis imperfecta, (105) (106) etc...

Varios estudios han demostrado las variaciones de la paquimetría en función de la zona geográfica, mientras que otros analizan individuos de distintas procedencias o razas evidenciando dicha variabilidad (37).

Un ambicioso estudio realizó un metanálisis de más de 20.000 individuos en las poblaciones europeas y asiáticas que identificaron 16 nuevos loci en el genoma humano asociado con el espesor corneal central. (103)

En relación a la zona geográfica, Aghaian et al. demostraron que el CCT de los japoneses fue significativamente menor que la de los caucásicos, chinos, filipinos, y los hispanos, y mayor que la de los afroamericanos (107). En comparación con los sujetos de raza blanca, los sujetos afroamericanos tienen córneas más delgadas (108).

Otros estudios concretos en relación a estas variaciones geográficas son:

- Estudio que analiza el CCT de la población alemana: estudio Guttenberg con una muestra de 5.000 sujetos entre 35 y 74 años (90). Determina un CCT medio de 554,2 +/- 34,9 micras. Los hombres tenían un CCT ligeramente más grueso que las mujeres en todos los grupos de edad. Este valor en la población alemana es considerablemente mayor que en

el estudio Tajimi japonés (521 +/- 32 micras) (109), el estudio Central India Eye and Medical Study (514 +/- 33 micras) (92); estudio Barbados Eye Study (530 micras) (110), Estudio Reykjavik Eye (529 +/- 39 micras) (111), el estudio Chennai Glaucoma (520,7 +/- 33,4 micras) (112) y en los indígenas australianos (508 +/- 33 micras) (113). En cambio valores de CCT similares o ligeramente más altos que en nuestro estudio se encontraron en el Estudio de Beijing Eye (556,2 +/- 33,1 micras) (99), Rotterdam Eye Study (537 micras) (114), Estudio Europeo de Prevención del Glaucoma (572,6 +/- 37,4 micras) (74), y el estudio para el Tratamiento de la hipertensión ocular (578,1 +/- 36,8 micras) (48) y el Estudio de los ojos Teherán (555,6 +/- 39,9 micras) (115). (90)

- Estudio en población egipcia el CCT promedio fue de 530,06 ± 38,03 micras. Promedio de CCT de 532,6 ± 33,3 micras en emétopes, 531,5 ± 31,3 micras en miopes de menos de 6 dioptrías, y 531,1 ± 31,4 micras de miopes de más de 6 Dioptrías y 533 ± 33 micras en hipermetropes, sin diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Hubo una diferencia estadísticamente significativa en el CCT entre los grupos en función de edad y sexo. CCT se encontró que era más baja en los egipcios que en caucásicos, hispanos, y las poblaciones japonesas, pero comparable a la poblaciones africanas y afro-americanas. (116)
- En Lituania la media de CCT fue de 544,6 ± 30,5 micras; en el ojo izquierdo era de 545,2 ± 30,5 micras; y en el ojo derecho 544,6 ± 30,5 micras. Por género, la CCT fue de 545,0 ± 25,6 m en hombres y 544,4 ± 33,5 micras en las mujeres. Los hombres jóvenes tienden a tener un mayor CCT que las mujeres. CCT disminuye a lo largo de la vida útil, lo que significa que las personas mayores tienen córneas delgadas. La dependencia del CCT de la edad es más fuerte en los hombres. (117)
- Se observó una diferencia estadísticamente significativa en la medida de espesor corneal central de la población afroamericano (ojo derecho, 531,0 ± 36,3 micras; ojo izquierdo, 530,0 ± 34,6 micras) respecto de la población caucásica (ojo derecho, 558,0 ± 34,5 micras ; ojo izquierdo, 557,6 ± 34.5 micras) pacientes, lo que demuestra que los afroamericanos tienen mediciones de espesor córnea central más delgadas que los caucásicos. (118)

- Los ciudadanos chinos de Hong-Kong tenían córneas significativamente más gruesas que los sujetos de raza blanca. (83)

7e. Variación según estado refractivo y longitud axial:

Según el estudio de Gros-Otero y colaboradores (37) no hay relación entre la longitud axial y el ECC en la población española ni tampoco entre la refracción y el ECC. Esto confirma lo hallado en otros estudios que analizan estas variables (96) (82) (83) (85) (119) (120) (121) (122) Sólo el Singapore Malay Study encontró relación entre estos dos factores (123).



Hipótesis de trabajo

Partimos de la hipótesis nula, tal y como indica el método científico, Según éste, la paquimetría corneal de la población canaria es igual a la paquimetría de la población peninsular. Del mismo modo, otras variables de la morfología y la arquitectura corneal son iguales entre ambas poblaciones.

a. Principales

1. Establecer los valores de normalidad de la paquimetría corneal en una amplia población de personas canarias, de ambos sexos,
2. Determinar esos mismos valores de normalidad de la paquimetría corneal en una amplia población de distintas provinciales peninsulares,
3. Comparar las variables paquimétricas (paquimetría mínima, paquimetría en el ápex corneal, y paquimetría en el centro de la pupila) entre los distintos grupos de pacientes.

b. Secundarios

1. Obtener en ambas poblaciones los valores de normalidad de otras variables del segmento anterior del ojo (queratometría en el eje mayor (K1), queratometría en el eje menor (K2), eje de astigmatismo, astigmatismo, profundidad de la cámara anterior, volumen de la cámara anterior y ángulo de la cámara anterior)
2. Comparar las variables queratometría en el eje mayor (K1), queratometría en el eje menor (K2), eje de astigmatismo, astigmatismo, profundidad de la cámara anterior, volumen de la cámara anterior y ángulo de la cámara anterior entre los distintos grupos de pacientes.

Material y Método

a. Diseño del estudio

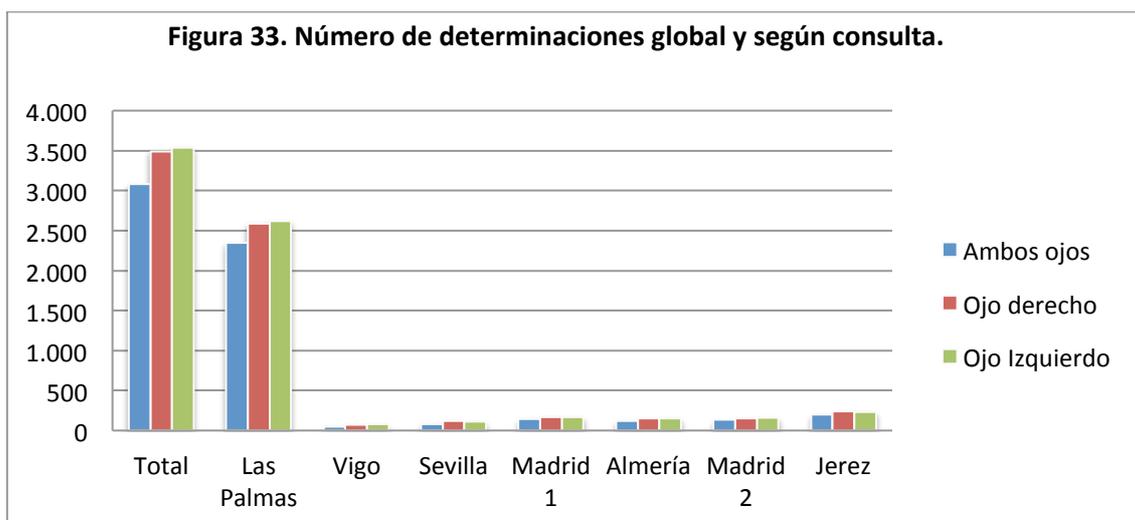
Para la realización de este trabajo, hemos utilizado de manera retrospectiva los datos obtenidos a una amplia población de personas de ambos sexos, que habían sido atendidas, por una parte, en la consulta de la Clínica Eurocanarias Oftalmológica, en Las Palmas de Gran Canaria y por otra en varios centros oftalmológicos peninsulares.

En todos los casos, la metodología utilizada fue la misma.

Éste es un estudio descriptivo **transversal** en el que se incluyeron 3.950 pacientes correspondientes a la Clínica Eurocanarias Oftalmológica en Las Palmas (2.857) y otras seis clínicas oftalmológicas peninsulares. Se obtuvieron de manera retrospectiva un total de 7.029 registros. De estos pacientes, 3.078 tenían las determinaciones en ambos ojos, 415 sólo en el ojo derecho y 457 sólo en el izquierdo. La distribución de estos valores por consultas se da en la tabla 1.

Tabla 1. Número de determinaciones global y según consulta

| | Ambos ojos | Ojo derecho | Ojo izquierdo |
|------------|------------|-------------|---------------|
| Total | 3.078 | 3.493 | 3.535 |
| Las Palmas | 2.348 | 2.585 | 2.620 |
| Vigo | 47 | 72 | 82 |
| Sevilla | 84 | 119 | 110 |
| Madrid 1 | 143 | 171 | 172 |
| Almería | 124 | 152 | 153 |
| Madrid 2 | 134 | 156 | 164 |
| Jerez | 198 | 238 | 234 |



Los datos se obtuvieron tras exportación desde el disco duro del equipo Pentacam, de una hoja de datos (archivo BAD) en formato Excell (Microsoft Office Excell 2011) en los distintos Centros colaboradores.

Las determinaciones obtenidas fueron posteriormente introducidas en una hoja de datos diseñada para ello en el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS Inc, Chicago, USA).

Esa base de datos fue nuevamente filtrada eliminando los registros de segundas y sucesivas determinaciones a un mismo paciente dado el carácter transversal del estudio. También se filtró la base de datos para excluir del estudio los pacientes que mostraran datos de córnea patológica, según el indicador topográfico Belin / Ambrósio Enhanced Ectasia Display (BAD) (valores superior a 2,6).

Posteriormente los datos se analizaron mediante el paquete R, versión 3.1.0 (R Development Core Team, 2014).

El tratamiento del texto se realizó con Microsoft Office Word 2011 para MAC, versión 14.5.5.

b. Participantes

Como **criterios de inclusión** se consideraron:

- pacientes tanto varones como mujeres
- acudir a alguno de los centros participantes
- que se les hubiera efectuado topografía corneal mediante pentacam
- que esos datos topográficos y paquimétricos se encontraran dentro de la hoja de análisis de Pentacam

Como **criterios de exclusión** se consideraron:

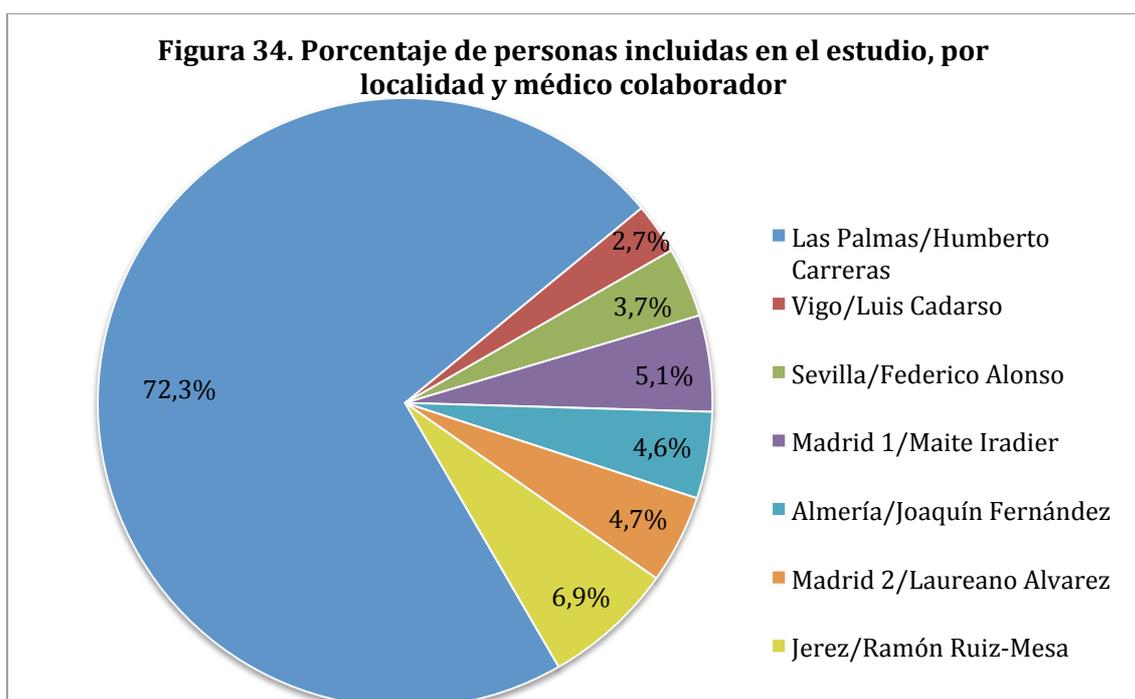
- pacientes con determinaciones efectuadas en centros distintos a los participantes.
- pacientes con determinaciones efectuadas con otro topógrafo distinto al Pentacam
- pacientes cuyas determinaciones no se encontraran en la hoja de análisis del Pentacam
- pacientes que presentaban una córnea patológica, la cual fue definida como tal, cuando tras la primera valoración, se obtuvieron unos valores de desviación estándar de la media del indicador topográfico Belin / Ambrósio Enhanced Ectasia Display (BAD) superior a 2,6.
- Se excluyen también las segundas y sucesivas visitas de un mismo paciente

En la tabla 2 se muestran la localidad de los centros participantes, los médicos colaboradores y el número de personas incluidos en el estudio, así como el número de registros estudiados.

Tabla 2. Número de personas incluidas en el estudio, número de registros, localidad y médico colaborador

| Localidad | Médico | Número de pacientes (%) | Número de registros |
|------------|-------------------|-------------------------|---------------------|
| Las Palmas | Humberto Carreras | 2.857 (72.3) | 5.205 |
| Vigo | Luis Cadarso | 107 (2.7) | 154 |
| Sevilla | Federico Alonso | 145 (3.7) | 229 |
| Madrid 1 | Maite Iradier | 200 (5.1) | 344 |
| Almería | Joaquín Fernández | 181 (4.6) | 305 |
| Madrid 2 | Laureano Alvarez | 186 (4.7) | 320 |
| Jerez | Ramón Ruiz-Mesa | 274 (6.9) | 472 |
| Total | | 3.950 (100) | 7.029 |

Figura 34. Porcentaje de personas incluidas en el estudio, por localidad y médico colaborador



c. Instrumentos

Todos los pacientes habían sido evaluados por medio del topógrafo corneal Pentacam de la casa Oculos, Wetzlar, Alemania. Los registros de estas exploraciones se guardan en disco duro en dicha Unidad, desde donde fueron exportados.

Figura 35. Topógrafo pentacam. Mesa de trabajo



d. Variables estudiadas

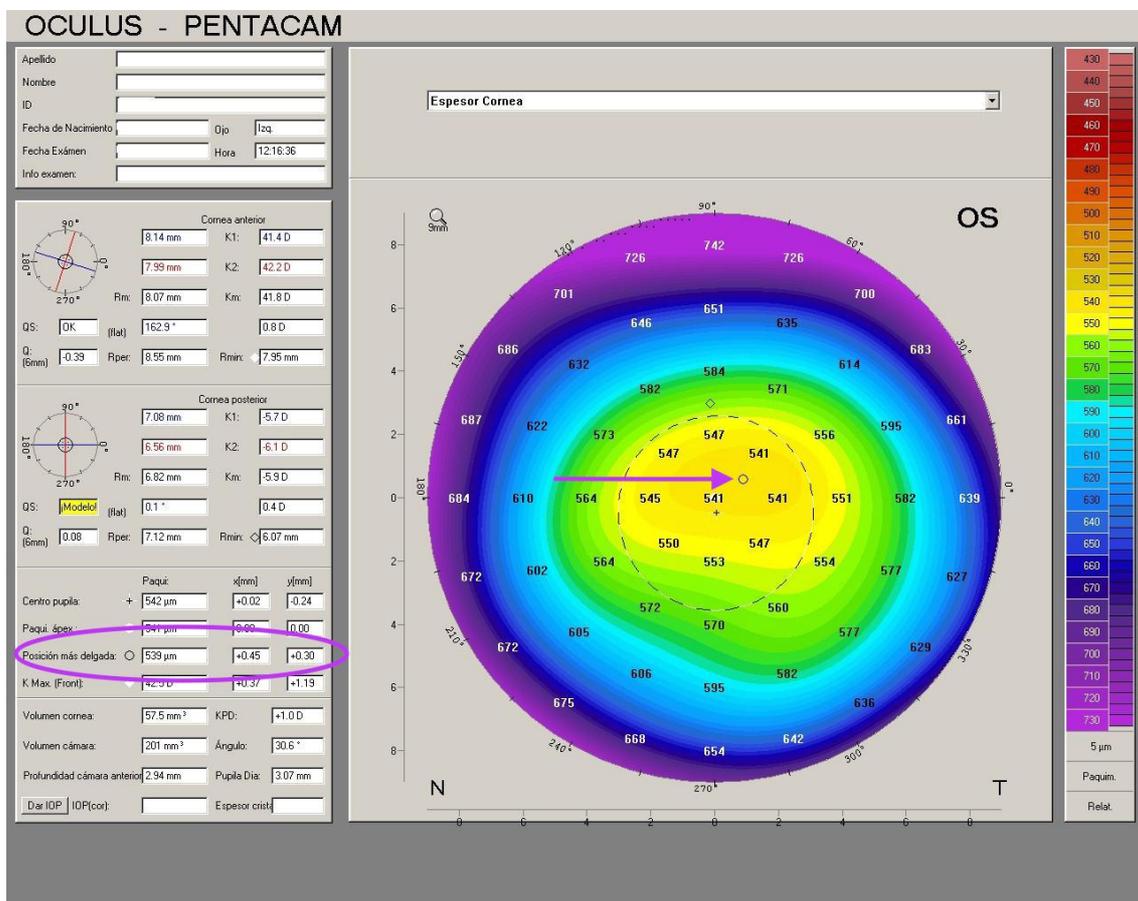
Los parámetros que hemos determinado fueron:

1. Datos de filiación:

- a. Apellidos
- b. Nombre
- c. Número de filiación
- d. Fecha de nacimiento
- e. Fecha de examen
- f. Ojo derecho / ojo izquierdo

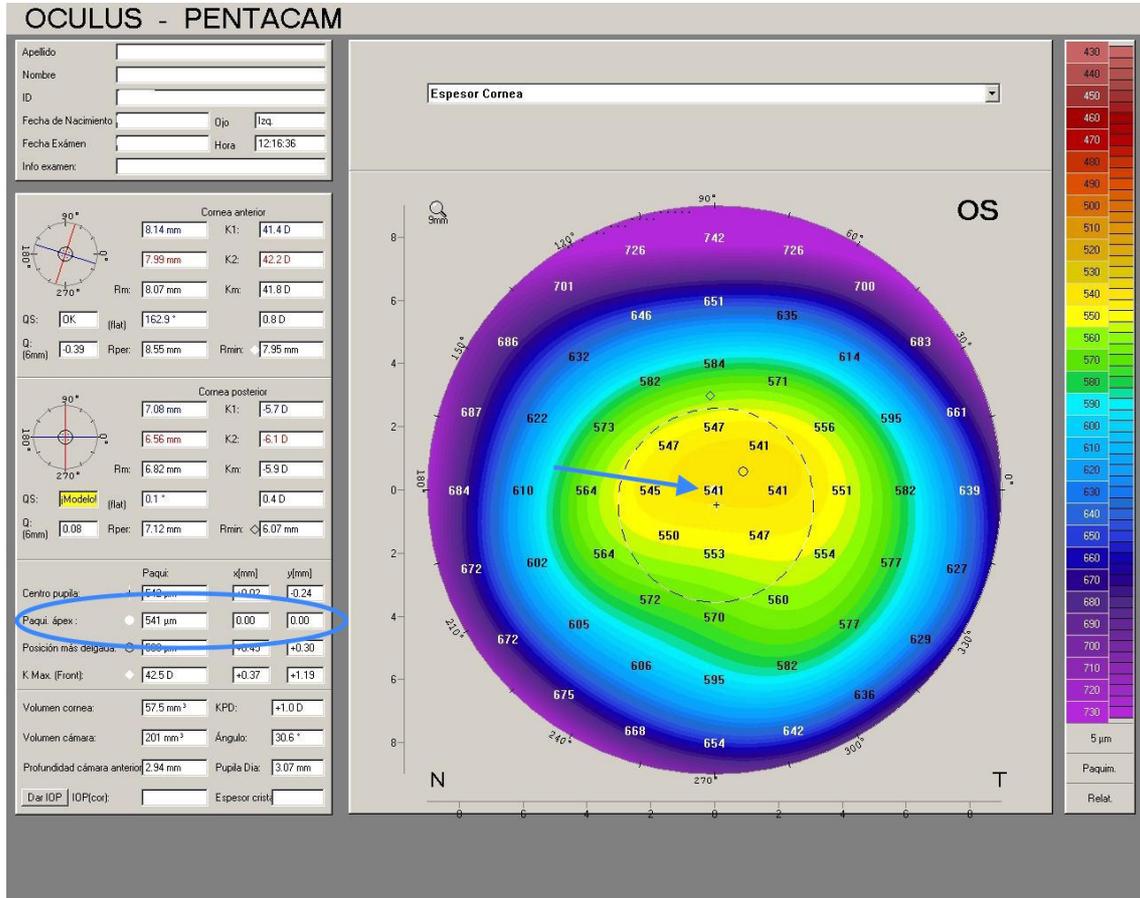
2. **Paquimetría Mínima**, que mide el grosor corneal mínimo, localizándolo en un eje de coordenadas (x,y)

Figura 36. Paquimetría Mínima



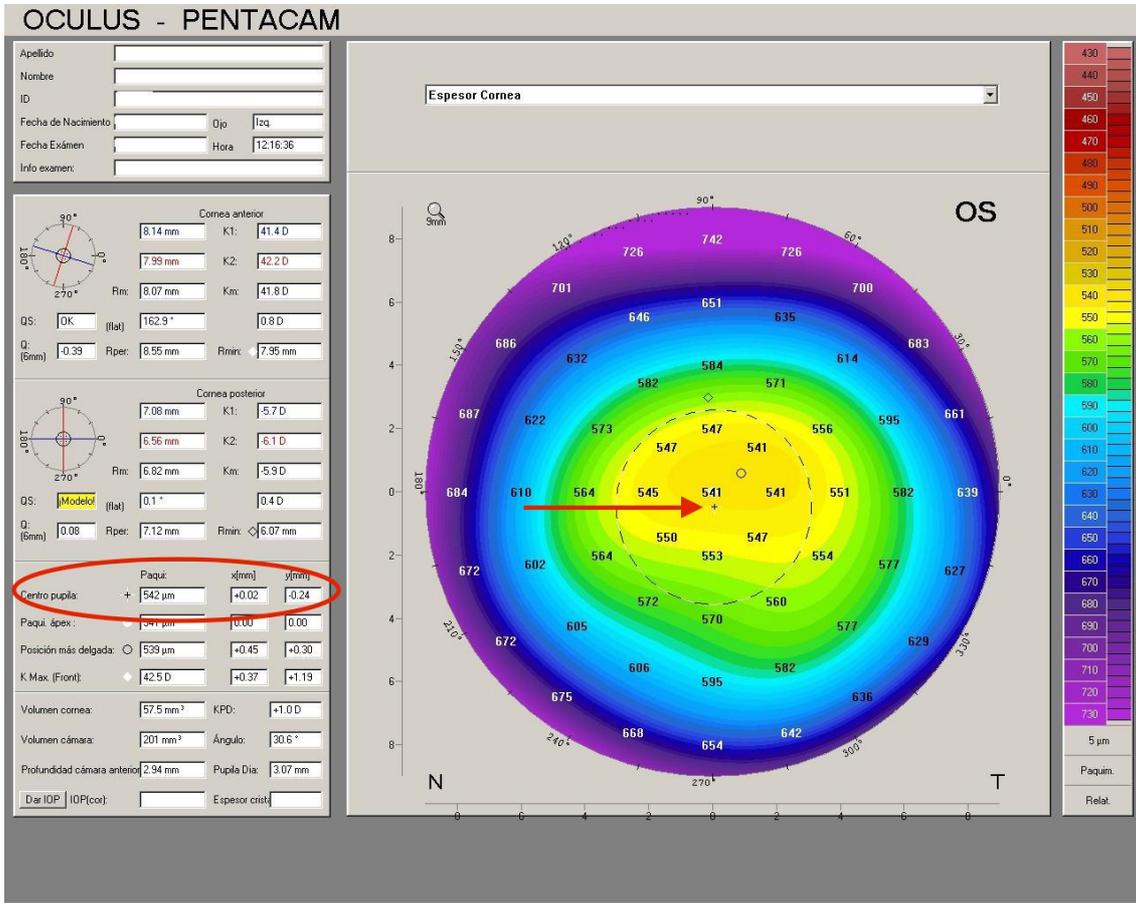
3. Paquimetría Apex que mide el grosor corneal en el punto más elevado,

Figura 37. Paquimetría en el Ápex



4. Paquimetría Pupila: que mide la paquimetría en el centro de la pupila

Figura 38: Paquimetría en la Pupila



4. Además de estas variables, a todas las personas participantes en el estudio se les efectuó una valoración de los siguientes parámetros:

- **K1:** diámetro mayor de la córnea en dioptrías
- **K2:** diámetro menor de la córnea en dioptrías
- **Axis:** Eje astigmatismo
- **Astig:** dioptrías de astigmatismo en el centro córnea
- **AC depth:** profundidad de la cámara anterior medida desde endotelio a cristalino
- **AC volumen:** volumen de la cámara anterior a 12 mm alrededor del ápex de la cornea
- **Ch. Angle:** el más delgado de los dos ángulos de la cámara anterior en la sección horizontal,
- **Belin Ambrosio:**
 - **Df:** desviación en el mapa de diferencias de la cara anterior de la córnea
 - **Db:** desviación en el mapa de diferencias de la cara posterior
 - **Dp:** desviación del índice de progresión paquimétrica
 - **Dt:** desviación entre el punto de mayor grosor corneal y el punto más delgado
 - **Da:** desviación del parámetro Ambrosio relacionado Grosor (ART)
 - **D:** desviación estándar de la media:
 - <1,6 es normal
 - menor o igual que 2,6 es sospechoso
 - mayor 2,6 es patológico
- **IPR:** incremento paquimétrico relativo o progresión paquimétrica relativa
- **ART:** Ambrosio relational thickness

e. Consideraciones éticas

El estudio se ha regido por los principios básicos contenidos en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (124). Se han mantenido los niveles más altos de conducta profesional y confidencialidad y se ha seguido la legislación nacional aplicable en materia de protección de datos.

El hecho de la confidencialidad del paciente está garantizado y su identidad ha sido codificada. Sólo las personas autorizadas han tenido acceso a detalles personales que pudieran identificar al paciente si los procesos de verificación de los datos así lo han requerido.

f. Análisis estadístico

Análisis univariado. Las variables categóricas se resumieron en frecuencias y porcentajes y las numéricas en medias y desviaciones estándar (SD) ó en medianas y rangos intercuartílicos (IQR) según se diesen o no los supuestos de normalidad. Los porcentajes se compararon con el test de la χ^2 , las medias con el F-test del análisis de la varianza a una vía (el cual se reduce al t-test para la comparación de dos grupos) y las medianas utilizando el test de Kruskal-Wallis. Se realizaron comparaciones múltiples entre los siete grupos considerados tomando como grupo de referencia el de Las Palmas mediante el test de Dunnett. Para los factores finales obtenidos, se realizaron también comparaciones múltiples utilizando el procedimiento de Scheffé. Asimismo se compararon los marcadores del estudio entre ojo derecho y ojo izquierdo utilizando el t-test para datos emparejados. Un contraste de hipótesis se consideró estadísticamente significativo cuando el correspondiente p-valor fue inferior a 0.05.

Concordancia entre determinaciones. La concordancia entre las determinaciones entre ojos se examinó mediante representaciones gráficas y la estimación del coeficiente de correlación intraclase (ICC), mediante intervalos de confianza al 95%. Un valor próximo a la unidad indica una fuerte coincidencia entre ambas determinaciones, mientras que cuando están próximas a cero indica escasa concordancia. Se hace hincapié en la diferencia entre el concepto de *concordancia* y el de *correlación* (125).

Correlaciones de Pearson. En orden a examinar las asociaciones entre los marcadores numéricos y explorar la dimensión del vector de variables, se obtuvieron las correlaciones de Pearson y se realizó el contraste de

significación para el siguiente subconjunto de variables: *K1D*, *K2D*, *ACDeph*, *ACVolume*, *Ch.Angle*, *PachyMin*, *PachyApex* y *PachyPupil*.

Análisis factorial. En orden a determinar la dimensión del referido vector de variables seleccionadas (*K1D*, *K2D*, *ACDeph*, *ACVolume*, *Ch.Angle*, *PachyMin*, *PachyApex* y *PachyPupil*), se realizó un análisis factorial. La finalidad de tal análisis es obtener un conjunto de factores F_1, \dots, F_p cuyo número sea menor que el del conjunto original de variables y que expliquen la variabilidad de éstas. A menudo, tales factores reciben el nombre de variables latentes, las cuales no son observables, pero cuya existencia se justifica por las correlaciones entre las variables originales. De acuerdo con el criterio basado en *autovalores mayores a la unidad*, el número de factores seleccionados fue de dos. Ello significa que cada una de las variables originales estandarizadas a media cero y varianza uno (X_j) satisfacen la ecuación:

$$X_j = \alpha_{j,1} \cdot F_1 + \alpha_{j,2} \cdot F_2 + \alpha_{j,3} \cdot F_3 + U_j : j = 1, \dots, 8$$

Aquí, F_1 , F_2 y F_3 son factores comunes a las ocho variables (subyacen a ellas), mientras que U_j es la especificidad de cada variable (*aquello que no es posible explicar por los factores comunes*). El método utilizado para la obtención de los factores fue el de las componentes principales (126). Una vez obtenidos, se practicó una rotación ortogonal (*varimax*) para mejorar la interpretación de los factores.

Un contraste de hipótesis se consideró estadísticamente significativo cuando el correspondiente p-valor fue menor o igual a 0.05.



Resultados

El objetivo inicial del presente trabajo consistía en comparar parámetros de la córnea ocular de los habitantes de Canarias con los de otros territorios españoles. Para tal fin se disponía de doce variables de registros oculares obtenidos de diversas consultas oftalmológicas.

El número total de pacientes incluidos en el estudio fue de 3.950, correspondiendo el mayor tamaño muestral a los obtenidos por el doctorando en la Clínica Eurocanarias Oftalmológica, en Las Palmas, con un total de 2.857 pacientes (72.3%).

El primer problema que surgió derivaba de la heterogeneidad de la población peninsular, de tal forma que la población Canaria podría asemejarse a la de algunas regiones peninsulares en algunos marcadores y producirse diferencias entre estas.

El otro problema era que de los 3.950 pacientes, 3.078 tenían determinaciones simultáneas (en la misma visita) en ambos ojos mientras que el resto sólo tenían en el ojo derecho o sólo en el izquierdo. Por tal motivo, una buena parte de este estudio se ha realizado para cada uno de los ojos separadamente.

Sin embargo, pareció conveniente evaluar si las medidas en cada uno de los ojos eran o no concordantes. Este análisis se realizó esencialmente mediante el uso del coeficiente de correlación intraclase. En la figura 62 puede verse por ejemplo que marcadores como el K1D y K2D son concordantes entre ambos ojos, pero tal concordancia es muy pobre en el PachyMin.

Otra cuestión que se abordó fue la determinación de variables que se pudieran subagrupar y que permitieran “definir” el ojo, entendiendo por tal el número real de variables diferentes que caracterizan la córnea. Este análisis se realizó a partir del subconjunto de marcadores K1D, K2D, ACDepht, ACVolume, PachyMin, Ch.Angle, PachyApex y PachyPupil. La dimensión de este vector se evaluó haciendo uso del análisis de componentes principales y de éste se dedujeron para cada ojo tres factores, los cuales recogían el 91.06%

(ojo derecho) y el 91.97% (ojo izquierdo) de la variabilidad de los datos. De esta forma, el vector inicial de 8 variables se redujo a tres factores (por cada ojo), lo permitía hacer una comparación más simple entre las siete poblaciones analizadas.

Las variables de edad y sexo para el conjunto de los 3.950 pacientes incluidos en el estudio y en cada uno de las localidades (consultas) se resumen en la tabla 3 Y 4.

Tabla 3. Descripción de los pacientes del estudio. Edad

| | Nº de pacientes (%) | Edad ± SD | Nº de registros |
|------------|---------------------|--------------------------------|-----------------|
| Total | 3.950 (100) | 44.0 ± 16.0 | 7.029 |
| Las Palmas | 2.857 (72.3) | 43.9 ± 15.3 ^{a, c} | 5.205 |
| Vigo | 107 (2.7) | 39.9 ± 15.8 ^{a, b} | 154 |
| Sevilla | 145 (3.7) | 39.3 ± 12.4 ^{a, b} | 229 |
| Madrid 1 | 200 (5.1) | 46.1 ± 17.6 ^{a, c} | 344 |
| Almería | 181 (4.6) | 37.5 ± 14.3 ^b | 305 |
| Madrid 2 | 186 (4.7) | 57.8 ± 18.5 ^d | 320 |
| Jerez | 274 (6.9) | 42.4 ± 17.4 ^{a, b, c} | 472 |

Diferentes superíndices ^{a,b,...} indican diferencias significativas (test de Scheffe) para $p < .05$

Figura 39. Número de registros, por localidad y médico colaborador.

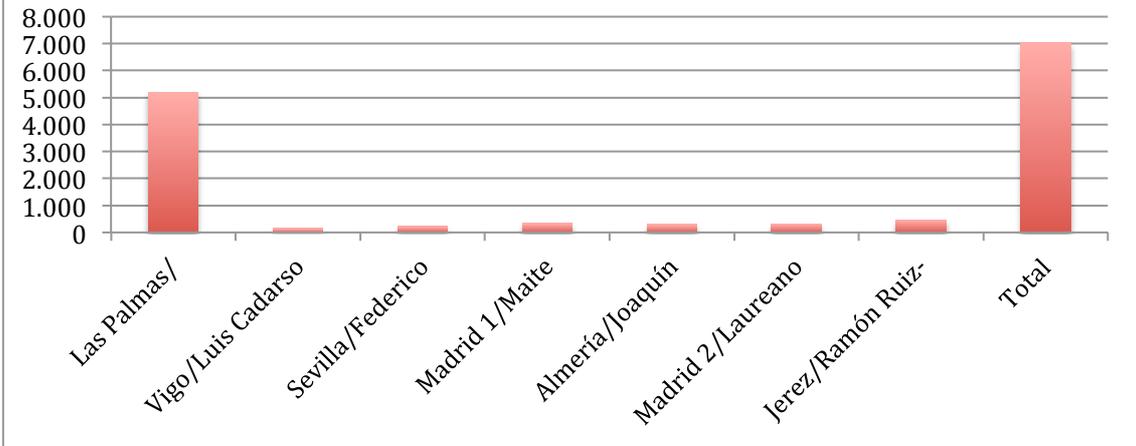


Figura 40. Edad de los pacientes

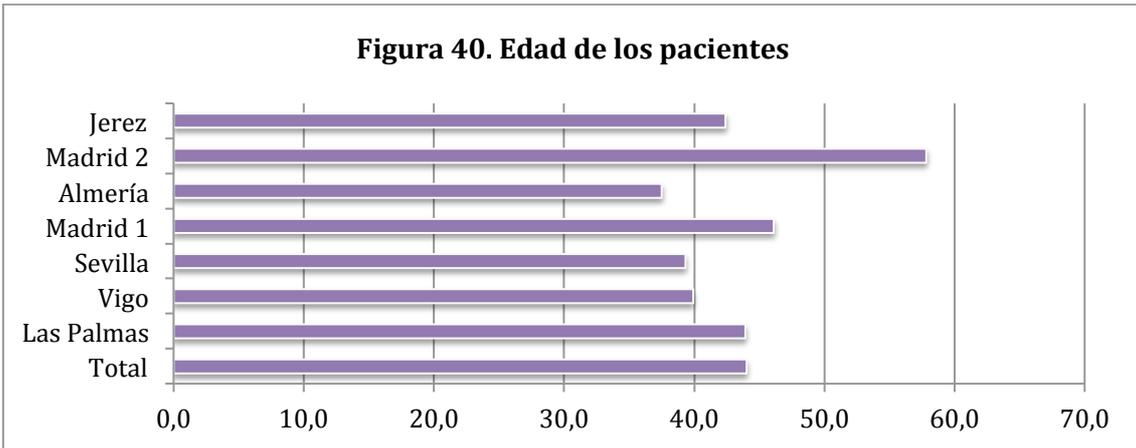
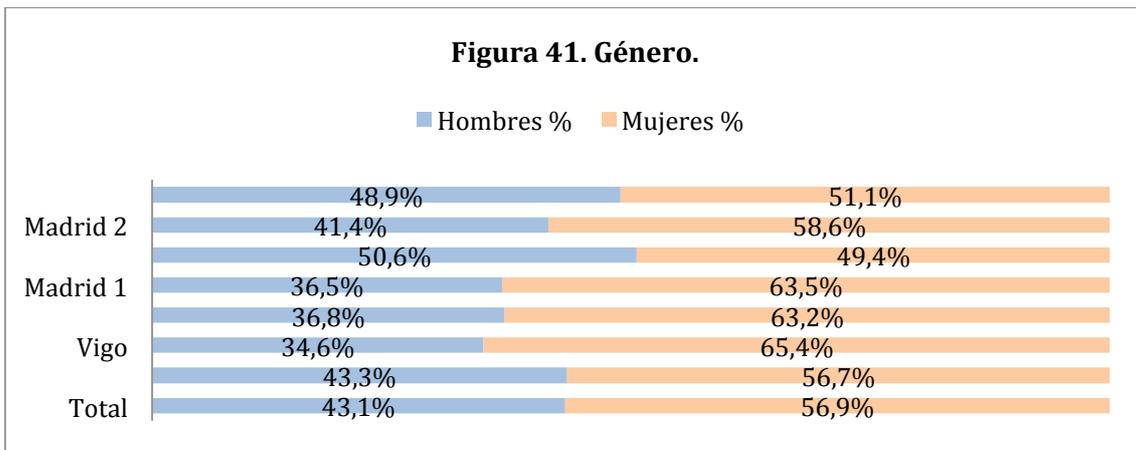


Tabla 4.Descripción de los pacientes del estudio. Género

| | Nº de pacientes (%) | Hombres / Mujeres, % | Nº de registros |
|------------|---------------------|----------------------|-----------------|
| Total | 3.950 (100) | 43.1 / 56.9 | 7.029 |
| Las Palmas | 2.857 (72.3) | 43.3 / 56.7 | 5.205 |
| Vigo | 107 (2.7) | 34.6 / 65.4 | 154 |
| Sevilla | 145 (3.7) | 36.8 / 63.2 | 229 |
| Madrid 1 | 200 (5.1) | 36.5 / 63.5 | 344 |
| Almería | 181 (4.6) | 50.6 / 49.4 | 305 |
| Madrid 2 | 186 (4.7) | 41.4 / 58.6 | 320 |
| Jerez | 274 (6.9) | 48.9 / 51.1 | 472 |



En las tablas 5 Y 6 (ojo derecho) y 7 Y 8 (ojo izquierdo) se describen las 12 variables oculares estudiadas para la totalidad de la población y según género.

Tabla 5. Ojo derecho . Paquimetrías según género

| | Total N = 3,493 | Hombres N = 1,457 | Mujeres N = 1,958 | p |
|------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------|
| Edad, años | 43.7 ± 15.8 | 43.0 ± 16.2 | 44.2 ± 15.4 | .036 |
| PachyMin | 543.3 ± 34.2 | 546.2 ± 34.2 | 541.2 ± 34.2 | < .001 |
| PachyMinX | -0.556 ± 0.275 | -0.538 ± 0.278 | -0.569 ± 0.272 | .001 |
| PachyMinY | -0.367 ± 0.277 | -0.391 ± 0.286 | -0.349 ± 0.268 | < .001 |
| PachyApex | 547.9 ± 34.6 | 551.0 ± 34.5 | 545.7 ± 34.6 | < .001 |
| PachyPupil | 546.8 ± 34.5 | 549.9 ± 34.4 | 544.6 ± 34.4 | < .001 |

Los datos son medias ± SD, y medianas (IQR)

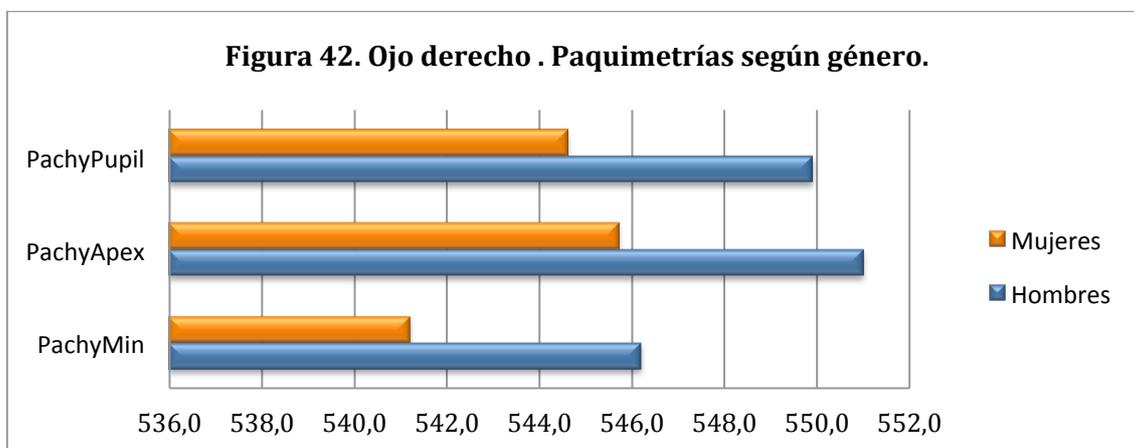


Tabla 6. Ojo derecho. Otras variables según género

| | Total N = 3,493 | Hombres N = 1,457 | Mujeres N = 1,958 | p |
|----------|--------------------|----------------------|----------------------|--------|
| K1D | 42.6 ± 1.7 | 42.2 ± 1.7 | 42.9 ± 1.7 | < .001 |
| K2D | 43.7 ± 1.8 | 43.3 ± 1.8 | 44.0 ± 1.8 | < .001 |
| AxisK1 | 69.5 (13 ; 159) | 65.2 (14.0 ; 150) | 76.0 (12.9 ; 162) | .137 |
| AstigD | 0.9 (0.5 ; 1.4) | 0.9 (0.5 ; 1.4) | 0.9 (0.5 ; 1.4) | .747 |
| ACDepth | 3.0 (2.7 ; 3.2) | 3.0 (2.7 ; 3.3) | 2.9 (2.6 ; 3.2) | < .001 |
| ACVolume | 172.3 ± 45.1 | 181.6 ± 45.1 | 165.6 ± 43.9 | < .001 |
| Ch.Angle | 36.6 ± 7.3 | 37.1 ± 7.2 | 36.3 ± 7.2 | .001 |

Los datos son medias ± SD, y medianas (IQR)

Figura 43. Ojo derecho. Otras variables según género. ACD y Astig

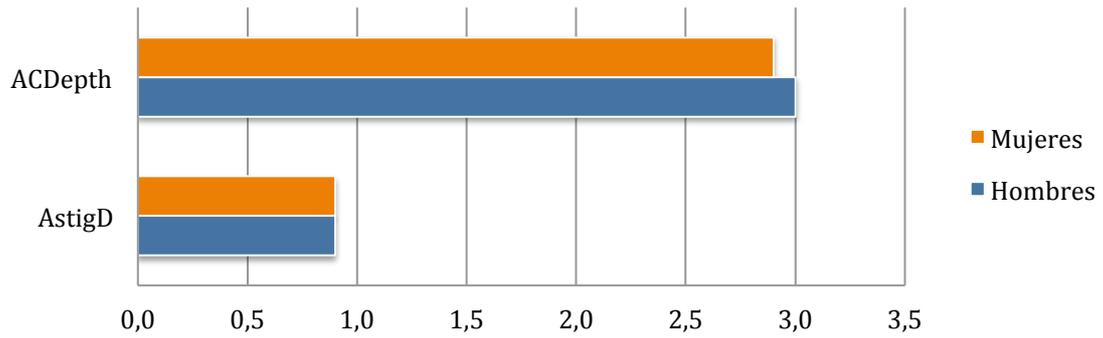


Figura 44. Ojo derecho. Otras variables según género. ACV.

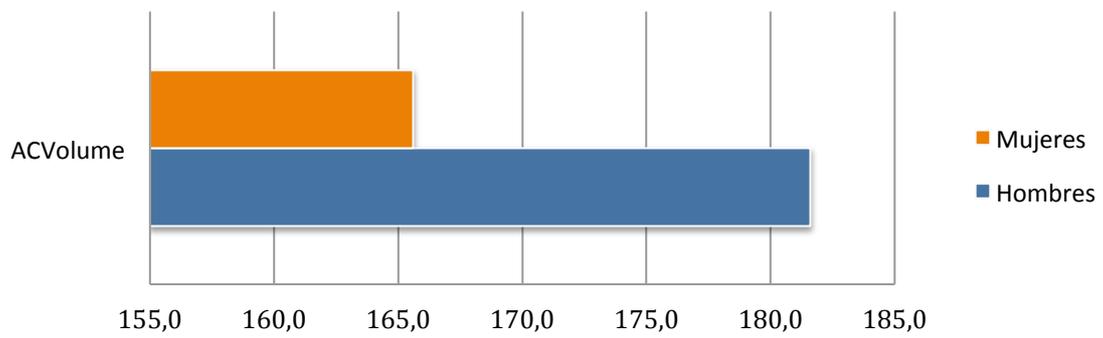
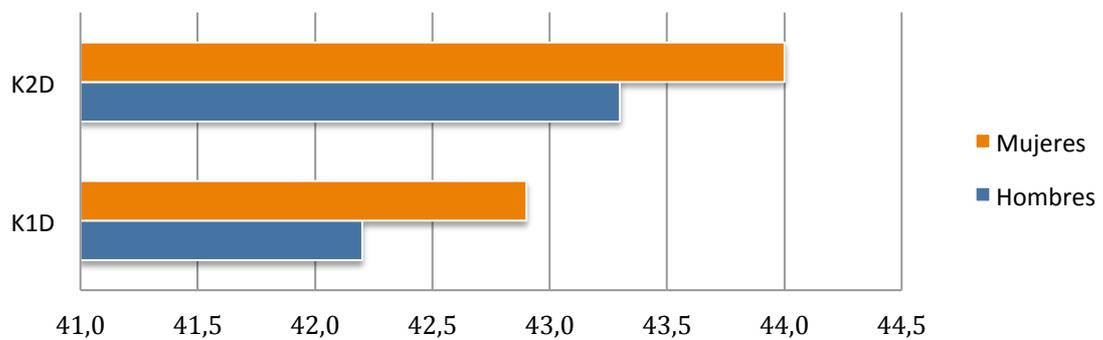


Figura 45. Ojo derecho. Otras variables según género. K1 y K2.



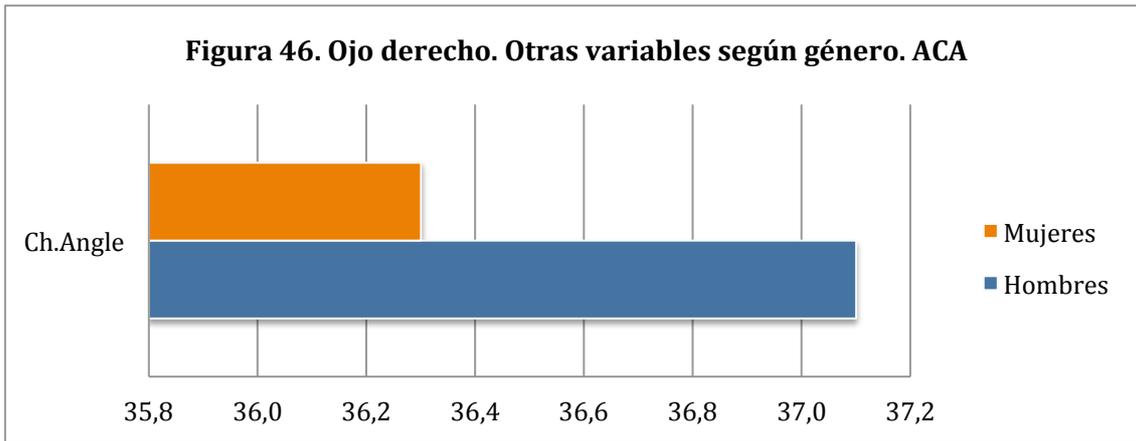


Tabla 7. Ojo izquierdo. Paquimetría según género

| | Total | Hombres | Mujeres | p |
|------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| Edad, años | 43.8 ± 15.9 | 43.2 ± 16.1 | 44.3 ± 15.7 | .044 |
| PachyMin | 543.2 ± 34.4 | 545.9 ± 35.1 | 541.3 ± 33.7 | < .001 |
| PachyMinX | -0.599 ± 0.279 | -0.586 ± 0.283 | -0.619 ± 0.277 | .014 |
| PachyMinY | -0.375 ± 0.283 | -0.388 ± 0.293 | -0.365 ± 0.277 | .021 |
| PachyApex | 548.2 ± 34.8 | 551.0 ± 35.5 | 546.3 ± 34.2 | < .001 |
| PachyPupil | 547.1 ± 34.8 | 549.8 ± 35.4 | 545.2 ± 34.2 | < .001 |

Los datos son medias ± SD, y medianas (IQR)

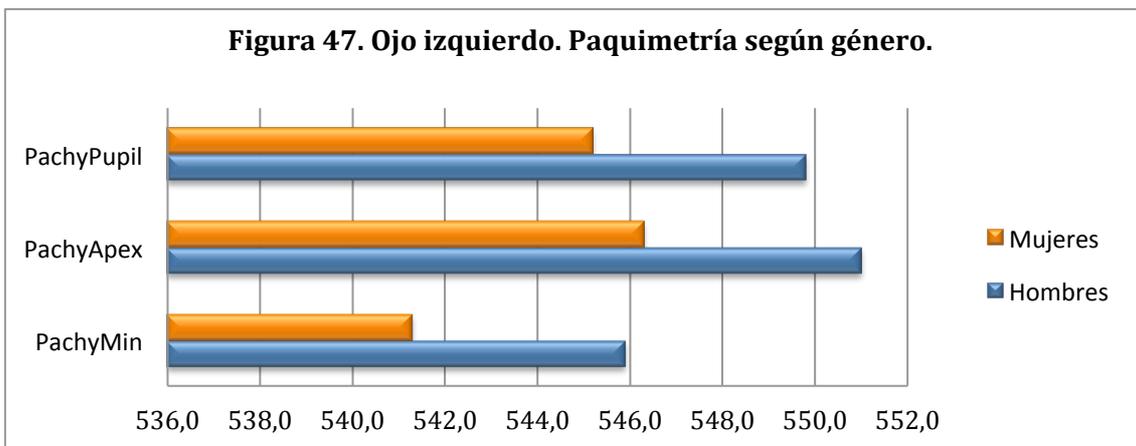
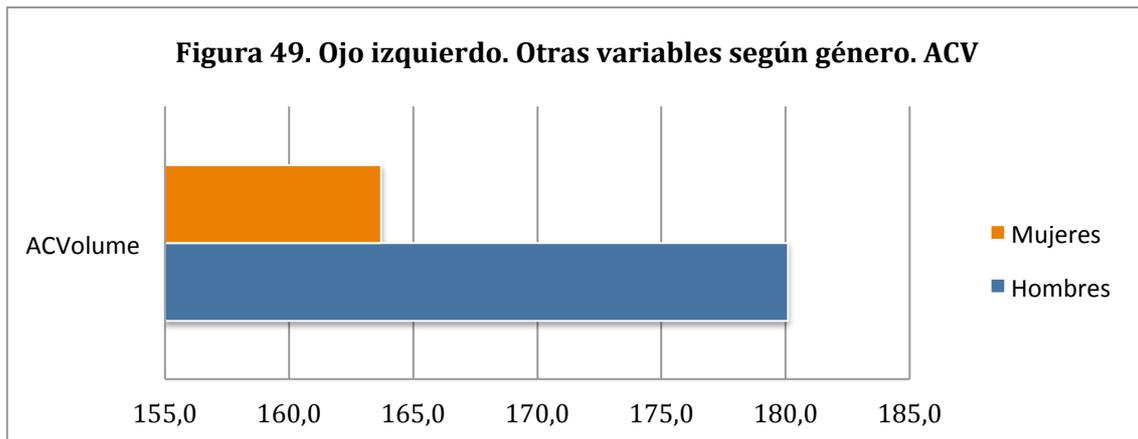
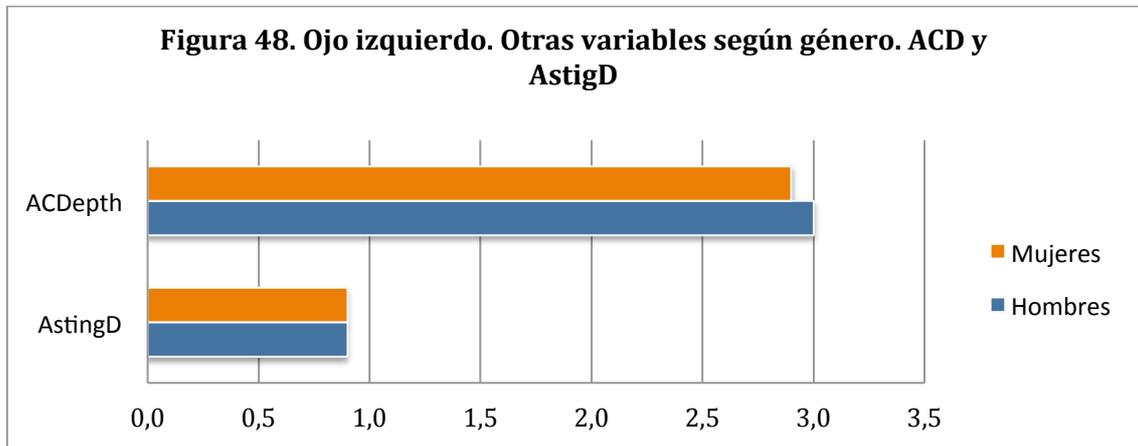
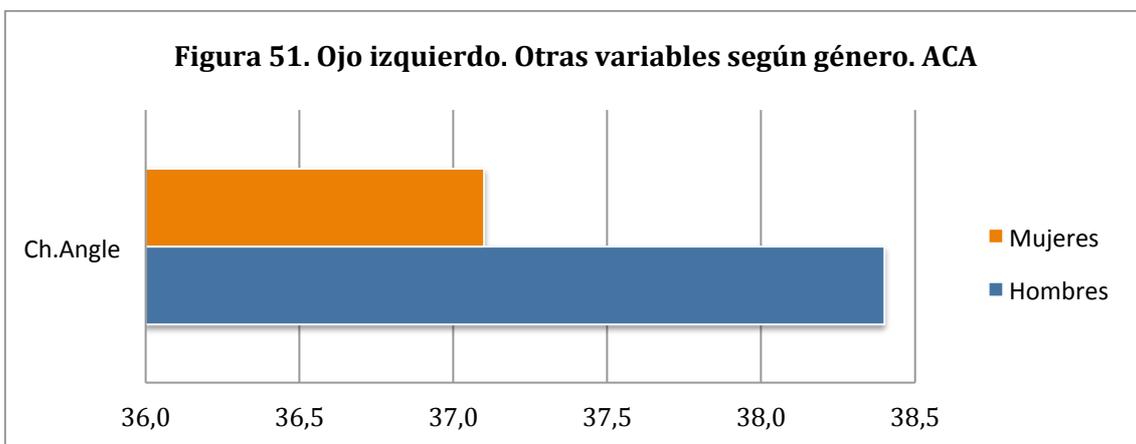
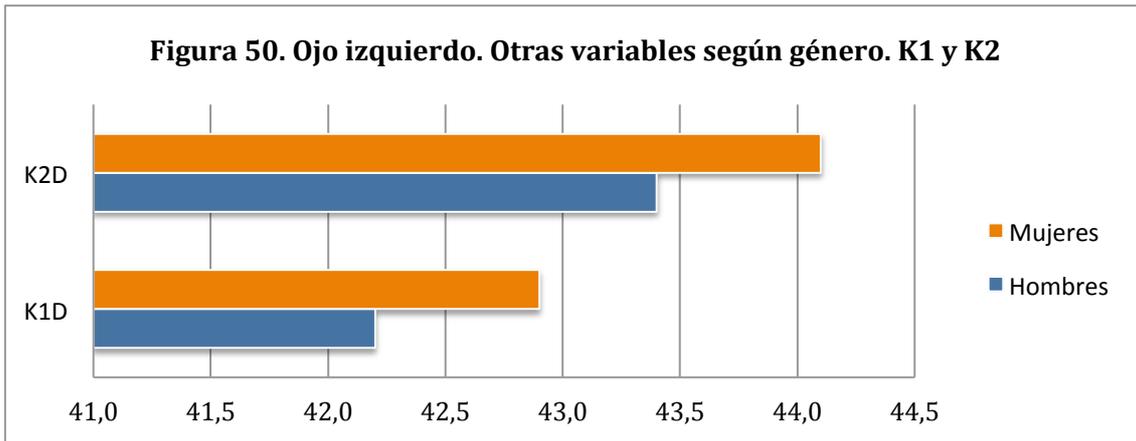


Tabla 8. Ojo izquierdo. Otras variables según género

| | Total | Hombres | Mujeres | p |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| K1D | 42.6 ± 1.8 | 42.2 ± 1.7 | 42.9 ± 1.8 | < .001 |
| K2D | 43.8 ± 1.9 | 43.4 ± 1.8 | 44.1 ± 1.9 | < .001 |
| AxisK1 | 132 (28 ; 168) | 132 (40 ; 167) | 133 (22 ; 169) | .267 |
| AstingD | 0.9 (0.5 ; 1.5) | 0.9 (0.5 ; 1.6) | 0.9 (0.6 ; 1.4) | .353 |
| ACDepth | 3.0 (2.7 ; 3.2) | 3.0 (2.7 ; 3.3) | 2.9 (2.6 ; 3.2) | < .001 |
| ACVolume | 170.6 ± 44.3 | 180.1 ± 43.9 | 163.7 ± 43.4 | < .001 |
| Ch.Angle | 37.7 ± 7.8 | 38.4 ± 7.6 | 37.1 ± 7.9 | < .001 |

Los datos son medias ± SD, y medianas (IQR)





Diversos marcadores mostraron diferencias significativas entre hombres y mujeres. Aquí cabe advertir que en algunos casos la significación estadística se produce por la notable potencia de los test de hipótesis, atribuible a los elevados tamaños muestrales, sin que tal significación tenga necesariamente relevancia clínica.

En cualquier caso, la eventual heterogeneidad de las poblaciones analizadas aconsejó repetir la comparación entre hombres y mujeres en el subgrupo canario (mayor homogeneidad). Tales comparaciones se muestran en las tablas 9 Y 10 (ojo derecho) y 11 Y 12 (ojo izquierdo).

Tabla 9. Las Palmas: ojo derecho. Paquimetría según género

| | Total N = 2,585 | Hombres N = 1,066 | Mujeres N = 1,447 | p |
|------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------|
| Edad, años | 43.8 ± 15.3 | 43.3 ± 15.7 | 44.2 ± 14.9 | .154 |
| PachyMin | 543.4 ± 33.1 | 546.7 ± 34.6 | 541.1 ± 33.4 | < .001 |
| PachyMinX | -0.565 ± 0.256 | -0.548 ± 0.264 | -0.578 ± 0.294 | .004 |
| PachyMinY | -0.371 ± 0.251 | -0.371 ± 0.251 | -0.355 ± 0.239 | < .001 |
| PachyApex | 548.1 ± 33.5 | 551.5 ± 32.9 | 545.6 ± 33.8 | < .001 |
| PachyPupil | 547.0 ± 33.3 | 550.4 ± 33.3 | 544.5 ± 33.6 | < .001 |

Los datos son medias ± SD, y medianas (IQR)

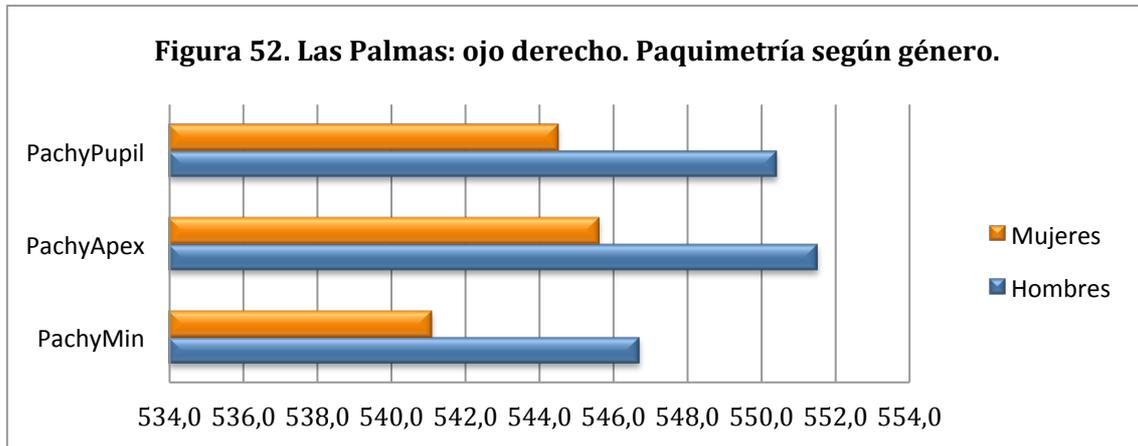


Tabla 10. Las Palmas: ojo derecho. Otras variables según género

| | Total N = 2,585 | Hombres N = 1,066 | Mujeres N = 1,447 | p |
|----------|--------------------|----------------------|----------------------|--------|
| K1D | 42.6 ± 1.7 | 42.1 ± 1.7 | 42.9 ± 1.7 | < .001 |
| K2D | 43.7 ± 1.9 | 43.3 ± 1.8 | 44.0 ± 1.8 | < .001 |
| AxisK1 | 74.4 (13 ; 160) | 69.6 (14.2 ; 151) | 82.6 (12.1 ; 163) | .180 |
| AstigD | 0.9 (0.5 ; 1.4) | 0.9 (0.5 ; 1.4) | 0.9 (0.5 ; 1.4) | .685 |
| ACDepth | 2.9 (2.6 ; 3.2) | 3.0 (2.7 ; 3.3) | 2.9 (2.6 ; 3.2) | < .001 |
| ACVolume | 169.9 ± 44.2 | 178.0 ± 44.5 | 164.2 ± 43.2 | < .001 |
| Ch.Angle | 36.8 ± 7.1 | 37.2 ± 7.0 | 36.5 ± 7.0 | .014 |

Los datos son medias ± SD, y medianas (IQR)

Figura 53. LPA: OD. Otras variables según género. K1 y K2.

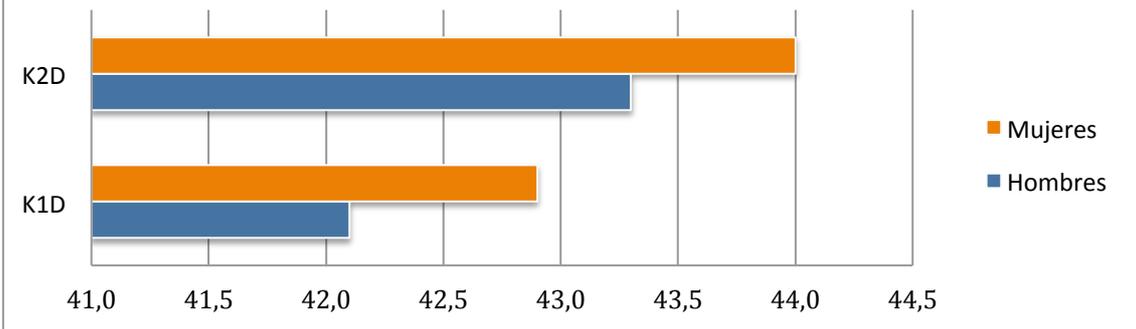


Figura 54. LPA: OD. Otras variables según género. ACD y Astig

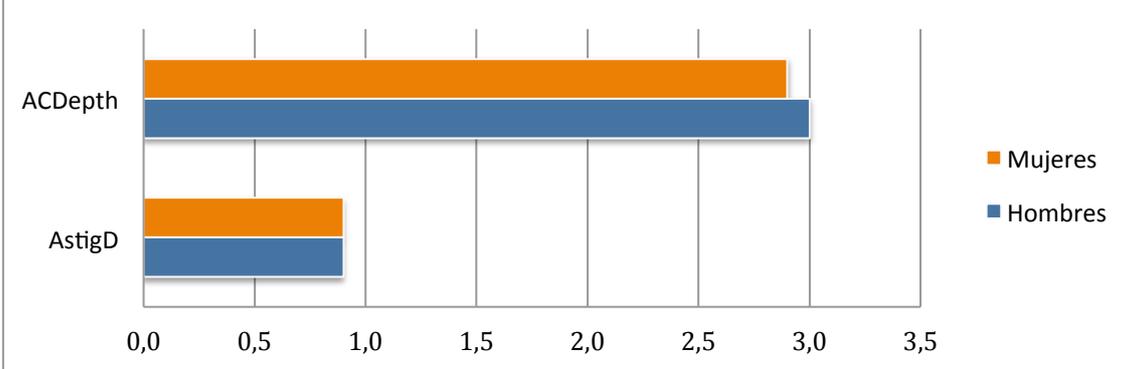
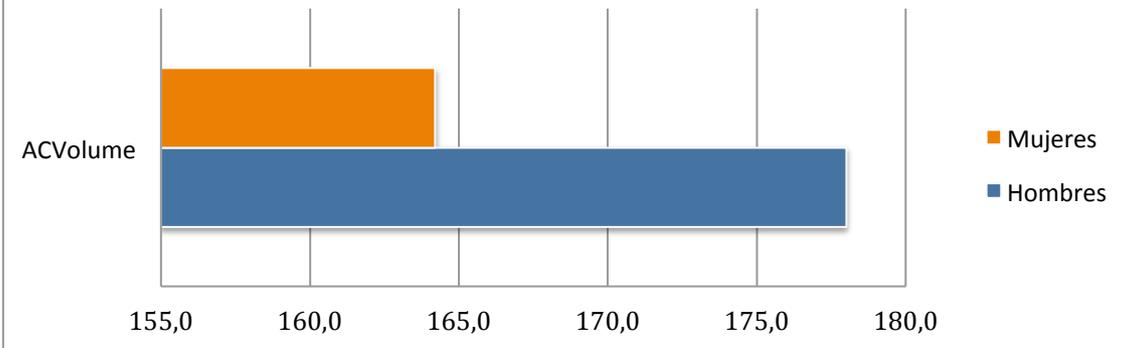


Figura 55. LPA: OD. Otras variables según género. ACV



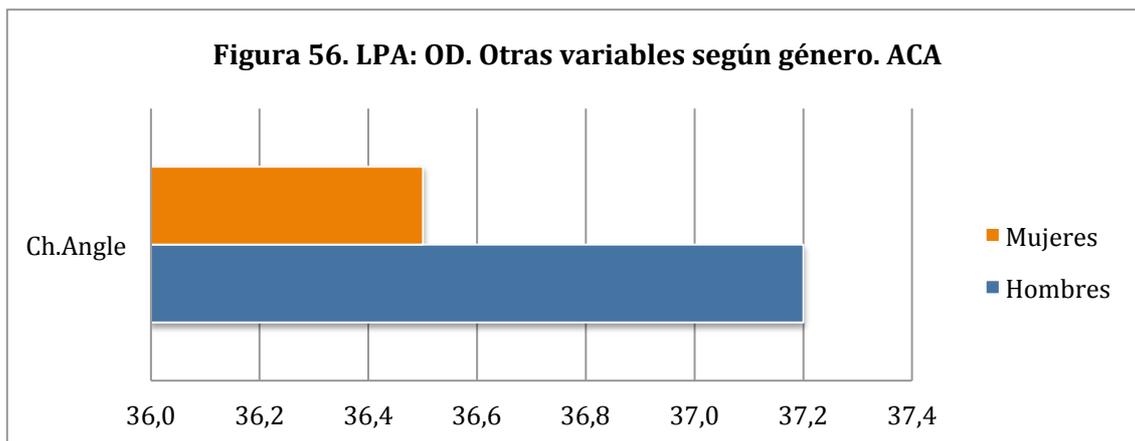


Tabla 11. Las Palmas : ojo izquierdo. Paquimetría según género

| | Total | Hombres | Mujeres | p |
|------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| Edad, años | 43.7 ± 15.2 | 43.3 ± 15.6 | 44.0 ± 14.8 | .267 |
| PachyMin | 543.7 ± 33.7 | 546.6 ± 34.0 | 541.5 ± 33.4 | < .001 |
| PachyMinX | -0.596 ± 0.253 | -0.589 ± 0.258 | -0.602 ± 0.248 | .207 |
| PachyMinY | -0.380 ± 0.256 | -0.387 ± 0.271 | -0.374 ± 0.245 | .187 |
| PachyApex | 548.7 ± 34.1 | 551.8 ± 34.3 | 546.5 ± 33.9 | < .001 |
| PachyPupil | 547.6 ± 34.1 | 550.6 ± 34.2 | 545.4 ± 33.9 | < .001 |

Los datos son medias ± SD, y medianas (IQR)

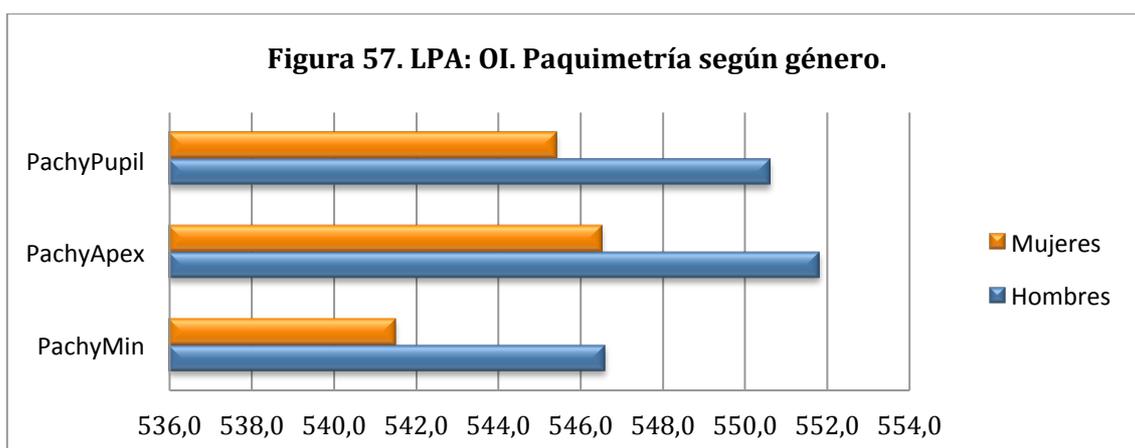


Tabla 12. Las Palmas : ojo izquierdo. Otras variables según género

| | Total | Hombres | Mujeres | p |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| K1D | 42.6 ± 1.8 | 42.2 ± 1.7 | 42.8 ± 1.8 | < .001 |
| K2D | 43.7 ± 1.9 | 43.3 ± 1.9 | 43.9 ± 1.9 | < .001 |
| AxisK1 | 130 (27 ; 169) | 131 (41 ; 168) | 130 (21 ; 169) | .216 |
| AstigD | 0.9 (0.5 ; 1.4) | 0.9 (0.5 ; 1.6) | 0.9 (0.6 ; 1.4) | .750 |
| ACDepth | 3.0 (2.6 ; 3.2) | 3.0 (2.7 ; 3.3) | 2.9 (2.6 ; 3.2) | < .001 |
| ACVolume | 169.0 ± 43.4 | 177.6 ± 43.5 | 162.8 ± 42.2 | < .001 |
| Ch.Angle | 38.0 ± 7.6 | 38.7 ± 7.5 | 37.6 ± 7.6 | < .001 |

Los datos son medias ± SD, y medianas (IQR)

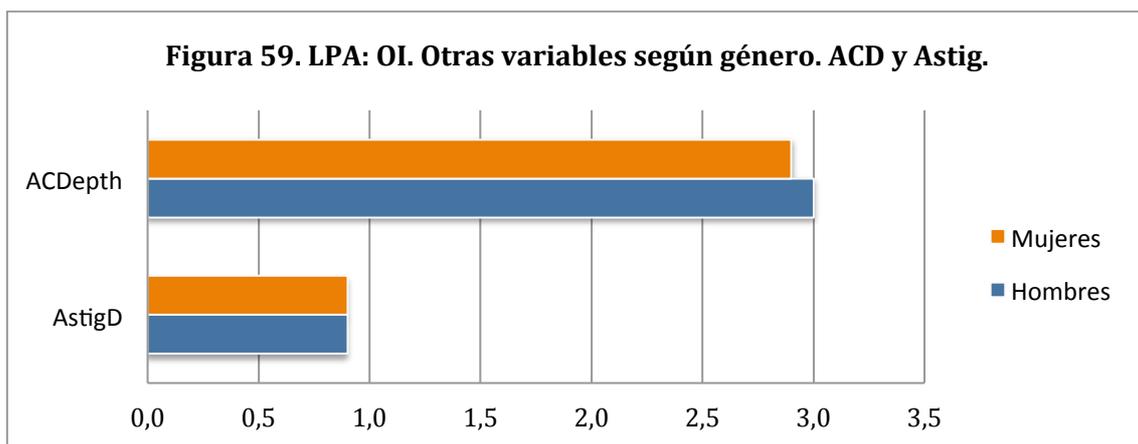
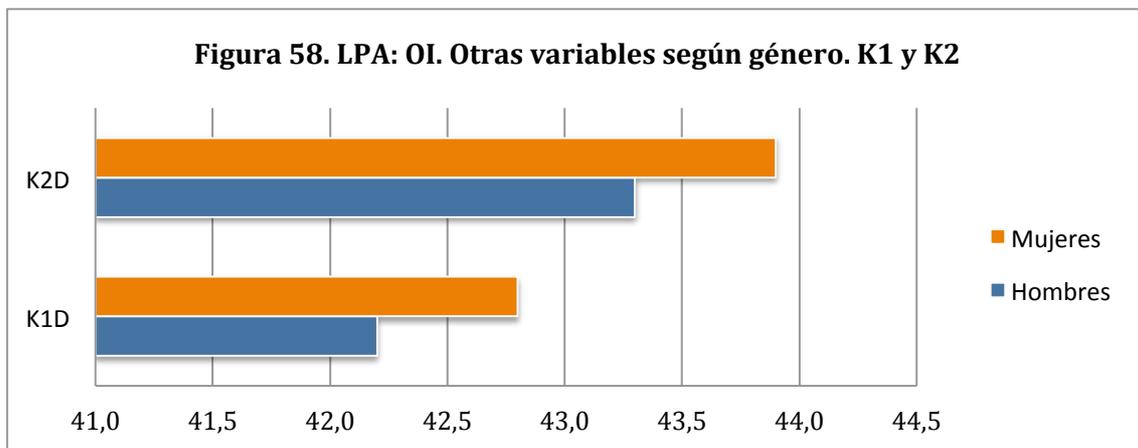


Figura 60. LPA: OI. Otras variables según género. ACV

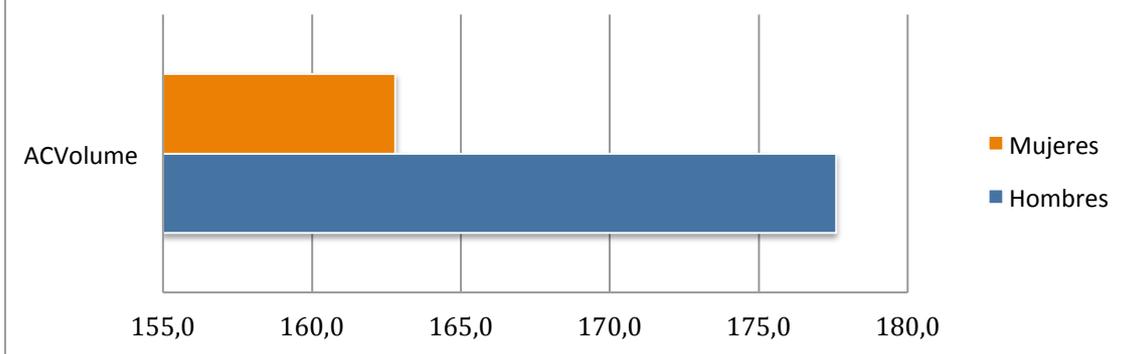
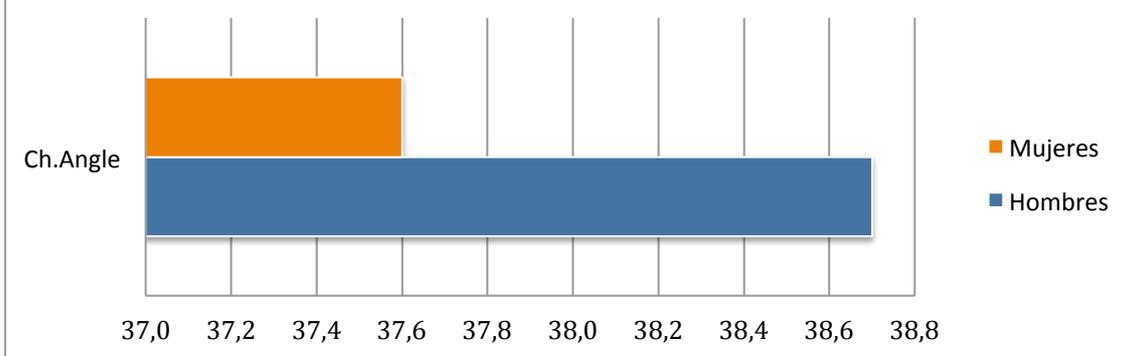


Figura 61. LPA: OI. Otras variables según género. ACA



Concordancia entre las determinaciones de ambos ojos.

Estos análisis se realizaron obviamente sobre el subgrupo de los 3.078 pacientes que disponían de determinaciones en ambos ojos. La primera aproximación al análisis de concordancia se llevó a efecto comparando los valores medios en ambos ojos. Estos resultados se resumen en la tabla 13. El juicio de la concordancia entre estos valores debe basarse principalmente en los intervalos de confianza para la diferencia de las medias.

Tabla 13. Comparación de los marcadores intrasujeto (N = 3.078)

| | Ojo | | P* | Diferencia D-I (IC-95%) |
|------------|----------------|----------------|--------|--------------------------|
| | Derecho | Izquierdo | | |
| K1D | 42.6 ± 1.7 | 42.7 ± 1.7 | .045 | -0.019 (-0.038 ; 0) |
| K2D | 43.7 ± 1.8 | 43.8 ± 1.8 | < .001 | -0.037 (-0.056 ; -0.017) |
| AxisK1 | 81.2 ± 68.7 | 104.8 ± 67.8 | < .001 | -23.6 (-27.5 ; -19.7) |
| AstigD | 1.11 ± 0.9 | 1.13 ± 0.87 | .106 | -0.019 (-0.042 ; 0.004) |
| ACDepth | 2.96 ± 0.46 | 2.96 ± 0.46 | .149 | 0.005 (-0.002 ; 0.011) |
| ACVolume | 172.6 ± 44.9 | 171.2 ± 44.2 | < .001 | 1.412 (1.015 ; 1.808) |
| Ch.Angle | 36.7 ± 7.2 | 37.8 ± 7.7 | < .001 | -1.324 (-1.315 ; -0.953) |
| PachyMin | 544.3 ± 33.7 | 544.1 ± 33.8 | .267 | 0.210 (-0.161 ; 0.581) |
| PachyMinX | -0.558 ± 0.272 | -0.599 ± 0.271 | < .001 | 0.041 (0.031 ; 0.052) |
| PachyMinY | -0.365 ± 0.270 | -0.379 ± 0.271 | .002 | 0.014 (0.005 ; 0.023) |
| PachyApex | 548.8 ± 34.1 | 549.1 ± 34.2 | .215 | -0.232 (-0.598 ; 0.135) |
| PachyPupil | 547.7 ± 33.9 | 547.9 ± 34.2 | .344 | -0.177 (-0.543 ; 0.190) |

Los datos son medias ± SD ; (*) t-test para datos emparejados

Los coeficientes de correlación intraclase para evaluar la concordancia de las determinaciones de los marcadores oculares entre ambos ojos, junto a sus intervalos de confianza al 95%, se resumen en la tabla 14.

Tabla 14. Coeficientes de correlación intraclase (IC-95%)

| | Coeficiente de correlación intraclase | IC – 95% | |
|------------|--|-----------------|--------|
| K1D | 0.951 | 0.948 | 0.954 |
| K2D | 0.953 | 0.950 | 0.956 |
| AxisK1 | -0.305 | -0.337 | -0.273 |
| AstigD | 0.716 | 0.698 | 0.733 |
| ACDepth | 0.918 | 0.912 | 0.923 |
| ACVolume | 0.968 | 0.965 | 0.970 |
| Ch.Angle | 0.755 | 0.740 | 0.770 |
| PachyMin | 0.952 | 0.948 | 0.955 |
| PachyMinX | 0.402 | 0.372 | 0.431 |
| PachyMinY | 0.583 | 0.559 | 0.606 |
| PachyApex | 0.954 | 0.951 | 0.957 |
| PachyPupil | 0.954 | 0.950 | 0.957 |

El panel de gráficos de la figura 62 permite valorar el significado de los coeficientes de correlación intraclase como parámetros de evaluación de la concordancia.

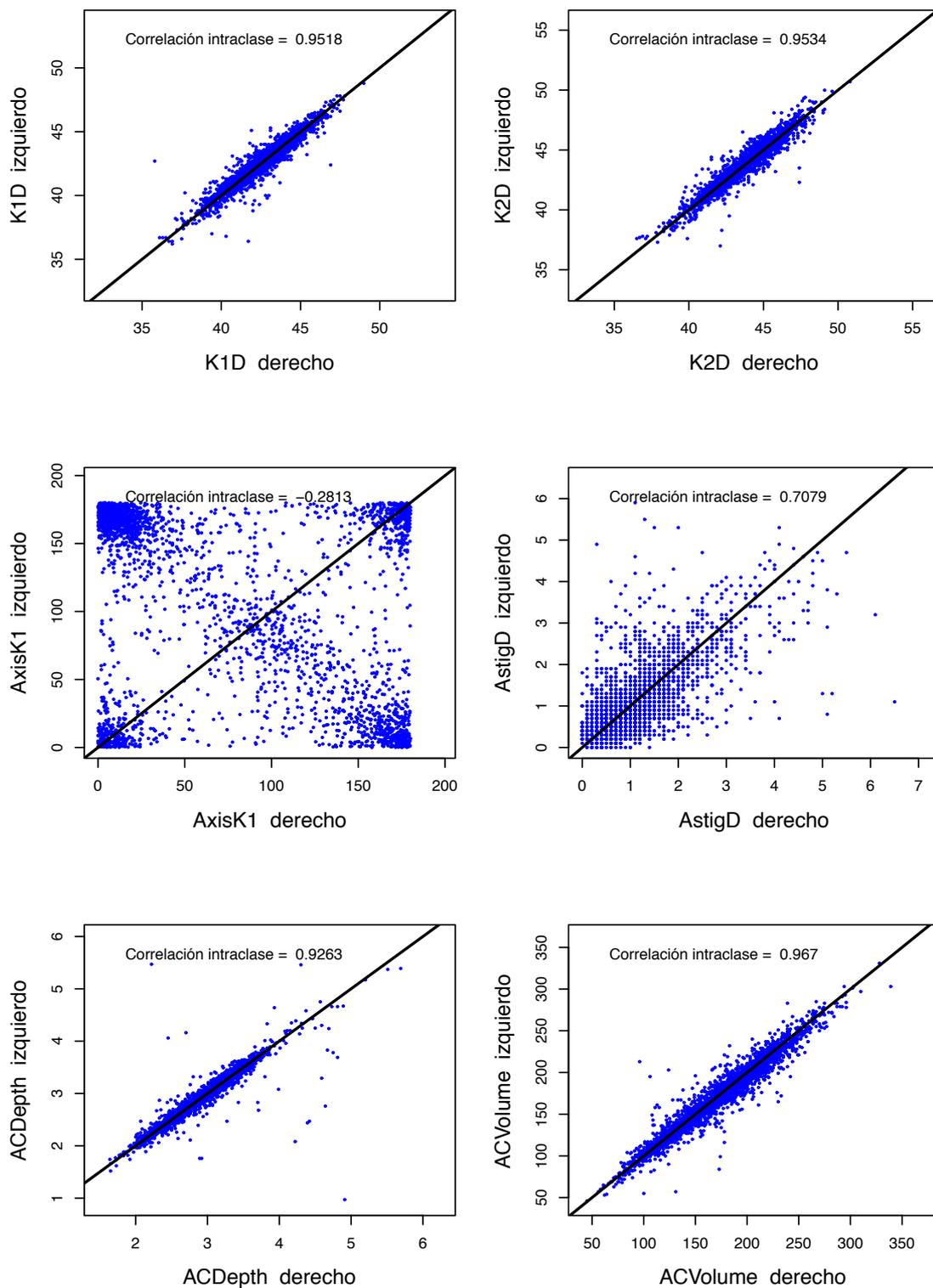


Figura 62. Concordancia entre las determinaciones en ojo izquierdo y ojo derecho

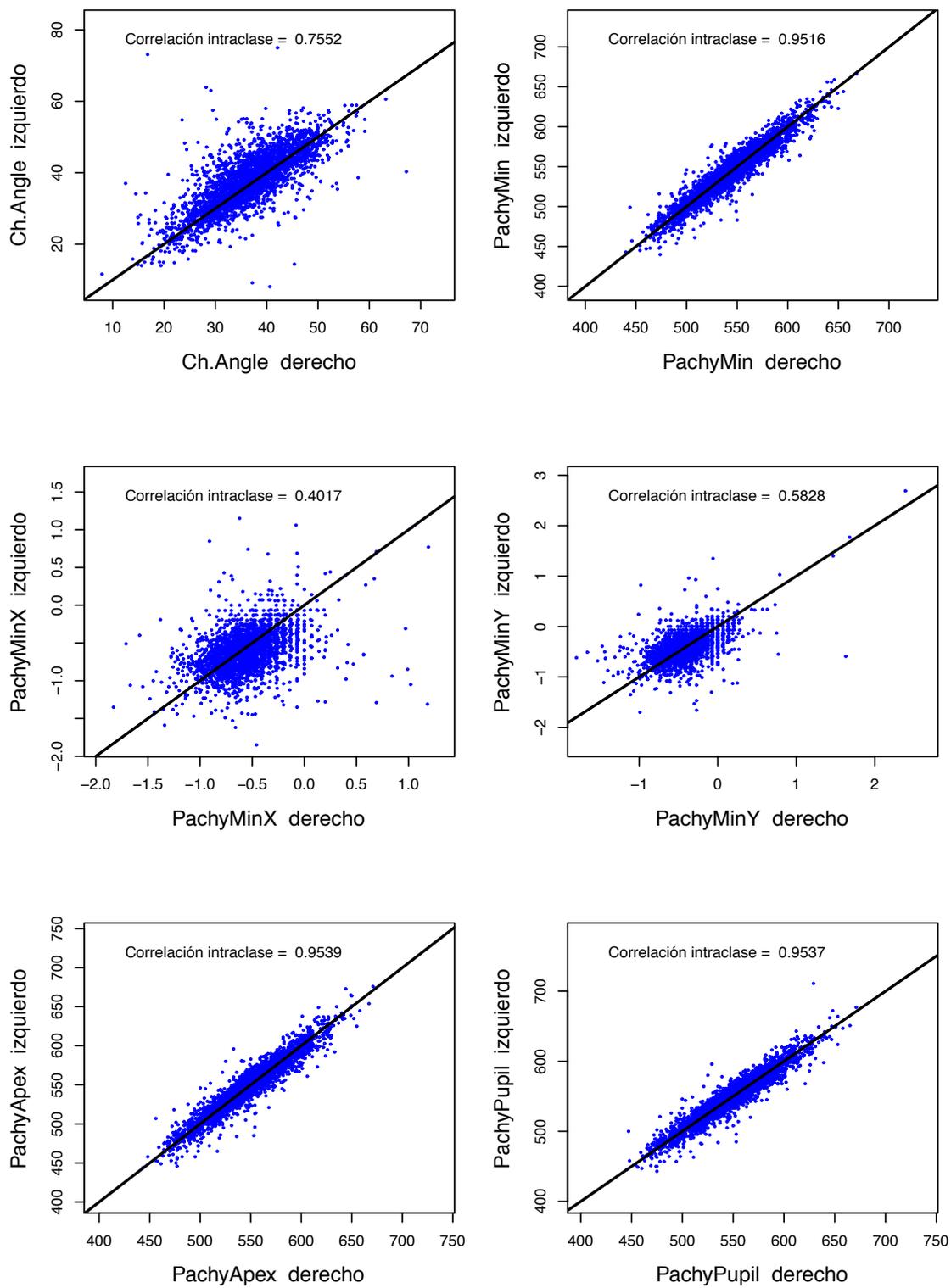


Figura 62 (continuación). Concordancia entre las determinaciones en ojo izquierdo y ojo derecho

Correlaciones de Pearson. En las siguientes tablas se muestran las matrices de correlación de Pearson del subconjunto de variables *K1D*, *K2D*, *ACDepth*, *ACVolume*, *Ch.Angle*, *PachyMin*, *PachyApex* y *PachyPupil* considerado en ojo derecho (tabla 15) e izquierdo (tabla 16) junto con los p-valores correspondientes a la significación estadística.

Tabla 15. Correlaciones lineales de Pearson entre las variables en ojo derecho

| | K1D | K2D | ACDepth | ACVolume | Ch.Angle | PachyMin | PachyApex |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| K2D | 0.8837 ($< .001$) | | | | | | |
| ACDepth | -0.0070 (.681) | -0.0170 (.321) | | | | | |
| ACVolume | -0.1450 ($< .001$) | -0.1481 ($< .001$) | 0.8533 ($< .001$) | | | | |
| Ch.Angle | 0.0259 (.131) | 0.0240 (.161) | 0.6222 ($< .001$) | 0.5955 ($< .001$) | | | |
| PachyMin | 0.0351 (.040) | 0.0429 (.012) | -0.1330 ($< .001$) | -0.1617 ($< .001$) | -0.1181 ($< .001$) | | |
| PachyApex | 0.0389 (.023) | 0.0486 (.005) | -0.1532 ($< .001$) | -0.1840 ($< .001$) | -0.1366 ($< .001$) | 0.9949 ($< .001$) | |
| PachyPupil | 0.0442 (.010) | 0.0524 (.002) | -0.1348 ($< .001$) | -0.1672 ($< .001$) | -0.1206 ($< .001$) | 0.9965 ($< .001$) | 0.9979 ($< .001$) |

Los datos son correlaciones de Pearson (p-valor para $H_0: \text{Rho} = 0$)

Tabla 16. Correlaciones lineales de Pearson entre las variables en ojo izquierdo

| | K1D | K2D | ACDepth | ACVolume | Ch.Angle | PachyMin | PachyApex |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| K2D | 0.8796 ($< .001$) | | | | | | |
| ACDepth | 0.0017 (.921) | -0.0118 (.486) | | | | | |
| ACVolume | -0.1394 ($< .001$) | -0.1403 ($< .001$) | 0.8559 ($< .001$) | | | | |
| Ch.Angle | -0.0011 (.950) | -0.0058 (.731) | 0.6704 ($< .001$) | 0.6772 ($< .001$) | | | |
| PachyMin | 0.0514 (.002) | 0.0609 ($< .001$) | -0.1450 ($< .001$) | -0.1760 ($< .001$) | -0.1447 ($< .001$) | | |
| PachyApex | 0.0535 (.002) | 0.0650 ($< .001$) | -0.1686 ($< .001$) | -0.2014 ($< .001$) | -0.1646 ($< .001$) | 0.9945 ($< .001$) | |
| PachyPupil | 0.0573 (.001) | 0.0683 ($< .001$) | -0.1455 ($< .001$) | -0.1791 ($< .001$) | -0.1471 ($< .001$) | 0.9955 ($< .001$) | 0.9963 ($< .001$) |

Los datos son correlaciones de Pearson (p-valor para $H_0: \text{Rho} = 0$)

Nótese que las correlaciones entre las variables en ojo derecho son prácticamente las mismas que en ojo izquierdo. En ambos casos, puede observarse que las variables *K1D* y *K2D* tienen una correlación muy alta (próxima al 90%), lo que significa que miden el mismo aspecto del ojo. Entre las variables *ACDepth*, *ACVolume* y *Ch.Angle* existen correlaciones fuertemente significativas (especial-mente entre *ACDepth* y *ACVolume*: $Rho = 0.8553$ en ojo derecho y $Rho = 0.8553$ en ojo izquierdo). Finalmente, las correlaciones entre las variable paquimétricas son prácticamente iguales a la unidad. Esos resultados sugieren que el vector de dimensión 8 pueda explicarse razonablemente bien por tres factores. Estos se analizará en la siguiente sección.

Análisis factorial. El análisis factorial se realizó en dos etapas sucesivas. En la primera se obtuvieron las componentes principales. El resumen de este primer análisis se resume en las tablas 17 (ojo derecho) y 19 (ojo izquierdo). Nótese que para el ojo derecho, las varianzas de las tres primeras componentes principales (3.24, 2.17 y 1.88) son mayores que uno, pero no la de la cuarta (0.46), lo que justifica la elección de tres factores. Nótese además que las tres primeras componentes principales, y de ahí, los tres factores deducidos de ellas explican el 91.06% de la variabilidad de los datos.

Tabla 17. Análisis de componentes principales para el ojo derecho

| Componente principal | Varianza | % de varianza | % de varianza acumulada |
|----------------------|----------|---------------|-------------------------|
| 1 | 3.24 | 40.50 | 40.50 |
| 2 | 2.17 | 27.09 | 67.59 |
| 3 | 1.88 | 23.47 | 91.06 |
| 4 | 0.46 | 5.71 | 96.77 |
| 5 | 0.14 | 1.70 | 98.47 |
| 6 | 0.12 | 1.45 | 99.92 |
| 7 | 0.01 | 0.06 | 99.98 |
| 8 | 0.00 | 0.02 | 100.00 |

En la figura 63 se muestran las variables originales en función de los primeros factores deducidos de las primeras componentes principales.

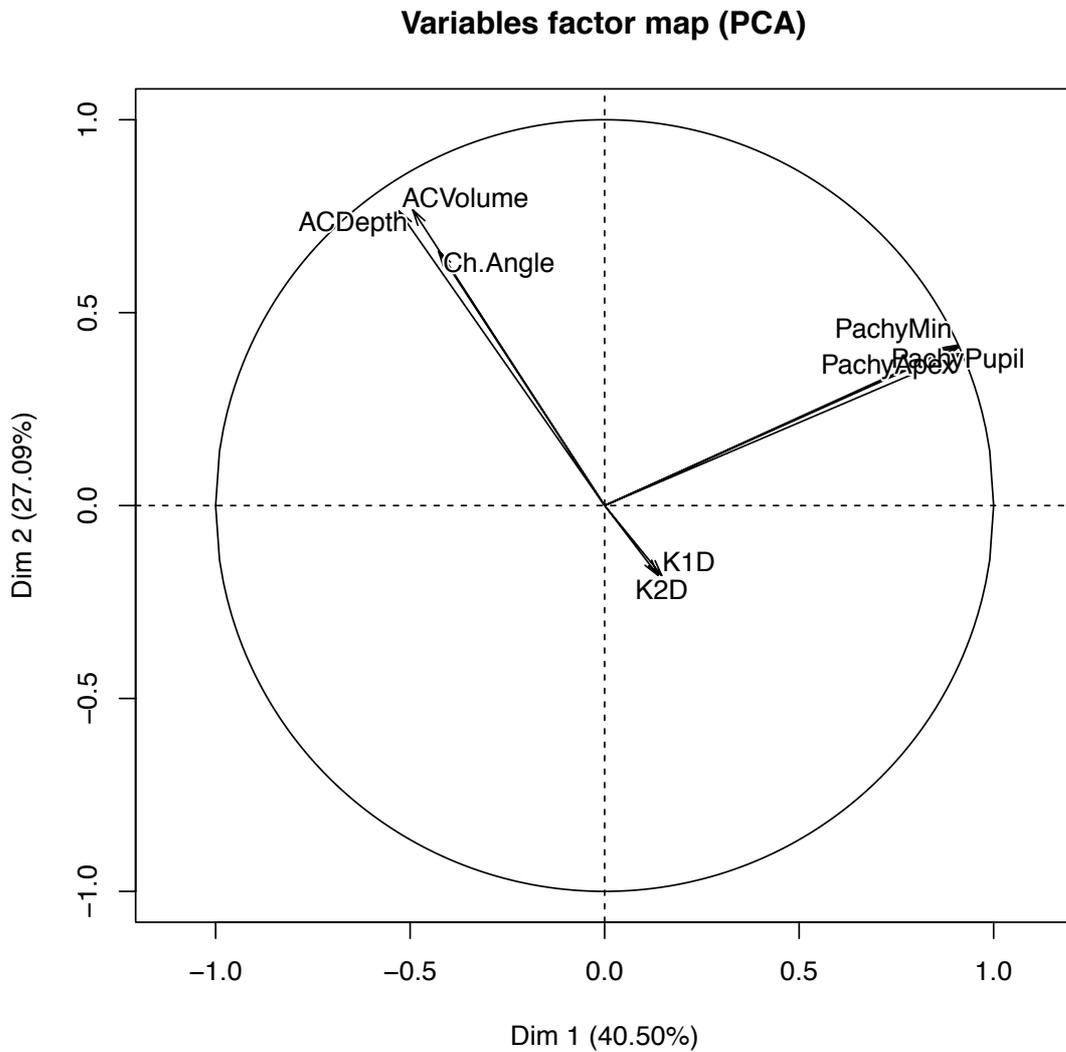


Figura 63. Contribución de los factores extraídos a las variables del estudio (ojo derecho)

En esta figura puede verse que las tres variables paquimétricas están bien determinadas por un mismo factor, mientras que las variables *ACDepth*, *ACVolume* y *Ch.Angle* quedan definidas por un segundo factor incorrelado con el primero. Finalmente *K1D* y *K2D* quedan muy pobremente definidas por estos dos primeros factores, dado que están realmente determinadas por un tercer factor que el ortogonal al plano que determinan los dos primeros factores. Esto puede verse en la tabla 18, donde se muestran las representaciones de las variables en función de los factores. Nótese que las coordenadas remarcadas son valores próximos a la unidad, mientras que el resto son próximos a cero. Ello significa que las ocho variables definen claramente tres factores, a saber: **Factor 1** (F_1): subyacente a las variables paquimétricas; **Factor 2** (F_2) subyacente a las variables *ACDepth*, *ACVolume* y *Ch.Angle*; **Factor 3** (F_3): subyacente a *K1D* y *K2D*.

Tabla 18. Coordenadas de los factores tras rotación varimax (ojo derecho)

| | Factor 1 | Factor 2 | Factor 3 |
|------------|----------|----------|----------|
| K1D | 0.0180 | -0.0188 | 0.9692 |
| K2D | 0.0264 | -0.0242 | 0.9688 |
| ACDepth | -0.0645 | 0.9314 | 0.0052 |
| ACVolume | -0.0950 | 0.9138 | -0.1444 |
| Ch.Angle | -0.0591 | 0.8166 | 0.0678 |
| PachyMin | 0.9956 | -0.0729 | 0.0157 |
| PachyApex | 0.9941 | -0.0958 | 0.0201 |
| PachyPupil | 0.9961 | -0.0762 | 0.0252 |

Dada las fuertes concordancias de las variables analizadas entre ojo derecho y ojo izquierdo, cabe esperar que los resultados para el ojo izquierdo sean similares a los mostrados para el derecho. Ello puede confirmarse en las tablas 19 y 20 y en la figura 64.

En la tabla 13 se resume el análisis de componentes principales para el ojo izquierdo. Puede verse que las varianzas de las tres primeras componentes principales (3.31, 2.18 y 1.87), muy similares a las obtenidas para el ojo derecho, son mayores que uno, pero no la de la cuarta (0.38), lo que justifica nuevamente la elección de tres factores, los cuales explican el 91,97% de la variabilidad de los datos.

Tabla 19. Análisis de componentes principales para el ojo izquierdo

| Componente principal | Varianza | % de varianza | % de varianza acumulada |
|----------------------|----------|---------------|-------------------------|
| 1 | 3.31 | 41.41 | 41.41 |
| 2 | 2.18 | 27.24 | 68.66 |
| 3 | 1.87 | 23.32 | 91.97 |
| 4 | 0.38 | 4.75 | 96.72 |
| 5 | 0.14 | 1.70 | 98.42 |
| 6 | 0.12 | 1.47 | 99.89 |
| 7 | 0.01 | 0.07 | 99.96 |
| 8 | 0.00 | 0.04 | 100.00 |

En la figura 64 puede verse que las variables paquimétricas definen claramente un factor, mientras que *ACDepth*, *ACVolume* y *Ch.Angle* definen un segundo factor incorrelado con el primero. Asimismo, las variables *K1D* y *K2D* quedan determinadas por un tercer factor ortogonal al plano determinado por los tres primeros.

Variables factor map (PCA)

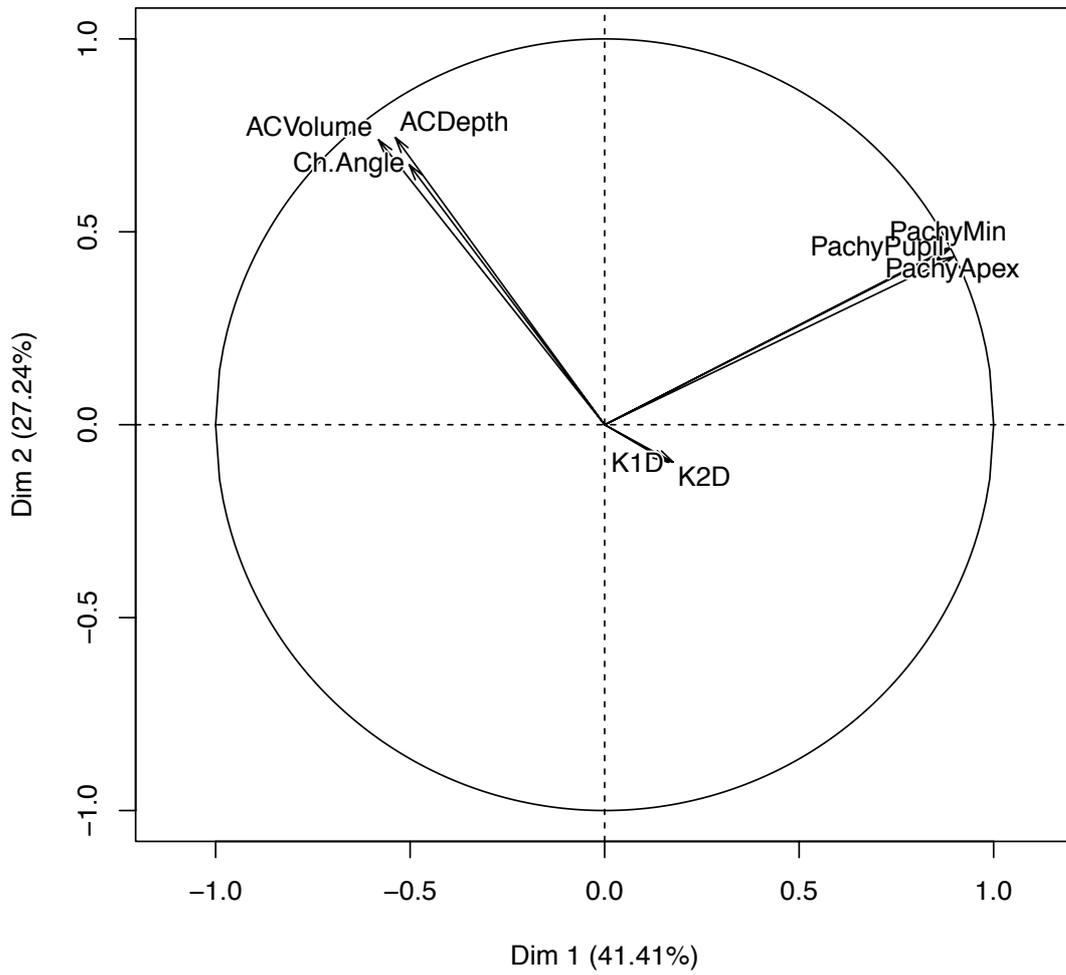


Figura 64. Contribución de los factores extraídos a las variables del estudio (ojo izquierdo)

Tabla 20. Coordenadas de los factores tras rotación varimax (ojo izquierdo)

| | Factor 1 | Factor 2 | Factor 3 |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| K1D | 0.025 | -0.022 | 0.969 |
| K2D | 0.036 | -0.028 | 0.968 |
| ACDepth | -0.069 | 0.931 | 0.021 |
| ACVolume | -0.099 | 0.926 | -0.127 |
| Ch.Angle | -0.077 | 0.853 | 0.032 |
| PachyMin | 0.995 | -0.081 | 0.025 |
| PachyApex | 0.992 | -0.107 | 0.027 |
| PachyPupil | 0.995 | -0.083 | 0.031 |

Podemos denominar a estas variables como:

- Factor 1 o **Factor paquimétrico**
- Factor 2 o **Factor cameral o Factor volumen, profundidad y ángulo**
- Factor 3 o **Factor queratométrico o Factor KD**

Comparación de poblaciones

En las tablas 21 Y 22 (ojo derecho) y 25 Y 26 (ojo izquierdo) se resumen los marcadores oculares en cada uno de las siete consultas consideradas en el estudio. Mediante asteriscos se señalan las consultas que muestran diferencias significativas con la canaria (método de Dunnet).

Tabla 21. Comparación de marcadores de paquimetría en ojo derecho

| | Las Palmas N = 2,585 | Vigo n = 72 | Sevilla n = 119 | Madrid 1 n = 171 | Almería n = 152 | Madrid 2 n = 156 | Jerez n = 238 | p |
|-------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Edad, años | 43.8 ± 15.3 | 39.7 ± 16.2 | 38.9 * ± 12.7 | 44.7 ± 16.6 | 36.3 * ± 12.8 | 56.6 * ± 18.3 | 41.9 ± 17.2 | < .001 |
| Hombres / Mujeres, % | 42.6 / 57.4 | 33.3 / 66.7 | 38.1 / 61.9 | 37.4 / 62.6 | 51.7 / 48.3 | 41.7 / 58.3 | 49.2 / 50.8 | .023 |
| PachyMin | 543.4 ± 33.1 | 539.6 ± 34.0 | 568.3 * ± 35.9 | 533.0 * ± 33.9 | 531.3 * ± 35.5 | 548.7 ± 37.5 | 540.5 ± 35.3 | < .001 |
| PachyMinX | -0.565 ± 0.256 | -0.657 * ± 0.372 | -0.604 ± 0.294 | -0.407 * ± 0.357 | -0.476 * ± 0.277 | -0.538 ± 0.275 | -0.571 ± 0.310 | < .001 |
| PachyMinY | -0.371 ± 0.251 | -0.204 * ± 0.318 | -0.234 * ± 0.344 | -0.467 * ± 0.369 | -0.388 * ± 0.259 | -0.484 * ± 0.303 | -0.283 * ± 0.334 | < .001 |
| PachyApex | 548.1 ± 33.5 | 544.3 ± 34.8 | 572.7 * ± 36.4 | 539.9 * ± 35.2 | 535.2 ± 36.0 | 554.3 ± 38.0 | 544.4 ± 35.6 | < .001 |
| PachyPupil | 547.0 ± 33.3 | 542.8 ± 34.4 | 571.6 * ± 36.4 | 539.1 * ± 35.0 | 534.2 * ± 35.9 | 553.1 ± 38.1 | 543.6 ± 35.4 | < .001 |

Los datos son medias ± SD, porcentajes y medianas (IQR) ; (*) Diferencias significativas ($p < .05$) con Las Palmas (test de Dunnet)

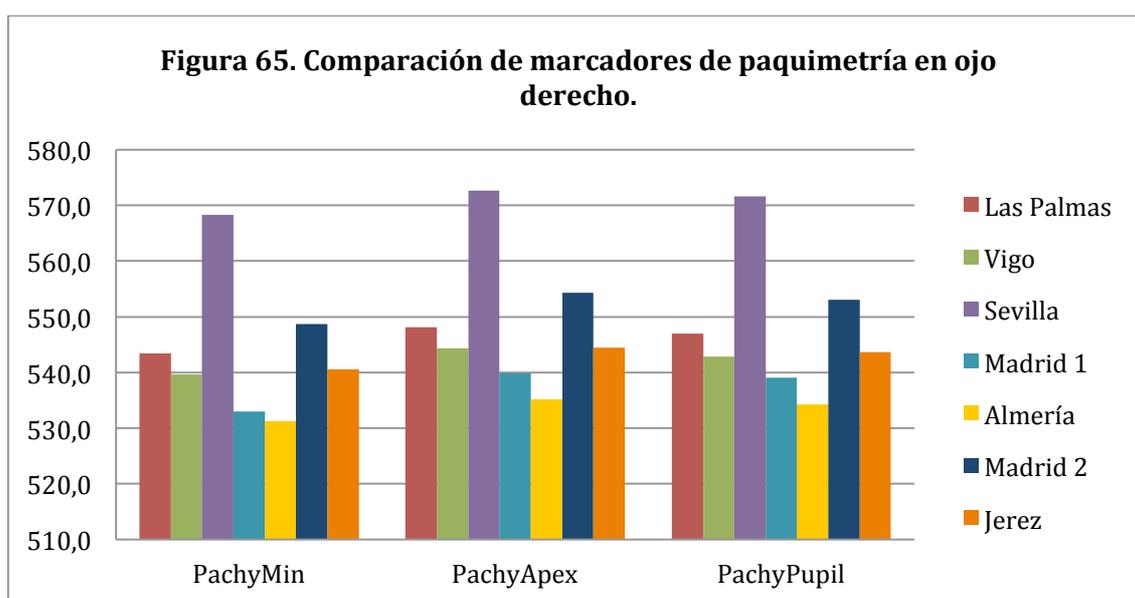


Tabla 22. Comparación de otros marcadores en ojo derecho

| | Las Palmas N = 2,585 | Vigo n = 72 | Sevilla n = 119 | Madrid 1 n = 171 | Almería n = 152 | Madrid 2 n = 156 | Jerez n = 238 | p |
|-------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------|
| Edad, años | 43.8 ± 15.3 | 39.7 ± 16.2 | 38.9 * ± 12.7 | 44.7 ± 16.6 | 36.3 * ± 12.8 | 56.6 * ± 18.3 | 41.9 ± 17.2 | < .001 |
| Hombres / Mujeres, % | 42.6 / 57.4 | 33.3 / 66.7 | 38.1 / 61.9 | 37.4 / 62.6 | 51.7 / 48.3 | 41.7 / 58.3 | 49.2 / 50.8 | .023 |
| K1D | 42.6 ± 1.7 | 42.7 ± 1.9 | 42.8 ± 1.5 | 43.0 * ± 1.7 | 42.6 ± 2.0 | 42.9 ± 1.8 | 42.7 ± 1.6 | .008 |
| K2D | 43.7 ± 1.9 | 43.8 ± 1.8 | 44.0 ± 1.5 | 44.0 ± 1.7 | 43.9 ± 2.0 | 43.8 ± 1.8 | 43.9 ± 1.7 | .023 |
| AxisK1 | 74.4 (13 ; 160) | 36.8 (16 ; 148) | 41.2 (13 ; 155) | 60.3 (16 ; 163) | 31.2 (13 ; 153) | 85.3 (18 ; 153) | 60.5 (13 ; 155) | .621 |
| AstingD | 0.9 (0.5 ; 1.4) | 0.9 (0.5 ; 1.6) | 1.0 (0.6 ; 1.6) | 0.8 (0.5 ; 1.3) | 1.0 (0.6 ; 1.7) | 0.7 (0.5 ; 1.3) | 1.0 (0.6 ; 1.6) | .008 |
| ACDepth | 2.9 (2.6 ; 3.2) | 3.2 * (2.9 ; 3.5) | 3.1 (2.7 ; 3.4) | 3.0 (2.7 ; 3.3) | 3.2 * (2.9 ; 3.4) | 2.9 (2.6 ; 3.2) | 3.1 * (2.8 ; 3.4) | < .001 |
| ACVolume | 169.9 ± 44.2 | 189.9 * ± 44.9 | 184.5 * ± 51.5 | 172.8 ± 43.2 | 187.5 * ± 40.1 | 161.0 ± 49.5 | 184.2 * ± 46.3 | < .001 |
| Ch.Angle | 36.8 ± 7.1 | 37.7 ± 7.6 | 36.4 ± 8.2 | 35.1 * ± 8.0 | 36.4 ± 6.9 | 34.5 * ± 7.5 | 37.4 ± 7.9 | < .001 |

Los datos son medias ± SD, porcentajes y medianas (IQR) ; (*) Diferencias significativas (p < .05) con Las Palmas (test de Dunnet)

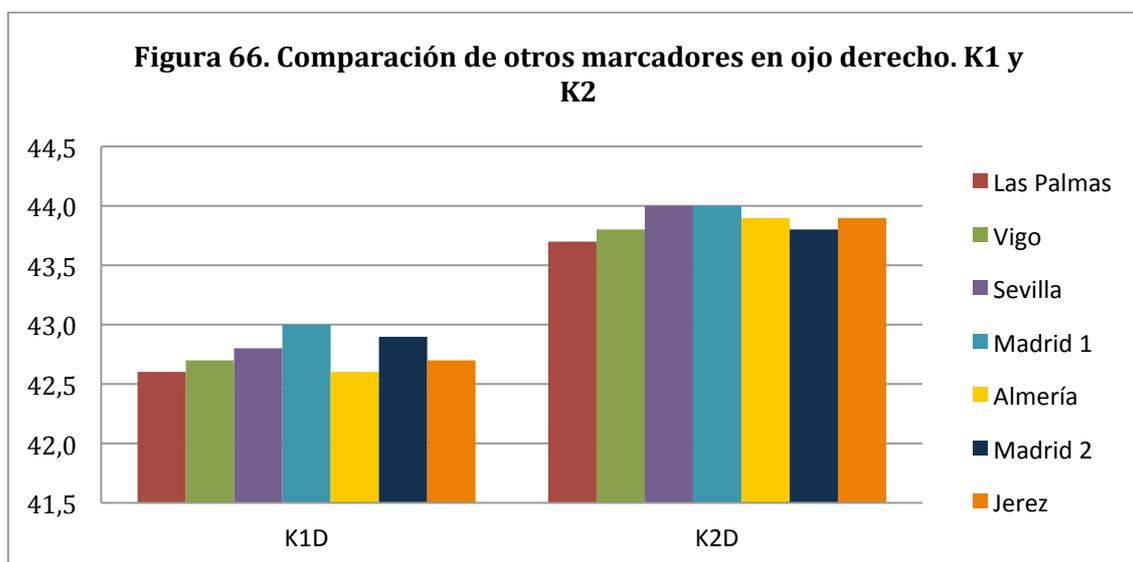


Figura 67. Comparación de otros marcadores en ojo derecho. ACV.

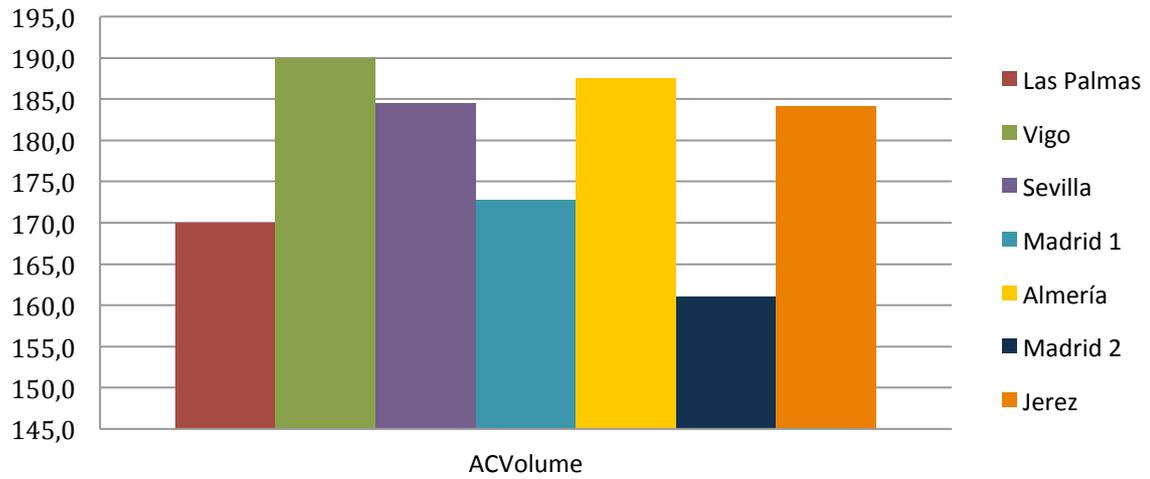


Figura 68. Comparación de otros marcadores en ojo derecho. ACD y Astig

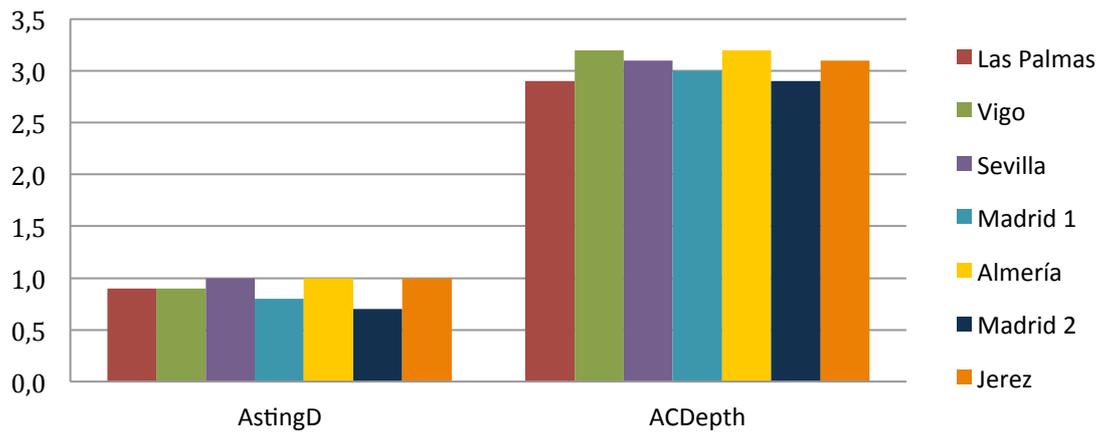
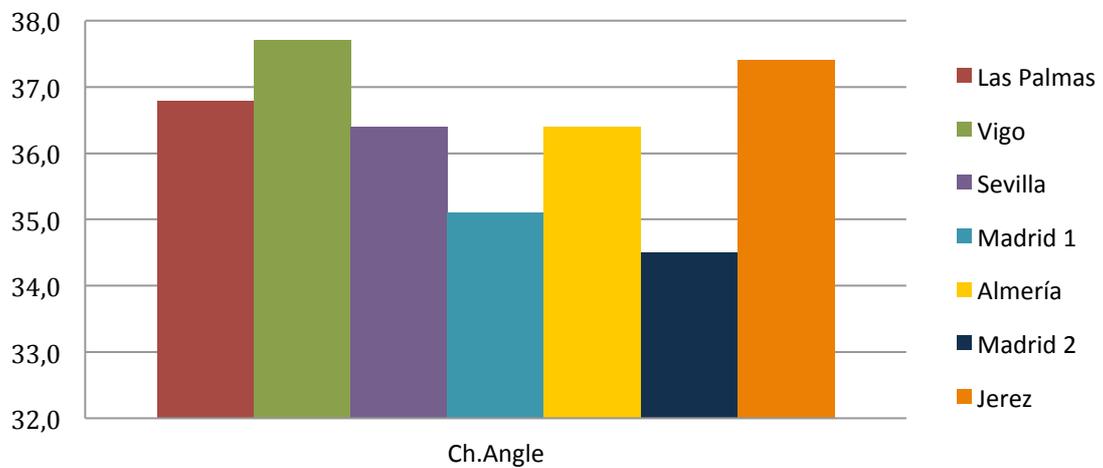


Figura 69. Comparación de otros marcadores en ojo derecho. ACA



En las tablas 23 Y 24 (ojo derecho) y 27 Y 28 (ojo izquierdo) se compara el grupo canario con el global peninsular. Estas comparaciones son de valor limitado, dado que existe una importante heterogeneidad dentro del combinado peninsular. Ello se verá en más detalle en el análisis basado sobre los factores obtenidos en la subsección anterior.

Tabla 23. Comparación de Las Palmas con el conglomerado del resto de grupos: paquimetría ojo derecho

| | Total N = 3,493 | Las Palmas N = 2,585 | Resto n = 864 | p |
|----------------------|--------------------|-------------------------|------------------|--------|
| Edad, años | 43.7 ± 15.8 | 43.8 ± 15.3 | 43.4 ± 17.3 | .533 |
| Hombres / Mujeres, % | 42.8 / 57.2 | 42.6 / 57.4 | 43.7 / 56.3 | .694 |
| PachyMin | 543.3 ± 34.2 | 543.4 ± 33.1 | 542.9 ± 37.1 | .692 |
| PachyMinX | -0.556 ± 0.275 | -0.565 ± 0.256 | -0.530 ± 0.320 | < .001 |
| PachyMinY | -0.367 ± 0.277 | -0.371 ± 0.251 | -0.357 ± 0.340 | .193 |
| PachyApex | 547.9 ± 34.6 | 548.1 ± 33.5 | 547.4 ± 37.7 | .627 |
| PachyPupil | 546.8 ± 34.5 | 547.0 ± 33.3 | 546.4 ± 37.6 | .683 |

Los datos son medias ± SD, porcentajes y medianas (IQR)

Tabla 24. Comparación de Las Palmas con el conglomerado del resto de grupos: otras variables ojo derecho

| | Total N = 3,493 | Las Palmas N = 2,585 | Resto n = 864 | p |
|----------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------|
| K1D | 42.6 ± 1.7 | 42.6 ± 1.7 | 42.8 ± 1.7 | < .001 |
| K2D | 43.7 ± 1.8 | 43.7 ± 1.9 | 43.9 ± 1.8 | < .001 |
| AxisK1 | 69.5 (13 ; 159) | 74.4 (13 ; 160) | 57.0 (14.3 ; 156) | .774 |
| AstingD | 0.9 (0.5 ; 1.4) | 0.9 (0.5 ; 1.4) | 0.9 (0.5 ; 1.5) | .593 |
| ACDepth | 3.0 (2.7 ; 3.2) | 2.9 (2.6 ; 3.2) | 3.05 (2.73 ; 3.36) | < .001 |
| ACVolume | 172.3 ± 45.1 | 169.9 ± 44.2 | 179.1 ± 46.8 | < .001 |
| Ch.Angle | 36.6 ± 7.3 | 36.8 ± 7.1 | 36.2 ± 7.8 | .028 |

Los datos son medias ± SD, porcentajes y medianas (IQR)

Tabla 25. Comparación de marcadores de paquimetría en ojo izquierdo

| | Las Palmas N = 2,585 | Vigo n = 72 | Sevilla n = 119 | Madrid 1 n = 171 | Almería n = 152 | Madrid 2 n = 156 | Jerez n = 238 | p |
|-------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Edad, años | 43.7 ± 15.2 | 39.7 ± 15.3 | 40.0 ± 12.5 | 45.1 ± 17.5 | 37.0 * ± 14.3 | 58.0 * ± 18.4 | 42.0 ± 17.7 | < .001 |
| Hombres / Mujeres, % | 42.9 / 57.1 | 37.8 / 62.2 | 32.1 / 67.9 | 35.5 / 64.5 | 49.3 / 50.7 | 41.5 / 58.5 | 47.0 / 53.0 | .028 |
| PachyMin | 543.7 ± 33.7 | 535.7 ± 30.1 | 565.7 * ± 36.8 | 538.7 ± 35.3 | 531.7 * ± 36.2 | 545.2 ± 36.6 | 539.5 ± 33.3 | < .001 |
| PachyMinX | -0.596 ± 0.253 | -0.335 * ± 0.363 | -0.577 ± 0.264 | -0.767 * ± 0.394 | -0.592 ± 0.320 | -0.695 * ± 0.209 | -0.552 ± 0.348 | < .001 |
| PachyMinY | -0.380 ± 0.253 | -0.369 ± 0.302 | -0.347 ± 0.326 | -0.349 ± 0.379 | -0.407 ± 0.289 | -0.434 ± 0.263 | -0.296 * ± 0.424 | < .001 |
| PachyApex | 548.7 ± 34.1 | 538.7 ± 30.5 | 569.7 * ± 37.2 | 545.6 ± 37.0 | 536.5 * ± 36.8 | 551.6 ± 36.7 | 543.9 ± 33.5 | < .001 |
| PachyPupil | 547.6 ± 34.1 | 538.0 ± 30.5 | 569.2 * ± 37.0 | 543.7 ± 36.7 | 535.2 * ± 37.7 | 549.8 ± 36.6 | 542.8 ± 33.4 | < .001 |

Los datos son medias ± SD, porcentajes y medianas (IQR) ; (*) Diferencias significativas (p < .05) con Las Palmas (test de Dunnet)

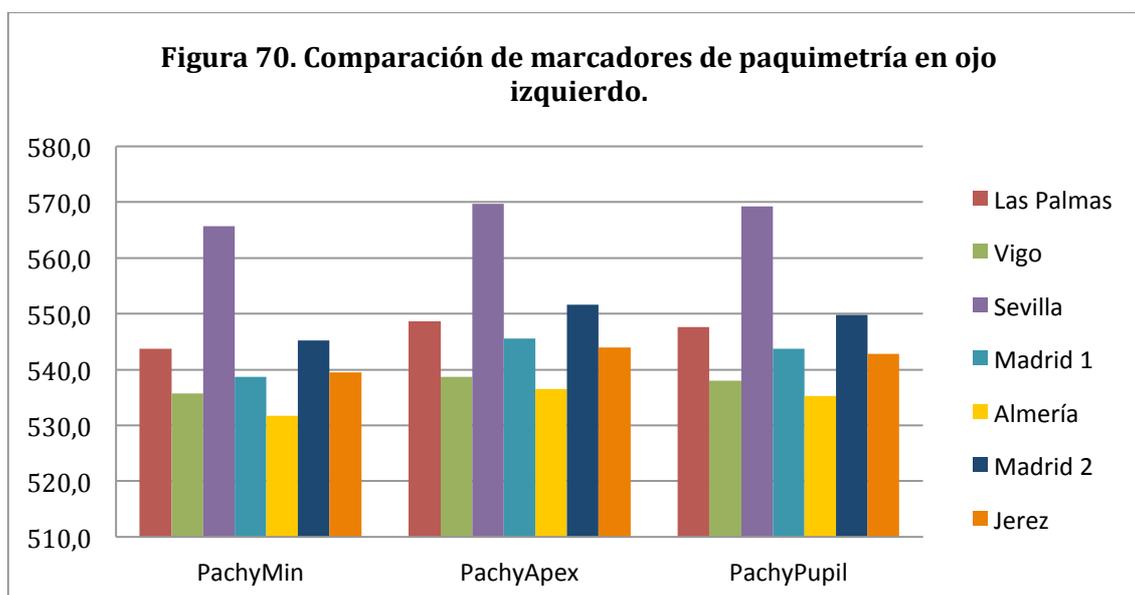
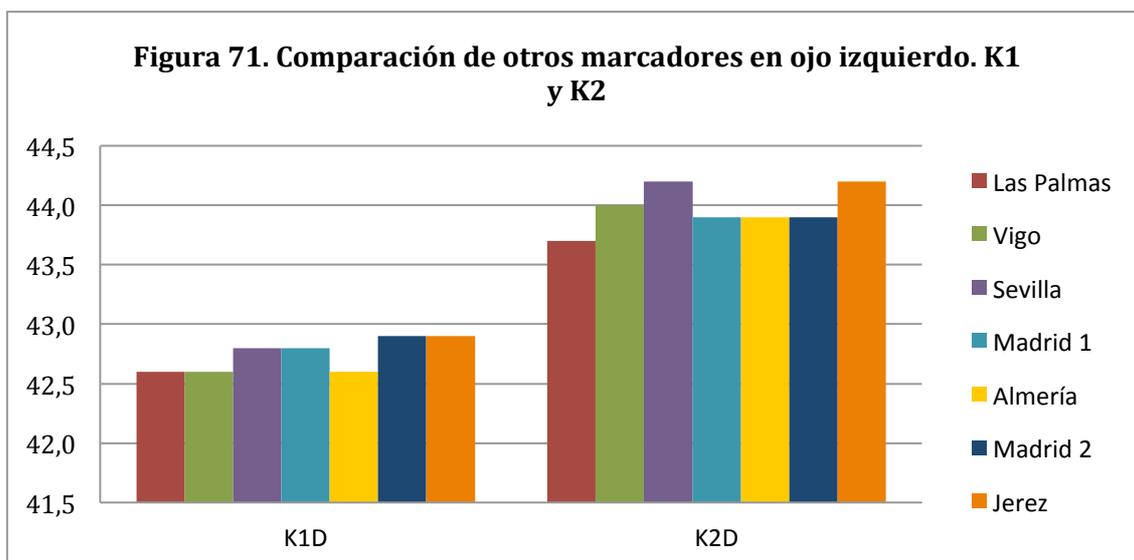


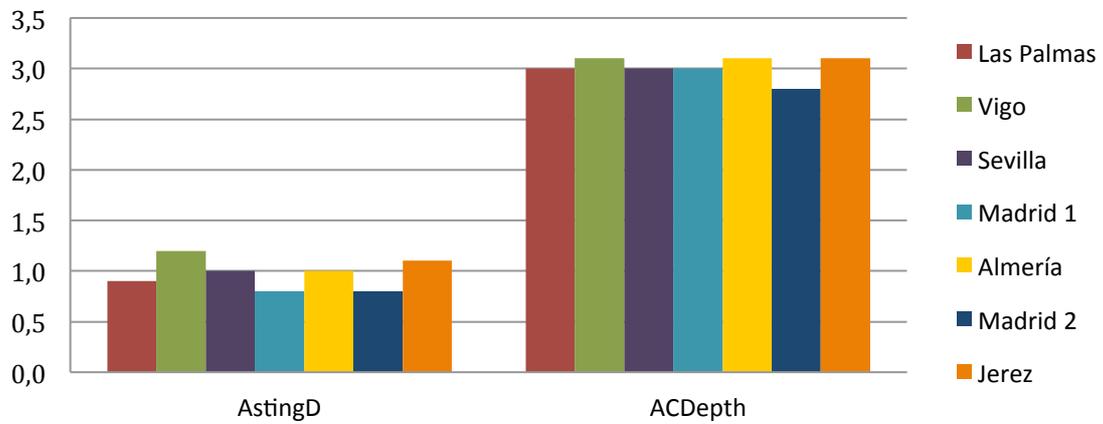
Tabla 26. Comparación de otros marcadores en ojo izquierdo

| | Las Palmas N = 2,585 | Vigo n = 72 | Sevilla n = 119 | Madrid 1 n = 171 | Almería n = 152 | Madrid 2 n = 156 | Jerez n = 238 | p |
|-------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|----------|
| Edad, años | 43.7 ± 15.2 | 39.7 ± 15.3 | 40.0 ± 12.5 | 45.1 ± 17.5 | 37.0 * ± 14.3 | 58.0 * ± 18.4 | 42.0 ± 17.7 | < .001 |
| Hombres / Mujeres, % | 42.9 / 57.1 | 37.8 / 62.2 | 32.1 / 67.9 | 35.5 / 64.5 | 49.3 / 50.7 | 41.5 / 58.5 | 47.0 / 53.0 | .028 |
| K1D | 42.6 ± 1.8 | 42.6 ± 1.8 | 42.8 ± 1.6 | 42.8 ± 1.8 | 42.6 ± 2.0 | 42.9 ± 1.7 | 42.9 * ± 1.7 | .016 |
| K2D | 43.7 ± 1.9 | 44.0 ± 1.9 | 44.2 * ± 1.6 | 43.9 ± 1.9 | 43.9 ± 2.1 | 43.9 ± 1.8 | 44.2 * ± 1.7 | < .001 |
| AxisK1 | 130 (27 ; 169) | 159 (28 ;171) | 144 (35 ; 169) | 141 (26 ; 166) | 145 (36 ; 169) | 95.2 (36 ; 162) | 141 (28 ; 168) | .450 |
| AstingD | 0.9 (0.5 ; 1.4) | 1.2 (0.7 ;1.8) | 1.0 * (0.6 ; 1.9) | 0.8 (0.5 ; 1.3) | 1.0 (0.6 ; 1.8) | 0.8 (0.5 ; 1.3) | 1.1 * (0.7 ; 1.6) | < .001 |
| ACDepth | 3.0 (2.6 ; 3.2) | 3.1 * (2.8 ;3.4) | 3.0 (2.6 ; 3.3) | 3.0 (2.7 ; 3.3) | 3.1 * (2.9 ; 3.4) | 2.8 * (2.4 ; 3.1) | 3.1 * (2.8 ; 3.4) | < .001 |
| ACVolume | 169.0 ± 43.4 | 181.8 ± 46.8 | 178.5 ± 49.1 | 170.9 ± 42.5 | 184.8 * ± 40.8 | 155.2 * ± 48.7 | 181.7 * ± 46.6 | < .001 |
| Ch.Angle | 38.0 ± 7.6 | 38.2 ± 8.0 | 36.6 ± 7.9 | 35.6 * ± 7.6 | 37.3 ± 7.4 | 34.4 * ± 8.8 | 37.8 ± 8.49 | < .001 |

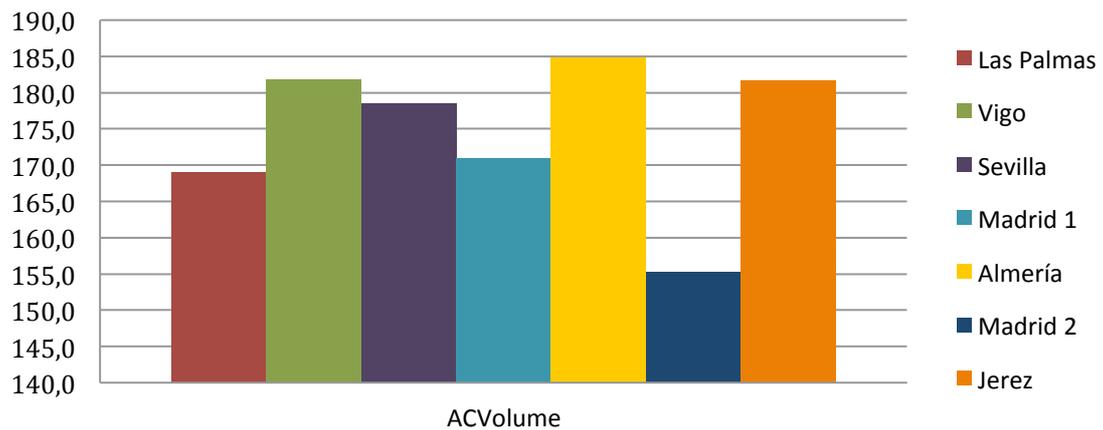
Los datos son medias ± SD, porcentajes y medianas (IQR) ; (*) Diferencias significativas (p < .05) con Las Palmas (test de Dunnet)



**Figura 72. Comparación de otros marcadores en ojo izquierdo.
ACD y Astig.**



**Figura 73. Comparación de otros marcadores en ojo izquierdo.
ACV**



**Figura 74. Comparación de otros marcadores en ojo izquierdo.
ACA**

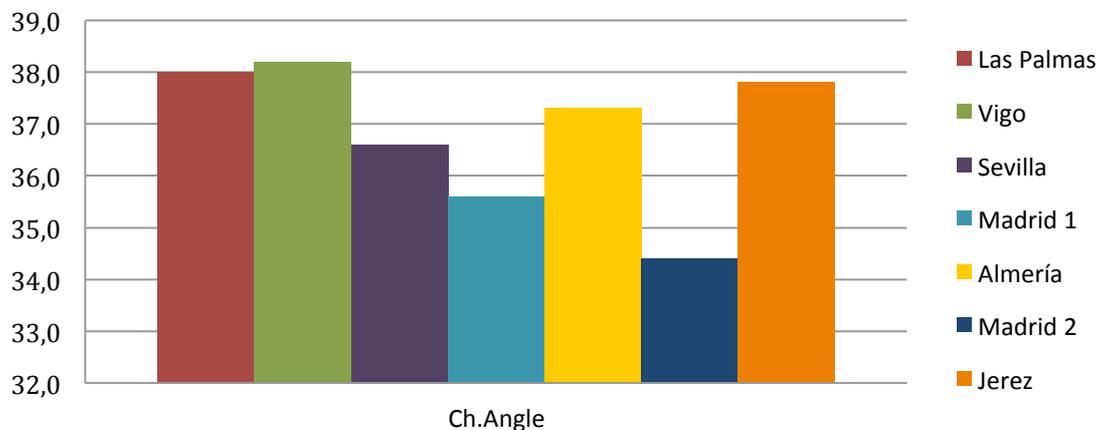


Tabla 27. Comparación de Las Palmas con el conglomerado del resto de grupos: paquimetría ojo izquierdo

| | Total N = 3,535 | Las Palmas N = 2,620 | Resto n = 915 | p |
|----------------------|--------------------|-------------------------|------------------|------|
| Edad, años | 43.8 ± 15.9 | 43.7 ± 15.2 | 44.2 ± 17.8 | .478 |
| Hombres / Mujeres, % | 42.6 / 57.4 | 42.9 / 57.1 | 41.6 / 58.4 | .511 |
| PachyMin | 543.2 ± 34.4 | 543.7 ± 33.7 | 541.9 ± 36.2 | .183 |
| PachyMinX | -0.599 ± 0.279 | -0.596 ± 0.253 | -0.608 ± 0.344 | .318 |
| PachyMinY | -0.375 ± 0.283 | -0.380 ± 0.256 | -0.362 ± 0.349 | .161 |
| PachyApex | 548.2 ± 34.8 | 548.7 ± 34.1 | 547.0 ± 36.7 | .216 |
| PachyPupil | 547.1 ± 34.8 | 547.6 ± 34.1 | 545.7 ± 36.6 | .179 |

Los datos son medias ± SD, porcentajes y medianas (IQR)

Tabla 28. Comparación de Las Palmas con el conglomerado del resto de grupos: otras variables ojo izquierdo

| | Total N = 3,535 | Las Palmas N = 2,620 | Resto n = 915 | p |
|----------|--------------------|-------------------------|------------------|--------|
| K1D | 42.6 ± 1.8 | 42.6 ± 1.8 | 42.8 ± 1.8 | < .001 |
| K2D | 43.8 ± 1.9 | 43.7 ± 1.9 | 44.0 ± 1.8 | < .001 |
| AxisK1 | 132 (28 ; 168) | 130 (27 ; 169) | 140 (31 ; 168) | .916 |
| AstingD | 0.9 (0.5 ; 1.5) | 0.9 (0.5 ; 1.4) | 1.0 (0.6 ; 1.6) | .001 |
| ACDepth | 3.0 (2.7 ; 3.2) | 3.0 (2.6 ; 3.2) | 3.0 (2.7 ; 3.3) | < .001 |
| ACVolume | 170.6 ± 44.3 | 169.0 ± 43.4 | 175.1 ± 46.7 | < .001 |
| Ch.Angle | 37.7 ± 7.8 | 38.0 ± 7.6 | 36.6 ± 8.2 | < .001 |

Los datos son medias ± SD, porcentajes y medianas (IQR)

Tabla 29. Comparación de los factores entre los siete grupos: ojos derecho e izquierdo

| | Las Palmas | Vigo | Sevilla | Madrid 1 | Almería | Madrid 2 | Jerez | p |
|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|
| Ojo derecho | | | | | | | | |
| N | 2511 | 72 | 118 | 169 | 152 | 156 | 238 | |
| Factor 1 Paquim. | -0.001 ^a ± 0.966 | -0.072 ^{a,c} ± 0.989 | 0.750 ^b ± 1.051 | -0.232 ^{c,d} ± 1.017 | -0.334 ^{c,d} ± 1.039 | 0.161 ^a ± 1.102 | -0.071 ^{a,d} ± 1.028 | < .001 |
| Factor 2 Cameral | -0.042 ^{a,c} ± 0.971 | 0.402 ^b ± 1.086 | 0.214 ^{a,b} ± 1.099 | -0.044 ^{a,c,d} ± 1.053 | 0.281 ^b ± 0.877 | -0.224 ^c ± 1.148 | 0.210 ^{b,d} ± 1.052 | < .001 |
| Factor 3 KD | -0.036 ^a ± 1.004 | 0.067 ^a ± 1.038 | 0.117 ^a ± 0.849 | 0.183 ^a ± 0.981 | 0.037 ^a ± 1.129 | 0.096 ^a ± 1.020 | 0.081 ^a ± 0.902 | .029 |
| Ojo izquierdo | | | | | | | | |
| N | 2562 | 81 | 108 | 170 | 153 | 164 | 233 | |
| Factor 1 Paquim. | 0.014 ^a ± 0.980 | -0.239 ^{a,c} ± 0.882 | 0.643 ^b ± 1.066 | -0.134 ^{a,c} ± 1.032 | -0.312 ^c ± 1.069 | 0.050 ^a ± 1.065 | -0.105 ^a ± 0.966 | < .001 |
| Factor 2 Cameral | -0.013 ^a ± 0.970 | 0.205 ^{a,b} ± 1.083 | 0.100 ^{a,b} ± 1.083 | -0.06 ^{a,b,c} ± 1.049 | 0.235 ^b ± 0.919 | -0.359 ^c ± 1.174 | 0.167 ^{a,b} ± 1.056 | < .001 |
| Factor 3 KD | -0.043 ^a ± 1.001 | 0.076 ^{a,b} ± 1.041 | 0.138 ^{a,b} ± 0.826 | 0.092 ^{a,b} ± 1.035 | 0.061 ^{a,b} ± 1.114 | 0.113 ^{a,b} ± 0.976 | 0.190 ^b ± 0.918 | .003 |

Los datos son medias ± SD. Diferentes superíndices ^{a,b,..} indican diferencias significativas (test de Tukey) para p < .05

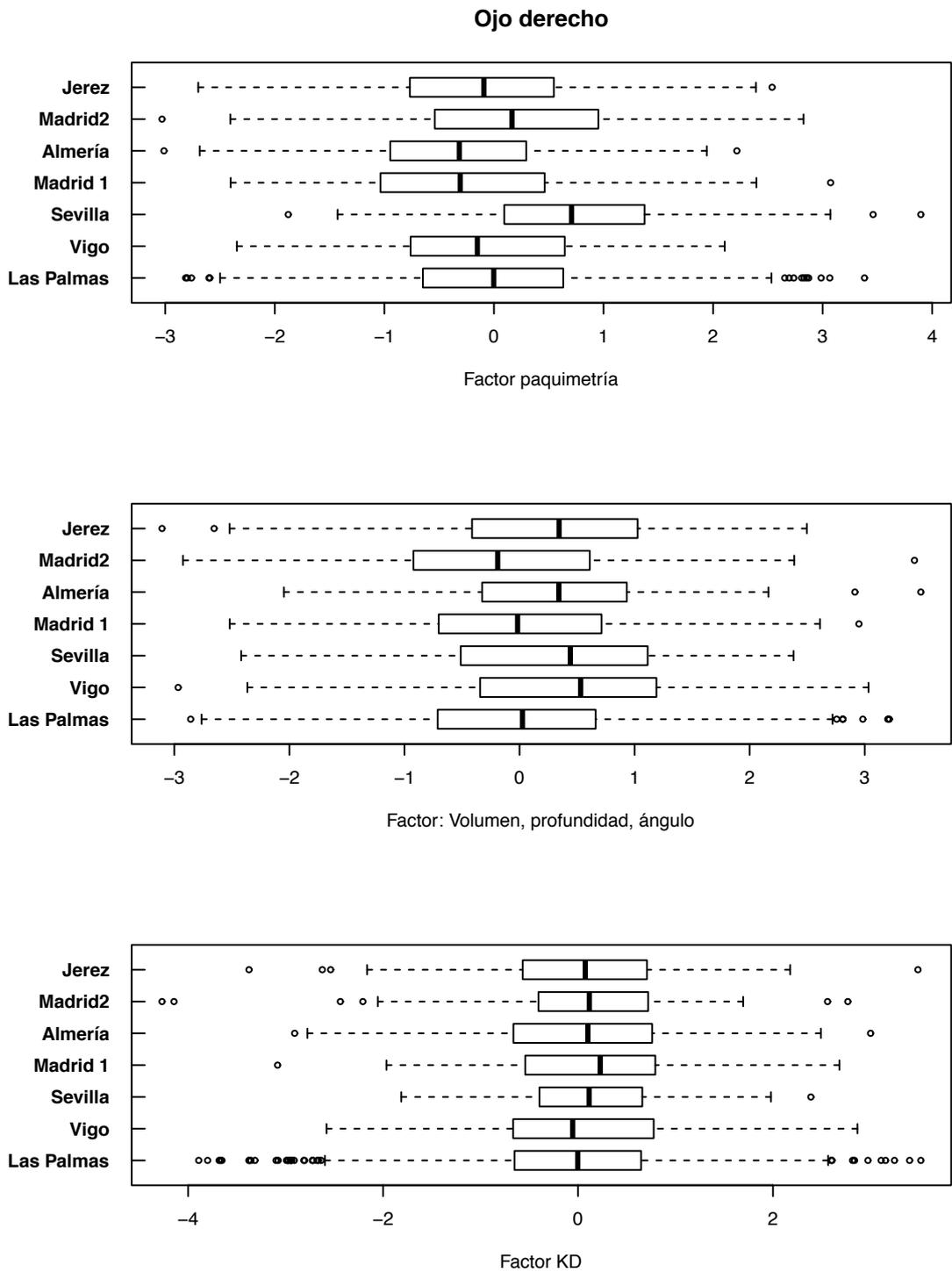


Figura 75. Distribución de los tres factores para el ojo derecho según población

Ojo izquierdo

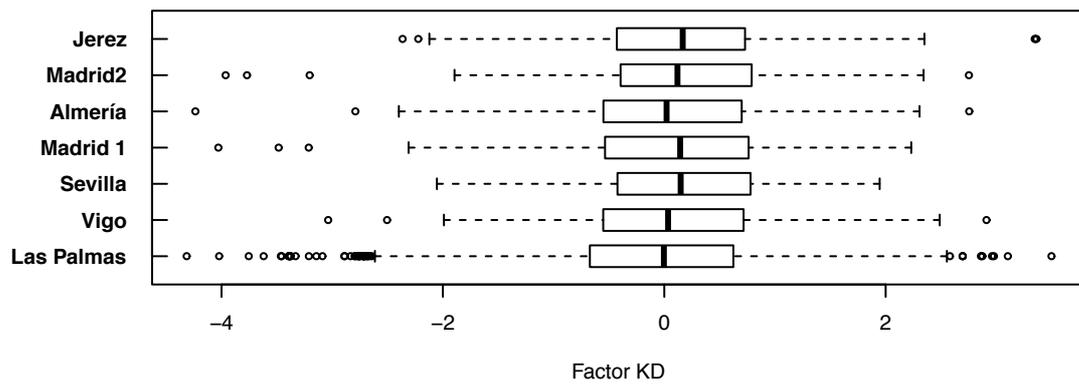
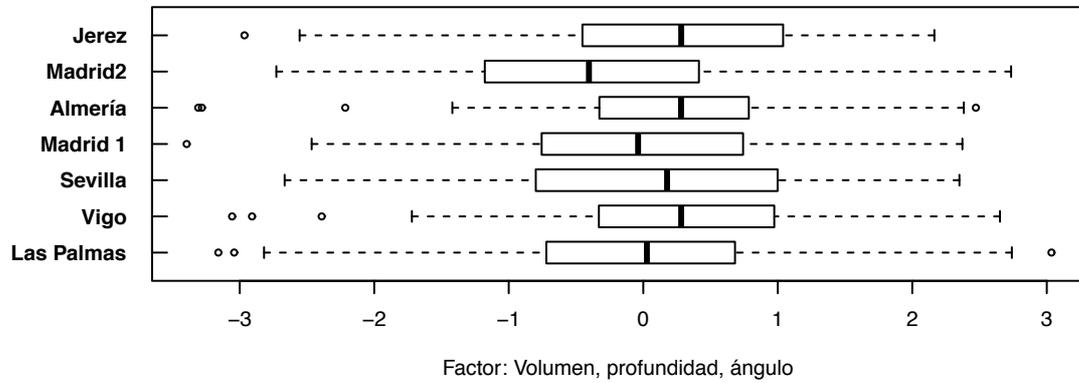
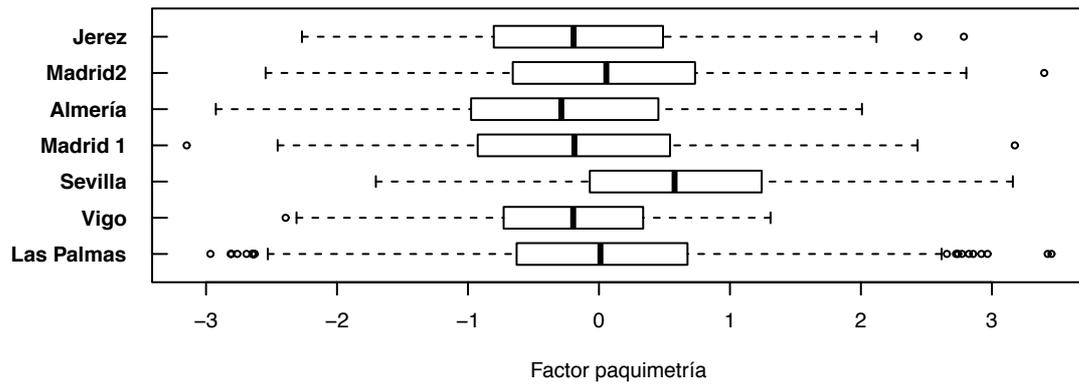


Figura 76. Distribución de los tres factores para el ojo izquierdo según población



Hemos explicado en el apartado de resultados, cómo en el desarrollo de esta tesis, los propios datos resultantes iban poniendo de manifiesto nuevas cuestiones que resultaba interesante atender, y nuevos análisis que convenía realizar. Así, nuestro objetivo principal era establecer los valores de normalidad de la paquimetría en Canarias, y comparar los resultados con los datos obtenidos en una amplia población de distintas provinciales peninsulares. La obtención de esos datos paquimétricos en nuestra herramienta de medida, el topógrafo Pentacam, proporcionaba otras determinaciones que pareció interesante estudiar también, comparándolas de nuevo con la población peninsular, dando lugar entonces a los objetivos secundarios.

Como se ha señalado se observan posteriormente dos problemas:

1. El número de determinaciones de un ojo no era igual al de otro

Ello nos llevó a realizar un estudio de concordancia entre ojos mediante el uso de coeficientes de correlación intraclase, que nos demostró que algunas variables son muy concordantes entre ambos ojos, pero otras no.

Por tal motivo, una buena parte de este estudio se ha realizado para cada uno de los ojos separadamente.

Se van por tanto multiplicando las variables susceptibles de ser analizadas:

- Datos obtenidos en las determinaciones de Las Palmas para cada ojo
- Datos obtenidos en las determinaciones de la Península para cada ojo
- Datos obtenidos en las determinaciones en el conjunto de población para cada ojo

2. La heterogeneidad de la población peninsular, de tal forma que la población Canaria podría asemejarse a la de algunas regiones peninsulares en algunos marcadores y producirse diferencias entre éstas. Esto representa que a la hora de comparar las poblaciones tengamos varias opciones:

- Comparar la población canaria con el conglomerado de población peninsular

- Comparar la población canaria con cada una de las provincias
- En muchas variables, comparar las distintas poblaciones entre sí.

Como se puede observar nuestro estudio es básicamente un estudio de comparaciones múltiples. Por ello en la parte final de nuestro análisis establecemos un análisis de correlaciones de Pearson entre variables y un análisis factorial para intentar explorar y determinar la dimensión de vectores de variables que pudieran resumir los datos estudiados de la córnea. Se encuentran 3 factores subyacentes que explican más del 90% de las variables, lo que nos permitió repetir la comparación entre las poblaciones de una manera más simple.

El desarrollo de este apartado de Discusión sigue la misma línea argumental. Intentaremos reflexionar sobre cada una de las variables determinando:

- a) Valores de normalidad obtenidos en población canaria para cada ojo
- b) Valores de normalidad obtenidos en población peninsular para cada ojo
- c) Valores de normalidad en publicación de referencia
- d) Comparación de los datos obtenidos en nuestro estudio con esas publicaciones de referencia
- e) Comparación de población canaria con conglomerado peninsular
- f) Comparación de población canaria con las distintas provincias aisladamente
- g) Comparación en determinadas variables de provincias entre sí

Y finalmente llegar en ese “guión” de análisis, a la determinación de vectores subyacentes y comparación de poblaciones en función de esos vectores. Este análisis final supone de hecho la aportación más relevante y original del presente estudio.

Como se señalaba en la introducción, la medición del espesor corneal central es un dato de mucha utilidad en oftalmología. Así, es esencial en la evaluación pre y postquirúrgica de la cirugía refractiva (13) (27) (28), en el diagnóstico y seguimiento de las ectasias corneales (29) (30), en la valoración y análisis de la función endotelial (31), y para correlacionar el valor paquimétrico con la tonometría de aplanación (16).

A pesar de ello hasta ahora no se sabe con exactitud cual es el valor promedio estándar del ECC en una población normal (32).

Como quiera que el valor de grosor corneal tiene una distribución geográfica, resulta interesante conocer cuál es el valor de paquimetría corneal en nuestro medio. Pero nos sorprendió observar la escasez de estudios que hacían referencia a estos valores en la población española. Quizás el más relevante, y que ha sido usado como referencia en la elaboración de esta tesis es el estudio publicado por Gros-Otero, Arruabarrena- Sanchez y Teus en los Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología (37) que representa el primer estudio de este tipo realizado en nuestro país.

El archipiélago canario se encuentra dentro de España en un enclave geopolítico especial: perteneciente a Europa, próximo a África, y muy vinculado históricamente a flujos migratorios con el continente americano. Como es bien sabido y comentado en la introducción, el grosor corneal central tiene un fuerte componente genético (103–106), así como variaciones geográficas (107) (108) por lo que se podría especular en que esta peculiaridad geopolítica de Canarias tuviera repercusión en el valor de la paquimetría corneal central.

Por ello, el presente estudio consideró inicialmente interesante determinar cuáles eran los valores de normalidad de la paquimetría corneal en la población canaria y compararlo con una muestra de población peninsular, aunque ya desde el principio se detectó la heterogeneidad de esa población peninsular, de tal forma que la población Canaria podría asemejarse a la de algunas regiones peninsulares en algunos marcadores y producirse diferencias entre éstas. Esto llevó a considerar también no sólo la comparación entre la población canaria y la peninsular (tablas 23, 24, 27 y 28), sino la comparación entre la población canaria con cada una de las localidades (tablas 21, 22, 25 y 26) y aún más, la comparación de las distintas localidades entre sí.

Por otro lado, además de la paquimetría, se consideraron otras variables (queratometría en el eje mayor, queratometría en el eje menor, eje de astigmatismo, astigmatismo, profundidad de la cámara anterior, volumen de la cámara anterior y ángulo de la cámara anterior) en la población estudiada, que eran obtenidas a la vez que la paquimetría corneal, con la misma metodología y que eran susceptibles de ser analizadas.

En relación al **número de pacientes y determinaciones**, en nuestro estudio se obtuvieron los datos de 7.029 determinaciones, de un total de 3.950 pacientes (tabla 2), lo que representa una muestra considerablemente superior a la estudiada por Gros-Otero y colaboradores, que realizaron su estudio sobre 357 determinaciones (37), lo que convierte este trabajo en el análisis de mayor casuística encontrado sobre grosor corneal central en población sana española.

Por otro lado, aunque el número de determinaciones efectuadas en la población de Las Palmas supuso el 72,3% de las mismas como se puede observar en la tabla 2 (5.205 determinaciones), la muestra que se obtuvo en la población peninsular representó un total de 1.824 determinaciones, por lo que sólo los datos obtenidos en territorio peninsular representan el estudio sobre grosor corneal central en población sana peninsular con mayor número de determinaciones.

En cualquier caso, ese elevado tamaño muestral de nuestro estudio nos permite detectar diferencias significativas entre las variables estudiadas, aun cuando luego habrá que determinar la relevancia clínica de las mismas.

Si comparamos ese tamaño muestral con los manejados en otros estudios internacionales que analizan el grosor corneal central en determinadas localizaciones geográficas, se puede observar que nuestro estudio contempla comparativamente un número de participantes y determinaciones análogo y en ocasiones superior a los mismos. Los estudios analizados de mayor relevancia son:

- 1.669 participantes en el estudio en población china (82)
- 528 participantes estudiados en Taiwan (127)
- 1.650 en el estudio en población Lituana (117)
- 130 ojos en el estudio de población nigeriana (102)

- 4.698 ojos en uno de los estudios de referencia europeos estudio Gutenberg (90)
- 165 individuos entre caucásicos y afro-americanos estudiados en Houston (118)
- 2.304 individuos en Yemen (128)
- 2.076 participantes en estudio en Borneo (129)
- 4.368 participantes en Egipto (116)
- 1.301 en el estudio para el tratamiento de la Hipertensión ocular (108)
- 801 pacientes analizados en el estudio de Aghaian en población caucásica, china, afroamericana, hispana, filipina y japonesa. (107)
- 625 pacientes estudiados en población turca (81)
- 151 pacientes en estudio de Hong-Kong (83)
- 925 individuos estudiados en Islandia (111)
- 800 ojos en el estudio de Teherán (115)
- 3.021 en el estudio Tajimi de Japón (93)
- 175 participantes en el estudio sobre indígenas australianos (113)
- 1.142 participantes estudiados en las islas Barbados (110)
- 3.280 participantes en el estudio Singapur (123)
- 7.774 participantes en estudio Chennai (112)
- 395 sujetos en el estudio Rotterdam (114)
- 3.251 participantes en estudio Beijing (99)
- 741 pacientes estudiados en la tesis de la Dra. Ayala Larco en Ecuador (32)

Respecto al **método de obtener las mediciones**, es bien sabido que el estudio del grosor corneal central puede realizarse con distintos procedimientos, por lo que había que elegir un método que determinara los mismos puntos corneales en las distintas muestras de población y que fuera un equipo habitual y fácil de localizar en diferentes centros oftalmológicos nacionales. Pero sobre todo habría de ser un equipo que obtuviera unas medidas repetibles y reproducibles y por tanto una fiabilidad demostrada. Se descartó la paquimetría ultrasónica a pesar de ser uno de los métodos más habituales, por las limitaciones ya comentadas de ser un estudio que

proporciona resultados variables según el operador y la colaboración del paciente (13,16,17). Se decidió por todo ello usar un método de no contacto, y entre ellos se prefirió el equipo Pentacam de la casa Oculus, uno de los equipos más prestigiados y habituales en la práctica clínica diaria, y que nos proporciona gracias a su sistema de cámara rotatoria Scheimpflug un mapa paquimétrico de forma automática (13) en el que se incluye la determinación de 3 puntos fundamentales: el grosor de la córnea en el centro de la pupila, en el punto más elevado, y en el punto de menor grosor, datos que nos ayudan a comparar idénticas localizaciones corneales entre distintos pacientes. La fiabilidad del equipo se refleja entre otros en los estudios de Shankar (130) o el de McAlinden (131). Todas las determinaciones de nuestro estudio fueron realizadas con el mismo modelo de Pentacam, presente en las diferentes clínicas participantes.

Pero hubo otro motivo para la elección del Pentacam como método de medida y fue el poder usar un test de alta sensibilidad para detectar córneas patológicas y centrar nuestro estudio en córneas sanas. Sabemos que existen **condiciones patológicas que modifican el grosor corneal**. De todas esas destaca el queratocono, especialmente prevalente en Canarias. Esta mayor prevalencia se especula es debida a que el queratocono tiene una importante relación con procesos atópicos como el asma y rinitis alérgica (132) muy frecuentes en nuestro medio (dadas nuestras peculiaridades climatológicas y geográficas); de hecho un estudio canario sobre dermatitis atópica considera al queratocono un criterio menor para el diagnóstico de ésta (133). Además, una de las manifestaciones de la atopia comprende también la conjuntivitis alérgica, uno de cuyos síntomas es el picor ocular, que provoca en los pacientes una tendencia al rascado ocular que por una lado altera la biomecánica corneal (55) y por otro facilita la disminución de grosor corneal (estudios demuestran una diferencia significativa en el grosor corneal entre pacientes con conjuntivitis atópica frente a grupo control, con valores de CCT de 523.45 ± 18.03 micras y 540.30 ± 38.91 micras respectivamente (134)) y por tanto el desarrollo de queratocono.

Si bien el queratocono moderado y avanzado es fácilmente reconocible, su forma frustré o subclínica puede pasar inadvertida, por lo que existen distintas exploraciones o parámetros para intentar detectar esta alteración (26)

(62) (63). Sólo por mencionar algunos de los criterios de screening de queratocono, tenemos el criterio de Rabinowitz-McDonnell (135), los criterios de Huang (136), etc...

En nuestro trabajo hemos utilizado una nueva adaptación de software del Pentacam (Oculus) llamado Belin / Ambrósio Enhanced Ectasia Display (BAD), que ha demostrado ser más sensible que las técnicas estándar en la detección del queratocono y la ectasia subclínica, con una sensibilidad y especificidad del 98 por ciento (64,65). La existencia de este nuevo software con este indicador es otro de los motivos que nos han llevado a usar el Pentacam como instrumento de determinación de la paquimetría corneal.

Todas aquellas determinaciones que presentaban valores patológicos de grosor corneal, han sido excluidas del presente estudio.

No obstante procede hacer una nueva reflexión sobre la obtención de las determinaciones y su comparación con otros estudios publicados: en distintos estudios, los métodos de medida pueden ser distintos, y ya hemos visto en el apartado 5 de la introducción que los resultados pueden no ser semejantes. Por ejemplo en nuestro estudio y tal y como observamos en la tabla 5, la paquimetría central obtenida en la totalidad de las determinaciones del ojo derecho, incluyendo tanto pacientes canarios como peninsulares, es de 546.8 ± 34.5 micras. El mismo análisis en las determinaciones del ojo izquierdo nos da un valor de grosor corneal central de 547.1 ± 34.8 micras. En el estudio de Gros-Otero el valor obtenido de grosor corneal central en su población era de $548,21 \pm 30,7$ micras (37), pero es muy importante resaltar que en el estudio de Gros-Otero, el método de medida difiere al de nuestro estudio, toda vez que en aquel se mide el ECC con paquimetría ultrasónica (Ultrasonic Pachymeter Pachette 2DGHTechnology Inc.) realizando 15 medidas automáticas y registrando la media de las mismas, mientras que en nuestro estudio, la paquimetría como ya se ha señalado es obtenida por Pentacam. Esto resulta extremadamente importante si queremos comparar los datos obtenidas en ambos estudios, ya que ha quedado reseñado la variabilidad de los datos obtenidos con distintos equipos de medida. No obstante, en la literatura la comparación de estos equipos de medida (ultrasonidos vs Pentacam) da resultados dispares. Así, en el estudio de Al-Ageel y colaboradores se demuestran diferencias estadísticamente significativas entre

los datos obtenidos por ambos equipos, resultando valores de 552,6 +/- 36,8 micras medido por pentacam frente a 533.3 +/- 37.9 micras obtenidas por paquímetro ultrasónico (39). El estudio de O'Donnell y colaboradores haya valores de CCT de 528 +/- 45 micras en Pentacam y de 534 +/- 47 micras con ultrasonidos, observando medidas sistemáticamente más bajas en la medición del Pentacam frente a ultrasonidos (40). El estudio de Al- Mezaine y colaboradores que también relaciona Pentacam con paquimetría ultrasónica detectan valores de CCT de 552,4 +/- 37 micras frente a 544,1 +/- 35,4 micras respectivamente (41). El metanálisis efectuado por Wu y colaboradores compara ambos sistemas de medición tanto en pacientes normales (1.908 ojos estudiados) como tras cirugía refractiva (539 ojos) o con queratocono (185 ojos) y encuentra valores similares de grosor corneal central al paquímetro ultrasónico en ojos normales, en córneas adelgazadas tras cirugía refractiva; pero tiende a dar datos de grosor inferiores en ojos con queratocono o sospecha del mismo (42). Y el estudio de Modis y colaboradores obtiene valores de CCT medidas por Pentacam de 572 ± 33 micras, y de 546 ± 27 con paquimetría ultrasónica, observándose diferencia significativa y concluyendo que ambas técnicas no son intercambiables en la práctica clínica (43).

En relación a la **procedencia de la población** estudiada hay que señalar también que el estudio de Gros-Otero recogía todas sus variables de una muestra de pacientes que acudieron a revisión rutinaria al Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Madrid, mientras que nuestro trabajo, y tal y como se refleja en la tabla 1, obtiene datos de distintas zonas geográficas del territorio nacional (Las Palmas, Vigo, Sevilla, Madrid, Almería, Jerez) con lo que se puede considerar que nuestra muestra es más representativa, tanto para establecer el valor de grosor corneal central en la población española sana, como para identificar un “mapa paquimétrico” que pudiera reflejar diferencias dentro del mismo territorio nacional.

En relación a la elección de **ojo derecho vs izquierdo**, como se señaló en la exposición de resultados y se observa en la tabla 1, de los 3.950 pacientes, 3.078 tenían determinaciones simultáneas (en la misma visita) en ambos ojos, 415 sólo en el ojo derecho y 457 sólo en el izquierdo. Por tal motivo, una buena parte de este estudio se ha realizado para cada uno de los ojos separadamente. En esto concuerda con Gros-Otero, que también analizó un ojo por paciente, siendo en ese estudio el ojo derecho el escogido en el caso de que ambos ojos cumplieran los criterios de inclusión.

Además de realizar el estudio por cada ojo por separado, se determinó posteriormente si las medidas en cada uno de los ojos eran o no concordantes. Este análisis se realizó esencialmente mediante el uso del coeficiente de correlación intraclase sobre el subgrupo de los 3.078 pacientes que disponían de determinaciones en ambos ojos, haciendo en primer lugar un análisis de concordancia comparando los valores medios en ambos ojos y posteriormente se juzgó la concordancia basándose en los intervalos de confianza para la medias de las diferencias (tabla 13). En esta tabla, aparecían como diferencias significativas entre los valores de un ojo respecto al otro las queratometrías K1 y K2 (ésta mucho más significativa), el eje de astigmatismo, el volumen de la cámara anterior, el ángulo de la cámara anterior y la localización de los ejes de paquimetría mínima. No obstante, la observación de los valores medios obtenidos, permite afirmar que probablemente esas diferencias significativas tengan escasa o nula relevancia clínica.

En la tabla 14 y en la figura 62 se puede observar como la concordancia de los distintos valores de paquimetría entre ambos ojos supera el 95% si bien otros valores como el ángulo de la cámara anterior, las dioptrías de astigmatismo y la localización de los ejes de paquimetría mínima eran menos concordantes, y por último el eje del mismo no era concordante en absoluto.

En relación a la **edad**, que junto al sexo es una variable de alta consideración en cualquier estudio epidemiológico, nos remitimos a la tabla 3, que describe los pacientes del estudio (número de pacientes y porcentajes; número de registros y las edades medias con desviación estándar de los 3.950 pacientes estudiados). Como ya hemos señalado, el progresivo enriquecimiento de nuestro análisis llevó a analizar los datos obtenidos entre

las distintas localidades participantes en el estudio, y en esta tabla queda patente. No sólo se determinan las medias de edad de los participantes de cada localidad, sino que mediante diferentes superíndices ^{a,b,...} se indican diferencias significativas entre ellas (test de Scheffe) para $p < .005$.

La edad media de los 3.950 pacientes estudiados es de $44,0 \pm 16,0$ años.

Podemos observar que no hay diferencias significativas en relación a la edad entre los pacientes de Las Palmas, Vigo, Sevilla, Madrid 1 y Jerez pero sí respecto a Almería y Madrid 2.

Por otro lado, tampoco difiere de manera significativa la edad entre pacientes de Vigo, Sevilla, Almería y Jerez.

Madrid 1 tiene una edad similar (sin diferencias significativas) a las poblaciones de Las Palmas y Jerez.

Claramente podemos ver que los pacientes de Madrid 2, con una edad media de 57.8 ± 18.5 años, difiere significativamente de todas las otras localidades. En el otro extremo, la provincia con menos edad media es Almería con 37.5 ± 14.3 años de edad media, que muestra diferencias significativas con Las Palmas, Madrid 1, y Madrid 2.

El estudio de Gros-Otero la edad media fue de $39,2 \pm 13$ años, bastante similar a la edad media que en nuestro estudio presentaba Sevilla.

Estas diferencias en relación a la edad tienen mucho impacto a la hora de poder comparar posteriormente otras variables, toda vez que comparar variables que son dependientes de la edad entre distintas poblaciones, habrá de verse afectado necesariamente por la edad de esa población. Se pone de manifiesto que nuestro estudio es básicamente un estudio de comparaciones múltiples.

Ya sabemos y señalamos en la introducción de esta tesis (apartado 7b) que hay estudios que demuestran diferente espesor a lo largo de la vida e incluso variaciones en los primeros días de vida (86) y estudios que ponen de manifiesto los cambios del grosor corneal ocurridos en los recién nacidos de bajo peso, y en los nacidos prematuramente (87,88). Un importante estudio, el estudio Guttenberg sobre 5.000 individuos alemanes observa una dependencia de la edad en relación a la CCT: los participantes de 35-44 años de edad, tenían CCT más grueso que los participantes de 45-54 años de edad.

Posteriormente no se observaba ninguna otra disminución de la media del CCT en los participantes de 45 años o más. (90). En contraste con éste, un estudio basado en la población de 3280 individuos malayos (91) con edades comprendidas entre los 40- 80 años reveló una disminución continua en la CCT en todas las décadas de edad. Otros estudios señalan también cambios en el grosor corneal central en relación a la edad (81–85) (92–94) . Por el contrario el metanálisis estudiado por Doghty y colaboradores (45) se detecta que la edad no tuvo un impacto evidente sobre las medidas de CCT para los individuos de raza blanca, frente a una disminución relacionada con la edad en el CCT de la población de raza no blanca. En cualquier caso parece que el grosor corneal central no sigue un algoritmo lineal en relación a la edad (95).

Al respecto de las otras variables analizadas y su relación con la edad, numerosos estudios confirman que la profundidad de la cámara anterior se va reduciendo con el paso de los años. En el estudio de Orucoglu (137) se confirma que ACD, ACV y ACA mantienen una correlación negativa con la edad. Fontana en su estudio sobre 624 ojos de sujetos normales de entre 10 a 70 años encontró que la ACD y el volumen de la cámara anterior disminuyen con la edad y además están relacionadas con el grado de ametropía (138). También Rufer, usando como método de determinación el Orbscan comprueba que la ACD disminuye con la edad (139). Y Rabsilber en el estudio Heidelberg también demuestra que con la edad se reduce la ACD y la ACV (140).

Esta evidencia científica también lo es clínica, toda vez que es sabido que el grosor del cristalino aumenta con el paso de los años, volviéndose más intumesciente, lo cual provoca que esa distancia entre el cristalino y el endotelio (ACD) disminuya. Mantienen por tanto una correlación inversa que también demuestra Hashemi (141). Paralelamente disminuye también el volumen de la cámara anterior, dado que ACD y ACV están correlacionados como demuestra el mismo Hashemi y Rabsilber (140,141) y como nuestro propio estudio demostrará más adelante.

En nuestro estudio podemos concluir que **los pacientes de menor edad media se localizaban en Almería, mientras que los de mayor edad provenían de Madrid 2.**

Concluimos también que la **edad media del conjunto de pacientes analizados fue de 44.0 ± 16.0 años y que la edad media de la población canaria fue de 43.9 ± 15.3 años.**

Por último se puede concluir que **la edad media de los pacientes estudiados presentaban diferencias significativas entre distintas localidades.**

En relación al **género**, en la tabla 4 podemos ver la distribución en función de sexo de los pacientes estudiados. En el total de las 7.029 determinaciones, se observa una proporción de 43,1% de hombres y 56,9% de mujeres. Este predominio de mujeres frente a hombres en la población estudiada se mantiene en las distintas localidades excepto en Almería donde hay más varones estudiados que mujeres. En la muestra de Las Palmas, la proporción es de 43,3% hombres frente a 56,7% mujeres. Si lo comparamos con el estudio de Gros-Otero, en éste resultan un total de 357 ojos, de los que 207 son varones (58%) y 150 mujeres (42%) (37).

Como veremos a continuación, el género es un factor trascendente a la hora de estudiar variables de la córnea. Así, encontramos diferencias significativas respecto a hombres y mujeres en la paquimetría mínima, paquimetría en el ápex, paquimetría en el centro pupila, en los diámetros corneales K1 y K2, en la profundidad de la cámara anterior (ACDepth), en el volumen de la cámara anterior (ACVolume), y ángulo de la cámara anterior, tanto cuando analizamos el ojo derecho como en el ojo izquierdo (tablas 5, 6, 7 y 8).

Tal y como se señaló en la presentación de resultados, en algunos casos la significación estadística se produce por la notable potencia de los test de hipótesis, atribuible a los elevados tamaños muestrales, sin que tal significación tenga necesariamente relevancia clínica. En cualquier caso, la eventual heterogeneidad de las poblaciones analizadas aconsejó repetir la comparación entre hombres y mujeres en el subgrupo canario que era más homogéneo. Pues bien: en este nuevo análisis se aprecia de nuevo persistencia en diferencias significativas por género en las variables

paquimetría mínima, paquimetría en el ápex, paquimetría en el centro pupila, en los diámetros corneales K1 y K2, en la profundidad de la cámara anterior (ACDepth), en el volumen de la cámara anterior (ACVolume), y ángulo de la cámara anterior tanto en el ojo derecho como en el ojo izquierdo (tablas 9, 10, 11 y 12).

Podemos concluir por tanto que en nuestro estudio, **el valor de grosor corneal es menor en mujeres que en hombres**, aunque dudamos que los datos obtenidos tengan relevancia clínica.

En el estudio de Gros-Otero no se encontraron diferencias significativas en el grosor corneal central en relación al sexo, lo que concuerda con otros estudios que llegan a la misma conclusión (84,85)(96–98). Otros estudios en cambio sí señalan asociación estadística (81,82) (99) al igual que en nuestro análisis, aunque en muchas ocasiones los datos obtenidos pueden ser confusos pues analizan sexo/edad de forma conjunta, o también sexo/zona geográfica. Así por ejemplo estudios en la población china de Hong-Kong evidencian que el grosor corneal central disminuía a medida que la edad avanzaba pero únicamente en sujetos femeninos (83). En relación a otras variables como la paquimetría en el punto más delgado (que en nuestro trabajo presentan diferencias de género), estudios como el de Sanchís-Gimeno y colaboradores (101) señalan por el contrario que no hay diferencias entre hombres y mujeres emétopes.

Sí que ya señalamos que el ciclo menstrual puede modificar el grosor corneal, siendo la córnea significativamente más delgada al principio del ciclo y más gruesa en la ovulación y al final del ciclo (100) lo cual debe tenerse en cuenta a la hora de determinar si existe o no diferencia de género. Por tanto para afirmar en nuestro análisis que esa diferencia significativa existe, hubiera sido preferible determinar el momento del ciclo de la población femenina.

Otro parámetro corneal importante que en nuestro estudio presenta diferencias de género es la profundidad de la cámara anterior (ACDdepth) de la que concluimos es más profunda en hombres que en mujeres, tanto en ojo derecho como en ojo izquierdo, y tanto en la población total como en la población de Las Palmas. (tablas 6, 8, 10 y 12). En esto coincide con el estudio de Olurin en población nigeriana (142), sin encontrar diferencias con la población caucásica. El estudio de Orucoglu (137) detecta diferencias

significativas de los valores de profundidad de la cámara anterior, ángulo de la cámara anterior y volumen de la cámara anterior en relación al género. Un importante y reciente estudio nacional sobre 1.006 ojos de pacientes con una edad media de 49,1 años, y dirigido por Fernandez-Vigo (143) señala que la profundidad de la cámara anterior es 0,13 milímetros más profunda en hombres que en mujeres. Y el estudio de Edmons y colaboradores (144) señala que la profundidad de la cámara anterior en las mujeres es menor que la de los hombres, tanto en población normal como en pacientes con queratocono.

Podemos concluir por tanto que **la profundidad de la cámara anterior, el volumen de la cámara anterior y el ángulo de la cámara anterior es menor en mujeres que en hombres.**

En relación al objetivo principal de la presente Tesis, la **paquimetría corneal**, vamos a obviar los datos de PachyMinX y PachyMinY, toda vez que esos datos nos localizan en un eje de coordenadas la localización del punto más delgado de la córnea, y no valores cuantitativos absolutos que ya se encuentran recogidos en esa variable PachyMin. En cualquier caso, aunque no sea el objeto de este estudio, sí que sería interesante determinar en otro análisis la localización más habitual del punto más delgado de la córnea, así como si hay diferencias respecto a distintas zonas geográficas.

Recordemos también que el valor de grosor corneal central (CCT, o ECC, o PachyPupil) es el dato paquimétrico más comúnmente analizado, pues es un valor que determinan todos los equipos de medida.

En nuestro análisis y como se puede observar en la tabla 5 respecto al ojo derecho hemos detectado los siguientes resultados en población general:

- PachyMin 543.3 ± 34.2 micras
- PachyApex 547.9 ± 34.6 micras
- PachyPupil 546.8 ± 34.5 micras

Y los siguientes resultados respecto al ojo izquierdo (tabla 7)

- PachyMin 543.2 ± 34.4 micras
- PachyApex 548.2 ± 34.8 micras
- PachyPupil 547.1 ± 34.8 micras

Existiendo como ya se ha explicado anteriormente diferencias significativas entre hombre y mujeres en cada grupo según se puede ver en la tabla 5 y 7. Podemos comprobar que los datos obtenidos entre los distintos ojos son similares, y ha quedado demostrado que hay buena concordancia entre ellos como se evidencia en la tabla 14 y figura 62 de coeficientes de correlación intraclase.

En el estudio de Gros- Otero se detectan valores de grosor corneal central de 548,21 +/- 30,7 micras con un rango de 464 a 633 micras. Recordemos que este estudio contempla sólo ojos derechos y medidos mediante paquimetría ultrasónica.

Ya hemos señalado la heterogeneidad de las poblaciones por lo que a continuación observamos los datos en relación a la población canaria en particular. Los datos obtenidos tal y como se puede observar en la tabla 9 para ojo derecho, y en la tabla 11 para ojo izquierdo son:

Ojo Derecho

- PachyMin 543.4 ± 33.1 micras
- PachyApex 548.1 ± 33.5 micras
- PachyPupil 547.0 ± 33.3 micras

Ojo Izquierdo

- PachyMin 543.7 ± 33.7 micras
- PachyApex 548.7 ± 34.1 micras
- PachyPupil 547.6 ± 34.1 micras

De nuevo y como ya quedó establecido existen diferencias significativas entre sexos como se aprecia en las mencionadas tablas 9 y 11.

Como ya hemos visto, los valores de grosor corneal central normal dependen y pueden modificarse por muchos factores:

- diferencias que muestra la literatura tras comparar los resultados obtenidos por dos equipos de medida diferentes, como pueden ser el Pentacam y la paquimetría ultrasónica (39–43).
- en relación al momento del día (76–80)
- en relación a la edad (81–85), (86), (87–89,91,92), (93–95)
- al componente genético (103–106)

- a la zona geográfica (48), (74), (83), (92), (90,107–109), (110–115), (116), (117), (118)
- a la refracción y longitud axial (82,83,85), (96), (119–122).

Por todas estas circunstancias y múltiples variables, ya en el apartado 5 de la introducción señalamos que en realidad no se sabe con exactitud cuál es el valor promedio estándar del ECC en una población normal (32).

No obstante, también mencionamos que recientemente un meta análisis de 300 artículos y publicaciones entre 1968 y 1999, concluyó que el espesor central de la córnea para ojos considerados normales en raza caucásica es de 535 micras (intervalo entre 473–597 micras) (45).

Para intentar de manera gráfica resumir estas mediciones, hemos elaborado la tabla 30, que señala los valores de grosor corneal central en nuestro grupo de estudio (Península + Canarias), sólo en el grupo de Las Palmas, al estudio de Gros-Otero de referencia nacional, y al resultado del metanálisis mencionado (29). Cuando existe el dato separadamente para ojo derecho o izquierdo (grupo total, grupo Las Palmas, datos Gros-Otero) se elige el valor obtenido para el ojo derecho.

Tabla 30. Valores de grosor corneal central en estudios de referencia

| | Grupo total | Las Palmas | Gros-Otero | Literatura |
|-----|-------------|------------|------------|------------|
| CCT | 546,8 | 547 | 548,21 | 535 |

Como se puede observar los valores obtenidos en nuestro estudio son similares a los obtenidos por Gros-Otero y algo superiores a los obtenidos en el metanálisis.

Mucho más interés reviste establecer comparaciones entre los grupos de nuestro estudio, todos afectos del mismo análisis y la misma metodología.

Si comparamos los valores obtenidos de grosor corneal entre la población canaria versus el conglomerado peninsular, observamos en la tabla 23 y 27 que ninguno de los valores paquimétricos (paquimetría mínima, paquimetría en el ápex o paquimetría en el centro pupila) presentan diferencias significativas entre ambos grupos.

Por ello podemos concluir que **el grosor corneal de los canarios no difiere al grosor corneal de la población peninsular, lo cual confirma la**

hipótesis de trabajo. Aunque una vez más hemos de hacer la advertencia de que las comparaciones son de valor limitado, dado que existe una importante heterogeneidad dentro del combinado peninsular.

Pero resulta muy interesante observar lo que ocurre cuando estudiamos la paquimetría corneal en las distintas localidades aisladamente y entre sí (de nuevo un análisis de comparaciones múltiples) como se refleja en las tablas 21 y 25, que comparan los marcadores paquimétricos de las distintas localidades, tanto en el ojo derecho (tabla 21) como en el ojo izquierdo (tabla 25).

En la paquimetría central (PachyPupil) observamos que en determinaciones del ojo derecho, sí que hay diferencias significativas entre los valores obtenidos en las poblaciones de Sevilla, Madrid 1 y Almería respecto a la de Las Palmas (571,6 +/- 36,4 micras, 539,1 +/- 35 micras, 534,2 +/- 35,9 micras respectivamente frente a 547 +/- 33,3 micras de Las Palmas). Se observa además, que esas diferencias entre poblaciones no siguen el mismo patrón de desviación, toda vez que se detectan grosores corneales centrales más gruesos en Sevilla que en Las Palmas, y por el contrario más delgados en Madrid 1 y Almería.

Respecto a la paquimetría mínima del ojo derecho, también hay diferencias significativas entre las mismas localidades respecto a Las Palmas y se mantiene la tendencia de ser significativamente más gruesas en Sevilla, y menos gruesas en Madrid 1 y Almería.

Observando la paquimetría en el ápex del ojo derecho, se observa córneas significativamente más gruesas en Sevilla, y menos gruesa en Madrid 1, sin que en este parámetro haya diferencias significativas entre Las Palmas y Almería.

Si observamos la tabla 25 que mide el ojo izquierdo podemos observar como la paquimetría en el centro pupilar es significativamente mayor en Sevilla en relación a Las Palmas, y significativamente menor en Almería (PachyPupil 547.6 ± 34.1 en Las Palmas, 569.2 ± 37.0 en Sevilla y 535.2 ± 37.7 en Almería). Las variables paquimetría mínima y paquimetría en ápex tienen diferencias significativas con las mismas localidades, con la misma tendencia.

Por tanto, **el punto geográfico donde la córnea es más gruesa es Sevilla. El punto geográfico donde la córnea es más fina es Almería.** Estas diferencias, sí podrían tener relevancia clínica. Se podría especular sobre la

intervención del factor edad en los datos obtenidos en Almería, toda vez que sabemos que es en esa provincia donde la edad media de la población fue menor (37,5 años); pero recordemos que si bien los estudios que relacionan grosor corneal central con edad muestran datos contradictorios, la tendencia de los mismos es a reflejar o que no influye la edad en el CCT, o que en edades más tempranas el grosor es mayor. Difiere por tanto de este caso, donde obtenemos que la población de menor edad (Almería), tiene una córnea más fina que otras provincias.

No se han encontrado en la literatura consultada causas específicas que justifiquen esas diferencias geográficas dentro del mismo territorio. Resulta además curioso que sea en la misma comunidad nacional (Andalucía) donde se observen tanto los valores más gruesos como los más finos de grosor corneal.

Por todo ello se puede concluir que **la paquimetría corneal presenta diferencias geográficas en el territorio nacional.**

Por otro lado, y evaluando exclusivamente las determinaciones en población canaria, resulta interesante comparar los resultados obtenidos con el estudio de Lifshitz (96) que demostró en una población de 204 pacientes, que los individuos del norte de Africa tenían córneas más delgadas que pacientes de otras procedencias (518.9 +/- 31.5 vs. 545.4 +/- 30.4 micras en el ojo derecho y 518.4 +/- 32.1 vs. 546.3 +/- 29.7 micras en el ojo izquierdo, con un valor de $P < 0.00001$. Estos valores distan mucho de los encontrados en nuestro análisis a pesar de comprender poblaciones del mismo área geográfica, por lo que se puede concluir que **la paquimetría corneal de la población canaria no está influida por su localización geográfica cercana al Norte de Africa.**

Otro estudio a reseñar por la similitud de los datos obtenidos con los de la población canaria es el de Ahmadi Hosseini (145) que determina también valores de paquimetría corneal en 120 ojos de 60 individuos jóvenes hindúes normales obteniendo valores de paquimetría central de 544.95 ± 35.42 micras, paquimetría mínima de 542 ± 35.19 micras y paquimetría en ápex de 545.43 ± 35.45 micras, los cuales son muy semejantes a los que hemos

obtenido en población canaria 547.0 ± 33.3 , 543.4 ± 33.1 , y 548.1 ± 33.5 micras respectivamente, en el ojo derecho, y 547.6 ± 34.1 , 543.7 ± 33.7 , y 548.7 ± 34.1 micras en el ojo izquierdo. No obstante el estudio en población hindú está efectuado en población sensiblemente más joven (25.93 ± 6.58 años) lo cual puede hacer que la variable edad juegue un papel relevante.

Respecto a otras variables, analizaremos a continuación los datos obtenidos en relación a las variables **profundidad de la cámara anterior (Ac Depth) y Volumen de la Cámara anterior (AC Volume)**, que como hemos señalado en el estudio estadístico presentan correlaciones fuertemente significativas.

Los valores recogidos de la variable ACD, se expresan en medianas y rangos intercuartílicos dado que los datos obtenidos no eran normales en cuanto a la simetría de su distribución. La media hubiera presentado en ese caso resultados erróneos dada la sensibilidad de la misma a valores extremos.

La profundidad de la cámara anterior en el ojo derecho del grupo de población total (tabla 6) es de 3.0 milímetros. En la determinaciones del ojo izquierdo (tabla 8), se obtiene el mismo valor de 3.0 milímetros de profundidad de cámara anterior. Respecto al volumen, los datos obtenidos según se puede comprobar en las tablas 6 y 8 son de 172.3 ± 45.1 milímetros cúbicos (mm^3) en el ojo derecho y de 170.6 ± 44.3 mm^3 en el ojo izquierdo. Como ya ha quedado visto, existen diferencias significativas entre géneros (tablas 6 y 8).

Los valores obtenidos considerando exclusivamente la muestra de Las Palmas, determina un valor de ACD de 2.9 mm en el ojo derecho y de 3.0 en el ojo izquierdo, así como valores de ACV de 169.9 ± 44.2 mm^3 en el OD y de 169.0 ± 43.4 en el OI, también con diferencias significativas entre géneros tanto en el OD como en el OI. (tablas 10 y 12).

Estas diferencias de género coincide con lo obtenido por Edmons (144) que detecta menor ACD en las mujeres que en los hombres, tanto en población normal como en pacientes con queratocono.

El estudio de referencia de Gros-Otero no analiza estos valores de profundidad o volumen de la cámara anterior, por lo que buscamos en la literatura otras publicaciones relevantes:

El estudio de Domínguez Vicent realizado con 2 sistemas de Scheimpflug (Pentacam y Galilei) en 80 ojos (146), detecta valores de ACD de $3,19 \pm 0,24$ milímetros. El estudio de Fernandez-Vigo en 1006 ojos con una edad media de 49,1 años, una ACD medida por pentacam de $3,35 \pm 0,43$ mm (143). El estudio de Olurin en población nigeriana detecta valores de ACD de 3,23 mm (142). En el estudio Heidelberg, Rabsilber determina valores de ACD de $2,93 \pm 0,36$ mm y valores de ACV de $160,3 \pm 36,81$ milímetros cúbicos o microlitros (140). Ucakhan demuestra en su estudio valores de ACD de $3,0 \pm 0,8$ mm, y de ACV de $164,7 \pm 49,8$ mm³ (147)

Otros estudios en relación al volumen de la cámara anterior son el estudio de Hashemi en 6.311 ciudadanos iraníes de 40 a 64 años determina un valor de ACV de 139 microlitros medidos con Pentacam (141). El estudio de Labiris halla valores de ACV de $171,1 \pm 39,6$ microlitros sin diferencias significativas entre determinaciones hechas con Pentacam o con OCT Visante. (148). El estudio de Dinc, refleja valores de ACV de $163,34 \pm 29,76$ microlitros (149).

En relación a los datos de ACD mencionados en la literatura hay que hacer una consideración previa: la profundidad de la cámara anterior puede medirse bien desde el endotelio corneal hasta la cara anterior del cristalino, o bien desde el epitelio corneal hasta la cara anterior del cristalino, incluyendo por tanto el valor de la paquimetría corneal. Habitualmente suele considerarse como ACD la medición desde endotelio, aunque para precisar la medición suele referirse como “ACD interna o endo” a la medida desde endotelio, y “ACD externa o epi” a la medida desde epitelio. La mayoría de los artículos consultados no especifican si se trata de una u otra, y aunque se puede entender que son mediciones desde endotelio, el dato puede ser no comparable.

El volumen de la cámara anterior, por el contrario es un valor que no presenta distinciones.

El pentacam permite ser configurado para presentar los resultados tanto desde el epitelio como desde el endotelio. Para evitar la comparación de resultados diferentes, en la obtención de las bases de datos se configuró la tabla de tal manera que todas las determinaciones de profundidad de cámara anterior fueran presentadas desde endotelio.

En la revisión para determinar bibliográficamente los valores de referencia de normalidad de ACD y ACV se obtienen muchos resultados pero con frecuencia de mediciones efectuadas por tecnología diversa. Por ello al igual que se hizo con las determinaciones de paquimetría corneal, en nuestro estudio se procedió a considerar la concordancia de las determinaciones efectuadas entre distintos equipos. Así por ejemplo Lackner considera que la validez y repetibilidad de los valores de ACD obtenidos con Pentacam y con Orbscan son intercambiables (150). Por el contrario Anayol observa que las medidas de ACD entre Pentacam, Sirius y Galilei no son intercambiables (151). Ya mencionamos el estudio de Labiris que no encuentra diferencias entre las mediciones de ACV con pentacam o con OCT Visante (148). También mencionamos el estudio de Dominguez-Vicent que determina que los valores obtenidos de ACD y ángulo de cámara anterior con Galilei y Pentacam no son intercambiables (146). El estudio de Dinc señala que no hay diferencia entre las determinaciones de volumen de la cámara anterior medidas con Pentacam o con OCT (149).

Al igual que se hizo con las determinaciones paquimétricas, a continuación se procedió a comparar estas variables, comenzando con la observación de los datos obtenidos comparando la población de Las Palmas con el conglomerado del resto de grupos. (tablas 24 y 28).

Como se indica en el análisis, de nuevo se reitera que estas comparaciones son de valor limitado, dado que existe una importante heterogeneidad dentro del combinado peninsular.

Así, se observaría una diferencia significativa en los valores de ACD, ACV y ACA entre ambos grupos tanto para el ojo derecho (tabla 24), como para el ojo izquierdo (tabla 28). Pero una simple mirada a los valores obtenidos ya evidencia la escasa relevancia clínica de estas comparaciones: por ejemplo en la tabla 28 el valor de ACD en el grupo de Las Palmas era de 3,0 mm y en el grupo de conglomerado del mismo valor 3,0, a pesar de lo cual el valor de p era menor de 0,001.

Más interés tiene por tanto el análisis comparativo de las localidades por separado, referenciándolas cada una de ellas a la muestra de Las Palmas. Así en la tabla 22, sí detectamos diferencias significativas entre el valor de ACD del

ojo derecho de los pacientes de Las Palmas (2,9 mm) frente a los de Vigo (3,2 mm), Almería (3,2 mm) y Jerez (3,1 mm). Y también hay diferencias significativas en esa tabla en los valores de Volumen de la cámara anterior entre el ojo derecho de los pacientes de Las Palmas ($169.9 \pm 44.2 \text{ mm}^3$), con los de Vigo ($189.9 \pm 44.9 \text{ mm}^3$), los de Sevilla ($184.5 \pm 51.5 \text{ mm}^3$), los de Almería ($187.5 \pm 40.1 \text{ mm}^3$) y los de Jerez ($184.2 \pm 46.3 \text{ mm}^3$).

Respecto a las determinaciones del ojo izquierdo, en la tabla 26 observamos de nuevo diferencias significativas en los valores de ACD entre la población de Las Palmas (3,0 mm) frente a Vigo (3,1 mm), Almería (3,1 mm), Madrid 2 (2,8 mm) y Jerez (3,1 mm). Y en relación al Volumen de la cámara anterior, hay diferencias entre la población de Las Palmas ($169.0 \pm 43.4 \text{ mm}^3$) respecto a la de Almería ($184.8 \pm 40.8 \text{ mm}^3$), Madrid 2 ($155.2 \pm 48.7 \text{ mm}^3$) y Jerez ($181.7 \pm 46.6 \text{ mm}^3$).

Podemos concluir que la ACD más estrecha de entre los ojos derechos se encuentra en Las Palmas y Madrid 2. Mientras que la ACV menor se encuentra en Madrid 2 ($161.0 \pm 49.5 \text{ mm}^3$) seguida de Las Palmas ($169.9 \pm 44.2 \text{ mm}^3$).

En los ojos izquierdos, la ACD menor se encuentra en Madrid 2, y la ACV menor se encuentra también en Madrid 2.

Por tanto la profundidad de cámara anterior y el volumen de cámara anterior menores se localizan en Madrid 2

Esto podría estar en relación con el factor edad, pues ya sabemos que Madrid 2 es el grupo de mayor edad media (57,8 años) y la correlación inversa que mantienen la ACD, ACV y ACA con la edad.

La ACD mayor se encuentra en Vigo y Almería para el OD y en Vigo, Almería y Jerez en el OI. La ACV mayor se encuentra en Vigo para OD, y en Almería en OI.

Por tanto Vigo y Almería son las localidades que presentan mayores valores de ACD y ACV.

Del mismo modo que se mencionó para los valores menores, el factor edad puede estar influyendo en que los pacientes de Almería presenten mayores valores de ACD y ACV, pues hemos mencionado la correlación inversa que mantienen la ACD, ACV y ACA con la edad.

Existen por tanto diferencias significativas de ACD y ACV entre poblaciones del territorio nacional, de dudosa relevancia clínica.

En cambio, esto contrasta con lo obtenido por Feng y colaboradores, que estudiando 1.077 ojos en estudio multicéntrico observa que la ACD no varía significativamente entre China, Egipto, Alemania, India y America del Norte, aunque sí ($p < 0,0001$) en Nueva Zelanda (152)

Respecto al **Angulo de la Cámara anterior (ACA)**, resulta un dato muy interesante por su relación con una patología muy habitual que es el glaucoma, una de las principales causas de ceguera en el mundo occidental. Existen muchos tipos diferentes de glaucoma, pero clásicamente se clasifican en glaucomas de ángulo abierto y glaucoma de ángulo cerrado. A este ángulo es al que se refiere el ACA.

En nuestro estudio el ACA de los ojos derechos presentaba una valor medio \pm SD de $36,6 \pm 7,3$, y en los ojos izquierdos de $37,7 \pm 7,8$, con diferencias significativas entre géneros. (tablas 6 y 8).

En la muestra más homogénea de Las Palmas, presenta valores de $36,8 \pm 7,1$ en ojos derechos y de $38 \pm 7,6$ en ojos izquierdos también con diferencias significativas entre géneros. (tablas 10 y 12).

Por tanto el ángulo de la cámara anterior en nuestro estudio es más abierto en mujeres que en hombres. Este dato dudamos que tenga relevancia clínica puesto que en cualquier caso, y como se verá más adelante, el riesgo de cierre angular en ambos casos (hombres vs mujeres) es escaso, al tratarse de ángulos abiertos: ojo derecho población total (hombre/mujer) 37.1 ± 7.2 vs 36.3 ± 7.2 grados; ojo izquierdo población total (hombre/mujer) 38.4 ± 7.6 vs 37.1 ± 7.9 grados; ojo derecho población canaria (hombre/mujer) 37.2 ± 7.0 vs 36.5 ± 7.0 grados; ojo izquierdo población canaria (hombre/mujer) 38.7 ± 7.5 vs 37.6 ± 7.6 grados

La diferencia de ángulo entre géneros tal y como se ve en nuestro estudio también es detectada por Rufer que haya valores de ACA medidos por Orbscan de $30,7^\circ \pm 2^\circ$ en hombres y de $31,6^\circ \pm 2,1^\circ$ en mujeres (139) con diferencia significativa.

Se puede observar también que **los ojos izquierdos en nuestro estudio presentan un ángulo más abierto que los ojos derechos tanto en la población total como en la canaria en particular.** Ya habíamos comprobado en la tabla 14 de coeficientes de correlación intraclase, que la concordancia en el caso del ACA entre las determinaciones de ambos ojos era menor que en otros datos estudiados, presentando una correlación intraclase de 0,7552 con un intervalo de confianza de 0.740-0.770.

¿Cuáles son los valores normativos de referencia para el ángulo?

En su estudio, Hashemi determina un valor de ACA medio de 34,3° medido con Pentacam (141), inferiores a los obtenidos en nuestro estudio. Domínguez-Vicent refleja valores medios de ACA de 39,26° +/- 2,85° medidos por Pentacam (146) algo superiores a nuestros resultados. El estudio Heidelberg determina valores de ACA de 34,81° +/- 5,05° (140) también inferiores a los datos obtenidos en nuestro trabajo. El estudio Beijing determina en 1.985 individuos, valores de ACA mediante OCT de 38,3 +/- 16,3 grados (153) más similar a los datos de nuestro estudio aunque considera una desviación estándar muy amplia. Ucakhan determina valores de ACA medidos por Pentacam de 35,7° +/- 10,2° (147) (también algo inferior a nuestros resultados), y que se ensancha tras implantar una lente intraocular.

Dado que nuestro estudio es efectuado con Pentacam, y la relación de los datos de ángulo de cámara anterior con riesgo de cierre angular, conviene señalar qué parámetros normativos presenta este equipo para definir ese riesgo, bien en función del propio ángulo o bien en función de otras variables. Así, el Pentacam establece unos parámetros para identificar ángulos abiertos y cerrados, que procede dar por válidos toda vez que numerosos artículos avalan la eficacia de Pentacam en la determinación de ese riesgo de cierre angular (154). El software de Pentacam considera un ángulo cerrado cuando el valor de ACA es menor o igual de 24,35° +/- 5,35 grados, medidos en meridiano horizontal (de 3 a 9 horas). Y considera que un ángulo es abierto cuando el valor de ACA es mayor o igual a 37,72° +/- 6,71° en el mismo meridiano.

En nuestro estudio no se detectan pacientes en riesgo de cierre angular.

Hashemi señala que el ACA está inversamente relacionado con la edad y grosor de cristalino, y directamente relacionado con la ACD (141). También Rabsilber habla de una correlación moderada ($R=0,65$) entre ACD y ángulo (140). Por ello también los valores de ACD nos sirven para identificar un ángulo abierto (ACD endo mayor o igual de $2,83 \pm 0,46$ mm) o un ángulo cerrado (ACD endo menor o igual que $1,86 \pm 0,3$ mm) según el patrón normativo de Pentacam.

El estudio de Pakravan (155) permite valorar el riesgo de un glaucoma agudo analizando ACA, ACD y ACV con pentacam y ecografía: $ACA < 26^\circ$, $ACD < 2,1$ mm y $ACV < 100$ mm representan un alto riesgo de glaucoma agudo.

Algunos estudios ponen de manifiesto consideraciones curiosas. Así Dominguez-Vicent encuentra que el ángulo no se modifica con la acomodación (156), pero en cambio, Pekel sí demuestra que el ángulo, ACD y ACV disminuyen significativamente con las maniobras de Valsalva (157) lo que debería tenerse en cuenta a la hora de recoger el dato.

Pero como en anteriores variables, conviene ahora analizar también la comparación de los datos obtenidos entre las poblaciones.

En principio, observando los datos expuestos en la tabla 24 (ojo derecho) y en la tabla 28 (ojo izquierdo) que comparan la población canaria con el conglomerado peninsular, existirían diferencias significativas entre ambas ($p < 0,028$ en el ojo derecho, y $p < 0,001$ en el ojo izquierdo). Una vez señalamos que estas comparaciones son de valor limitado, dado que existe una importante heterogeneidad dentro del combinado peninsular.

Procede por tanto analizar los datos obtenidos comparando las poblaciones entre sí.

Respecto al ojo derecho, podemos observar en la tabla 22 que el ángulo de la cámara anterior en Madrid 1 y Madrid 2 es significativamente menor que en Las Palmas ($35.1 \pm 8.0^\circ$; $34.5 \pm 7.5^\circ$ versus $36.8 \pm 7.1^\circ$ respectivamente). Esta situación se mantiene para el ojo izquierdo ($35.6 \pm 7.6^\circ$ en Madrid 1; $34.4 \pm 8.8^\circ$ en Madrid 2; $38.0 \pm 7.6^\circ$ en Las Palmas).

Por tanto, podemos concluir que la región que presenta un ángulo de la cámara anterior más estrecho es Madrid, con diferencias significativas frente a Las Palmas.

De nuevo la variable edad puede estar interviniendo en la obtención de estos resultados al menos en el grupo de población Madrid 2 pues sabemos que es el grupo que presenta una mayor edad media (57,8 años).

No hay provincias que presentan un ACA significativamente superior a Las Palmas.

Observando las localidades que presentan mayores valores de ACA tanto en un ojo como en el otro, concluimos que **la provincia que presenta un ángulo de la cámara anterior mayor es la provincia de Vigo, ($37.7 \pm 7.6^\circ$ ojo derecho y $38.2 \pm 8.0^\circ$ ojo izquierdo), sin diferencia significativa frente a Las Palmas.**

Otras importantes variables que quedan por analizar son los valores de queratometría **K1 y K2**. Ellas dan idea del poder dióptrico de la córnea, y son responsables de la aparición del astigmatismo. Es necesario hacer un breve repaso de su significado: el astigmatismo se define como el estado refractivo del ojo en el que no puede formarse un foco de luz puntual en la retina debido a que existe una potencia meridional diferente en alguna de las superficies reflectantes del ojo (158). Habitualmente solemos referirnos al astigmatismo regular, que es aquel en que la potencia del sistema óptico varía de forma regular, con un mínimo y un máximo situados en ejes ortogonales (159).

Se puede clasificar el astigmatismo de muchas formas pero en general hablaremos de astigmatismo total, resultado de la suma del astigmatismo corneal (generado fundamentalmente por la cara anterior de la córnea y que representa las dos terceras partes del poder refractivo total del ojo (6)) con el astigmatismo interno o cristalino (160).

Hemos visto que la córnea se puede comparar a una cúpula de base elíptica, y por tanto esa base tiene un diámetro mayor formando un ángulo recto con su diámetro menor. Podemos determinar los meridianos de mayor y de menor potencia dióptrica a los que denominamos meridianos principales (159). Esto son K1 y K2. Se puede expresar el valor de estos meridianos bien

en radios de curvatura de la superficie anterior de la córnea, bien como potencia dióptrica. La relación entre ambas sigue la siguiente ecuación:

$$P = n' - n / r$$

donde n' es el índice de refracción de la córnea ($n'=1,376$) y n el del aire ($n=1$) (3,4) (7) (159).

Otra clasificación es aquella que diferencia los astigmatismos dependiendo de la orientación de los meridianos principales, teniendo en cuenta que, al caracterizarlo en la fórmula esfero-cilíndrica, la magnitud del astigmatismo (variable **Astig**) es igual a la diferencia de potencias entre los dos meridianos y la orientación del eje se encuentra a 90° del meridiano más potente que es el parámetro **Axis** (159).

El error astigmático más frecuente es aquel en que la curvatura vertical de la córnea es mayor que la curvatura horizontal. Se le denomina clínicamente astigmatismo según la regla o directo. En bajo grado, se considera fisiológico en personas jóvenes y muestra una tendencia a disminuir a lo largo de la vida. El astigmatismo en contra de la regla o inverso es aquel en que la curvatura horizontal es mayor que la curvatura vertical, es más frecuente en personas de edad avanzada (159).

En la tabla 6 y 8 vemos que respecto al astigmatismo no hay diferencias significativas entre hombres y mujeres en ninguno de los ojos. Con respecto a las queratometrías K1 y K2 sí existen diferencias significativas entre géneros.

Observando el valor de astigmatismo en el conglomerado peninsular, vemos en la tabla 24 que en el ojo derecho el valor es de 0,9 dioptrías con un rango de 0,5-1,5 dioptrías, mientras que en el ojo izquierdo (tabla 28) es de 1,0 (0.6 ; 1.6) dioptrías. El valor medio de K1 y K2 es de 43,35 dioptrías en el ojo derecho y 43.4 dioptrías en el ojo izquierdo.

En la población de Las Palmas, los datos obtenidos fueron de 0.9 (0.5 ; 1.4) dioptrías de astigmatismo para el Ojo derecho sin diferencias por sexo (tabla 10), con un valor medio de K1 y K2 de 42.6 ± 1.7 y 43.7 ± 1.9 respectivamente (también con diferencias significativas entre hombres y mujeres como se ve en la tabla 10) con un valor de queratometría media de 43,15 en ese ojo derecho. En el ojo izquierdo el valor de astigmatismo fue de

0.9 (0.5 ; 1.4) dioptrías sin diferencias de género (tabla 12); los valores de K1 y K2 de 42.6 ± 1.8 y 43.7 ± 1.9 dioptrías respectivamente, con diferencias significativas entre hombres y mujeres (tabla 12) con un valor de queratometría media de 43,15 (igual al del ojo derecho).

La comparación de Las Palmas con el conglomerado peninsular no demuestra diferencias significativas en relación al astigmatismo, y sí en relación a las queratometrías K1 y K2

En conclusión, en los valores de astigmatismo corneal no hay diferencia entre géneros. Si hay diferencia en los valores queratométricos K1 y K2.

Podemos ver en la tabla 14 como la concordancia de K1 y K2 entre ojo derecho y ojo izquierdo es de más de un 95%, siendo menor la concordancia del astigmatismo (coeficiente de correlación intraclase de 0,716) y nula respecto al eje.

Si comparamos poblaciones observamos en la relación Las Palmas con el conglomerado de otras localidades (tablas 24 y 28) que en el ojo derecho no aparecen diferencias entre el valor de astigmatismo ni del eje, pero sí hay diferencias en cuanto a K1 y K2, diferencias fruto de la heterogeneidad del conglomerado peninsular y que no son relevantes desde el punto de vista clínico. En el ojo izquierdo sí aparecerían diferencias significativas respecto al astigmatismo, K1 y K2 de escasa relevancia clínica, y fruto de las mismas circunstancias que se observan en el ojo derecho.

En la relación que estudia las distintas poblaciones por separado y referidas a Las Palmas (tablas 22 y 26) vemos en el ojo derecho que no hay diferencias en los valores de astigmatismo ni de K2, y sólo aparece una diferencia de escasa relevancia clínica entre Madrid 1 y Las Palmas en el valor de K1 (43.0 ± 1.7 versus 42.6 ± 1.7 respectivamente).

Respecto al ojo izquierdo aparecen diferencias en el valor de astigmatismo entre Sevilla y Jerez con Las Palmas. En los valores de K1 diferencia entre Jerez y Las Palmas, y en K2 diferencias entre Jerez y Sevilla con Las Palmas. Estas diferencias son de poca relevancia clínica.

Las características de normalidad de la córnea establecen una curvatura corneal media de 42-45 dioptrías, con un progresivo aplanamiento hacia la

periferia de 2-3 dioptrías, siendo el lado nasal más plano que el temporal. Las dos córneas de un mismo paciente suelen ser similares en patrón y potencia media, y en más del 60% de los casos, los dos ojos presentan la misma forma, pero con una orientación inversa izquierda-derecha (imágenes en espejo) (161). Hemos visto ya distintos modos de detectar una córnea patológica; aunque con menor especificidad y sensibilidad también la curvatura corneal puede ayudarnos, considerándose sospechosas cuando la curvatura corneal central están entre 47,2 y 48,7 dioptrías, y patológica cuando la curvatura corneal es superior a 48,7 dioptrías (161). **Ninguna de las córneas que aparecen en nuestro estudio son de curvatura patológicas**, entendiendo que previamente se han excluido los casos patológicos pero en función de otro criterio como es el marcador de Belin-Ambrosio.

Existen numerosos artículos sobre astigmatismo analizando poblaciones grandes. Uno de los que destacan es el metanálisis de Williams y colaboradores (162) que estudian la prevalencia de los defectos refractivos en Europa analizando 15 estudios con una población de 61.946 ciudadanos europeos con mínima variación racial. En él señala que la prevalencia del astigmatismo es de un 23,9% (IC 23,7-24,1), detecta que la prevalencia de astigmatismo es significativamente mayor en hombre que en mujeres, y comprueba también que el astigmatismo es bastante estable en individuos jóvenes y de edad media, pero va aumentando con la edad, a la vez que tiende a transformarse de a favor de la regla a contra de la regla. En nuestro estudio, esa diferencia de género en relación al astigmatismo no se detecta ni para OD ni para el OI, a diferencia de lo señalado por ese metanálisis, si bien sí se detecta aunque con escasa relevancia clínica en relación a K1 y K2.

El estudio Gutenberg sobre 15.010 participantes, y considerando astigmatismo superiores a 0'5 dioptrías (excluyendo los pacientes con cataratas) detecta una prevalencia en la población del 32,3%, y también ésta aumentaba con la edad (163).

Mayor prevalencia detecta el estudio de Pan sobre 6.000 norteamericanos y considerando astigmatismo superiores a 1 dioptría, haya valores de un 45%, siendo incluso mayor en la población de origen chino (53,4%) lo que podría significar una influencia racial (164). Esta influencia racial también se detecta en el estudio de Ying sobre 4.040 niños en Estados Unidos

de distintas razas, observando que la prevalencia de astigmatismo superior a 1,5 dioptrías era más baja en niños indioamericanos y más alta en hispanos (165).

Este aumento del astigmatismo con la edad también se detecta en el estudio de Jonas (166). La monografía de SECOIR de 2006, Corrección del Astigmatismo, en su capítulo 2 (167) considera que los cambios del astigmatismo en la vejez y su tendencia a transformarse en contra de la regla, se debe entre otros factores a la menor consistencia de los tejidos, tanto corneales como palpebrales.

Se ha confirmado que la herencia juega un papel importante en el desarrollo del astigmatismo, con un patrón habitualmente autosómico dominante (167). Un metanálisis de 22.100 individuos caucásicos en 7 zonas geográficas identifica un locus asociado (VAX2) aunque aún no un gen relevante (168).

El mencionado estudio de Jonas, sobre 9.024 ojos determina un poder refractivo corneal de 44,60 +/- 1,68 dioptrías, y señalando relaciones estadísticamente significativas con el aumento de edad, con bajo peso corporal, bajo grosor corneal central, cámara anterior profunda, longitud axial corta y miopía (166). En los estudio de correlaciones de Pearson (tablas 15 y 16) que analizaremos al final de este capítulo, observamos que en nuestra población, no observamos correlación entre las queratometrías y la profundidad de la cámara anterior pero sí entre las queratometrías y el volumen de la cámara anterior y las paquimetrías.

En nuestro estudio el valor medio de astigmatismo en ambos ojos es de 0,9 dioptrías. El valor de queratometría media $((K1 + K2) / 2)$ es de 43,15 en el ojo derecho y de 43,2 en el ojo izquierdo. Esto concuerda entre otros estudios con el de Hoffman que estudiando una población de 23.239 ojos con una edad media de 74 años, observa que sólo el 8% presentaban astigmatismo superior a 2 dioptrías, y sólo el 2,6% presentan astigmatismos superiores a 3 dioptrías (169). También el estudio Teherán señala en su estudio sobre 442 individuos iraníes, un valor de 0,98 dioptrías de astigmatismo con un intervalo de confianza de 0,89-1,06 (170), lo que concuerda con nuestros datos. Señala dicho estudio un valor de queratometría de 44,39 dioptrías (CI 44,22-44,57) similar al encontrado en nuestro análisis. Y también

el estudio de De Bernardo encuentra en 757 ojos de individuos de 71,9 +/- 10,2 años un valor medio de astigmatismo corneal de 1,02 +/- 0,69 dioptrías (similar al encontrado en nuestro estudio), siendo superior a 1 dioptría en el 41,74% de los ojos (171).

Como se mencionaba al principio de este capítulo, el desarrollo del mismo concluye con la discusión acerca del último y más importante análisis, que es la determinación de vectores subyacentes y la comparación de poblaciones en función de los mismos.

Resulta difícil encontrar en la bibliografía otros estudios factoriales similares, y mucho menos sobre las variables aquí consideradas.

Inicialmente se ha pretendido establecer las correlaciones entre variables mediante correlaciones lineales de Pearson tanto para el ojo derecho (tabla 15) como para el ojo izquierdo (tabla 16).

Se pudo observar que las correlaciones entre las variables en ojo derecho son prácticamente las mismas que en ojo izquierdo. En ambos casos, puede observarse que las variables *K1D* y *K2D* tienen una correlación muy alta (próxima al 90%), lo que significa que miden el mismo aspecto del ojo. Entre las variables *ACDepth*, *ACVolume* y *Ch.Angle* existen correlaciones fuertemente significativas (especialmente entre *ACDepth* y *ACVolume*: $Rho = 0.8553$ en ojo derecho y $Rho = 0.8553$ en ojo izquierdo; menor correlación entre *ACDepth* y *Ch.Angle* $Rho = 0,6222$ en ojo derecho y $Rho = 0,6704$ en el ojo izquierdo). Finalmente, las correlaciones entre las variable paquimétricas son prácticamente iguales a la unidad.

Si bien las correlaciones de queratometría o las de variables paquimétricas son superiores al 90% y por tanto indiscutibles, merece atención detenernos en las correlaciones entre *ACDepth*, *ACVolume* y *Ch.Angle* y las referencias bibliográficas halladas al respecto, algunas ya señaladas. Así en el estudio de Hashemi (141) se sigue un modelo de regresión lineal múltiple que detecta correlación entre ACA y ACD (coeficiente de 6,59); y con otro modelo se comprueba que la ACV está directamente relacionada con la ACD

(coeficiente 85,67) tal y como ocurre en nuestro análisis de correlaciones. También el estudio de Rabsilber y colaboradores (140) demuestra resultados casi idénticos a los encontrados en nuestro estudio; detecta una excelente correlación entre ACD y ACV ($R = 0,92$ mientras en nuestro estudio fue 0.8553 en ojo derecho y 0.8553 en ojo izquierdo), y una correlación moderada entre ACD y ACA ($R = 0,65$, mientras en nuestro estudio aparecen 0,6222 en ojo derecho y 0,6704 en el ojo izquierdo). En contra de nuestros resultados, el estudio de Rabsilber no detecta correlación entre volumen de cámara anterior ACV y ángulo de cámara anterior ACA ($R = 0.37$) mientras que en nuestro análisis dicha relación es de 0,5955 en el ojo derecho y de 0,6772 en el ojo izquierdo.

En relación a las queratometrías y poder refractivo corneal, el estudio de Jonas (166) con análisis de variables múltiples señala que este poder refractivo corneal está asociado (que no correlacionado) con el grosor corneal central y la profundidad de la cámara anterior.

El estudio de Hoffmann (169) señala que el radio corneal y la ACD estaban correlacionados.

Fernández-Vigo y colaboradores (143) establece los determinantes principales de la ACD en 1.006 ojos derechos de sujetos sanos, señalando que cinco variables (edad, sexo, defecto refractivo esférico, diámetro corneal y ángulo de la cámara anterior ACA), eran capaces de explicar el 74,1% de las variaciones producidas en la ACD, y que de entre ellas la edad era el determinante principal.

Nuestro estudio nacional de referencia (37) sí establece correlaciones de Pearson, pero sólo entre el grosor corneal central y la edad, longitud axial y defecto refractivo.

Este último análisis de nuestra Tesis aborda la determinación de variables que se pudieran subagrupar y que permitieran “definir” el ojo, entendiendo por tal el número real de variables diferentes que caracterizan la córnea. Este análisis se realizó a partir del subconjunto de marcadores K1D, K2D, ACDepht, ACVolume, PachyMin, Ch.Angle, PachyApex y PachyPupil. La dimensión de este vector se evaluó haciendo uso del análisis de componentes principales y de éste se dedujeron para cada ojo tres factores, los cuales recogían el 91.06% (ojo derecho) y el 91.97% (ojo izquierdo) de la variabilidad

de los datos. De esta forma, el vector inicial de 8 variables se redujo a tres factores (por cada ojo), lo permitía hacer una comparación más simple entre las siete poblaciones analizadas.

La tabla 18 (para el ojo derecho) y la tabla 20 (para el ojo izquierdo) permiten una visualización muy gráfica acerca de qué variables son las que condicionan cada uno de los factores: las variables paquimétricas para el factor 1; la ACD, ACV y ACA para el factor 2; y la K1 y K2 para el factor 3. Se puede observar como el peso de la variable Ch.Angle para este factor 2 es menor que el peso de la ACD y ACV.

Una vez que se han establecido los factores subyacentes o factores latentes, se puede ahora repetir es estudio comparativo entre poblaciones, pero ya no entre 8 variables, sino entre 3.

Se procede entonces a establecer esa comparación por cada ojo, y comparándolas distintas poblaciones entre sí.

Podemos observar en ese estudio para el ojo derecho que se refleja en la tabla 29 que:

1. en relación al factor 1 o paquimétrico (variables paquimétricas) la provincia de Las Palmas se asemeja a la de Vigo, Madrid 2 y Jerez. Ese factor 1 no muestra diferencias significativas entre las provincias de Vigo, Madrid 1 y Almería. Se observa que la provincia de Sevilla difiere en ese factor de todas las otras poblaciones. Y no hay diferencias significativas entre Madrid 1, Almería y Jerez.
2. En relación al factor 2 o cameral (ACD, ACV y ACA), no hay diferencias significativas entre Las Palmas, Sevilla, y Madrid 1. No hay diferencias significativas al estudiar este factor entre Vigo, Sevilla, Almería y Jerez. Tampoco hay diferencias significativas al estudiarlo entre Las Palmas, Madrid 1, y Madrid 2. No hay diferencias significativas al estudiar el factor 2 entre Madrid 1 y Jerez.
3. En relación al factor 3 o queratométrico (K1 y K2) todas las poblaciones son semejantes.

Con respecto al ojo izquierdo, esa tabla 29 señala:

1. En relación al factor 1 o paquimétrico (variables paquimétricas) no hay diferencias significativas entre Las Palmas, Vigo, Madrid 1, Madrid 2 y

Jerez. Tampoco hay diferencias significativas cuando se relaciona Vigo con Madrid 1 y Almería. La provincia de Sevilla difiere significativamente del resto de las provincias.

2. En relación al factor 2 o cameral (ACD, ACV y ACA), la provincia de Las Palmas sólo presenta diferencias significativas con Almería y Madrid 2.
3. En relación al factor 3 o queratométrico (K1 y K2) la provincia de Las Palmas sólo presenta diferencias significativas con Jerez. A su vez, la provincia de Jerez sólo presenta diferencias significativas con Las Palmas

Una conclusión evidente es que en nuestro estudio la provincia de Sevilla presentaba diferencias significativas con el resto de poblaciones tanto en el ojo derecho como en el izquierdo en relación al factor paquimétrico, lo cual se puede ver muy claramente en los gráficos 75 y 76.



Conclusiones.

1. Existe una fuerte concordancia en los marcadores K1D, K2D, ACDepth, ACVolume, PachyMin, PachyApex y PachyPupil entre ojo derecho e izquierdo.
2. La edad media del conjunto de pacientes analizados fue de 44.0 ± 16.0 años y que la edad media de la población canaria fue de 43.9 ± 15.3 años.
3. La edad media de los pacientes estudiados presentaban diferencias significativas entre distintas localidades.
4. Los pacientes de menor edad media se localizaban en Almería, mientras que los de mayor edad provenían de Madrid 2.
5. Existen diferencias significativas en los marcadores oculares según género.
6. El valor de grosor corneal es menor en mujeres que en hombres
7. La profundidad de la cámara anterior, el volumen de la cámara anterior y el ángulo de la cámara anterior es menor en mujeres que en hombres.
8. En los valores de astigmatismo corneal no hay diferencia entre géneros. Si hay diferencia en los valores queratométricos K1 y K2.
9. El grosor corneal central medio en la población canaria fue de $547,0 \pm 33,3$ micras para el ojo derecho y $547,6 \pm 34,1$ micras para el ojo izquierdo.
10. El grosor corneal central medio en la población peninsular fue $546,4 \pm 37,6$ micras para el ojo derecho y del $545,7 \pm 36,6$ micras en el ojo izquierdo.
11. El grosor corneal de los canarios no difiere al grosor corneal de la población peninsular, lo cual confirma la hipótesis de trabajo
12. El punto geográfico donde la córnea es más gruesa es Sevilla.
13. El punto geográfico donde la córnea es más fina es Almería

14. La paquimetría corneal presenta diferencias geográficas en el territorio nacional
15. La paquimetría corneal de la población canaria no está influida por su localización geográfica cercana al Norte de Africa.
16. La profundidad de la cámara anterior para la población canaria es de 2,9 mm en el OD y de 3,0 mm en el OI
17. La profundidad de la cámara anterior para la población peninsular es de 3,05 mm en el OD, y de 3,0 mm en el OI.
18. El volumen de la cámara anterior para la población canaria es de $169.9 \pm 44.2 \text{ mm}^3$ para el OD, y de $169.0 \pm 43.4 \text{ mm}^3$ para el OI
19. El volumen de la cámara anterior para la población peninsular es de $179.1 \pm 46.8 \text{ mm}^3$ para el OD; y de $175.1 \pm 46.7 \text{ mm}^3$ para el OI
20. La profundidad de cámara anterior y el volumen de cámara anterior menores se localizan en Madrid 2
21. Vigo y Almería son las localidades que presentan mayores valores de ACD y ACV
22. Existen diferencias significativas de ACD y ACV entre poblaciones del territorio nacional.
23. El ángulo de la cámara anterior en la población canaria es de $36.8 \pm 7.1^\circ$ para el OD; y de $38.0 \pm 7.6^\circ$ para el OI
24. El ángulo de la cámara anterior en la población peninsular es de $36.2 \pm 7.8^\circ$ en el OD, y de $36.6 \pm 8.2^\circ$ en el OI
25. El ángulo de la cámara anterior en nuestro estudio es más abierto en mujeres que en hombres
26. Los ojos izquierdos en nuestro estudio presentan un ángulo más abierto que los ojos derechos tanto en la población total como en la canaria en particular
27. En nuestro estudio no se detectan pacientes en riesgo de cierre angular.
28. La región que presenta un ángulo de la cámara anterior más estrecho es Madrid, con diferencias significativas frente a Las Palmas.
29. La provincia que presenta un ángulo de la cámara anterior mayor es la provincia de Vigo
30. No hay provincias que presenten un ACA significativamente superior a Las Palmas

31. El astigmatismo de la población canaria es de 0.9 (0.5 ; 1.4) dioptrías en el OD; en el OI es de 0.9 (0.5 ; 1.4) dioptrías.
32. El astigmatismo en la población peninsular es de 0,9 dioptrías con un rango de 0,5-1,5 dioptrías, mientras que en el ojo izquierdo es de 1,0 (0.6 ; 1.6) dioptrías.
33. El valor de queratometría media en la población canaria es de 43,15 dioptrías en ambos ojos.
34. El valor de queratometría media en la población peninsular es de 43,35 dioptrías en el ojo derecho y 43.4 dioptrías en el ojo izquierdo.
35. Ninguna de las córneas que aparecen en nuestro estudio son de curvatura patológicas
36. El subconjunto de marcadores *K1D*, *K2D*, *ACDeph*, *ACVolume*, *Ch.Angle*, *PachyMin*, *PachyApex* y *PachyPupil* puede explicarse por tres factores comunes, tanto para el ojo derecho como para el izquierdo. En el caso del ojo derecho, los correspondientes tres factores explican el 91.06% de la varianza total del vector de variables, mientras que los del izquierdo explican el 91.97% de la variabilidad de los datos. En ambos ojos, el Primer factor F_1 se identifica con las variables *PachyMin*, *PachyApex* y *PachyPupil*, el Segundo factor F_2 con *ACDeph*, *ACVolume* y *Ch.Angle* y finalmente, el tercero F_3 con *K1D* y *K2D*
37. En el ojo derecho, el factor F_3 o Factor queratométrico KD no difiere significativamente entre las siete poblaciones. En el factor F_1 o paquimétrico la población estudiada por Humberto (Las Palmas) no difiere significativamente de Cadarso, Laureano y Ruiz-Mesa (Vigo, Madrid 2 y Jerez). En el factor F_2 o Factor cameral (volumen, profundidad y ángulo) sin embargo, la población estudiada por Humberto (Las Palmas) no difiere ni de Federico ni de Iradier (Sevilla, Madrid 1)
38. En el ojo izquierdo, el Factor F_1 la población de Las Palmas no difiere significativamente de Las Palmas, Vigo, Madrid 1, Madrid 2 y Jerez. En el Factor F_2 la provincia de Las Palmas sólo presenta diferencias significativas con Almería y Madrid 2. En relación al factor F_3 la provincia de Las Palmas sólo presenta diferencias significativas con Jerez.



Bibliografía

1. Cibis G, Beaver H, Johns C, Kaushal S, Tsai J, Beretska J. Fundamentos y Principios de Oftalmología. España E, editor. Sociedad Española de Oftalmología;
2. Del Buey Sayas M. Á, Martínez CP, Lanuza ÁLC. Biomecánica y arquitectura corneal [Internet]. Biomecánica y arquitectura corneal. Elsevier; 2014 [cited 2015 Aug 18]. 25-34 p. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9788490226490500107>
3. Pepose J. The Cornea. In: Hart W, editor. Adler's Physiology of the eye: clinical application. 9th ed. St. Louis: The CV Mosby; 1992.
4. Elder S. System of Ophthalmology. Mosby, editor. St. Louis; 1958.
5. Klyce SD, Beuerman R. No Title. In: Kaufman H, Barron B, McDonald M, Waltman S, editors. The Cornea. 1987. p. 1–47.
6. Gipson I, Joyce N, Nieske J. The Anatomy and cell Biology of the human cornea, limbus, conjunctiva and adnexa. In: Lippincott, Williams, Wilkins, editors. The Cornea. Philadelphia; 2004. p. 1–35.
7. Fernández J, Martínez J. Entendiendo las medidas de la biomecánica corneal. In: España E, editor. Optica para el cirujano facorefractivo. Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto-Refractiva; 2015. p. 141–4.
8. Mastropasqua L, Calienno R, Lanzini M, Colasante M, Mastropasqua A, Mattei PA, et al. Evaluation of corneal biomechanical properties modification after small incision lenticule extraction using Scheimpflug-based noncontact tonometer. Biomed Res Int [Internet]. 2014 Jan [cited 2015 Aug 19];2014:290619. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4163343&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
9. Boyd B, Agarwal A, Alio J, Krueger RR, Wilson S. Wavefront Analysis, Aberrómetros y Topografía corneal. International, Highlights of Ophthalmology; 2003.
10. Thoft R, Friend J. The X, Y Z hypothesis of corneal epithelial maintenance. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1983;24:1442–3.

11. Durán de la Colina J. Anatomofisiología de la córnea. In: Tecnimedia Editorial, editor. *Complicaciones de las lentes de contacto*. Madrid; 1998. p. 13–21.
12. Maurice D. The structure and transparency of the cornea. *J Physiol*. 1957;136:263–86.
13. Ambrosio R, de Oliveira I, Luz A, Guerra F, Salomao M, Belin MW. Evaluación paquimétrica comprensiva. In: Belin M, Khachikian S, Ambrosio R, editors. *Tomografía corneal basada en la elevación*. 2nd ed. Panama: Jaypee-Highlights Medical Publishers; 2012. p. 81–91.
14. Ambrósio R, Belin MW. Imaging of the cornea: topography vs tomography. *J Refract Surg [Internet]*. 2010 Nov [cited 2015 Aug 23];26(11):847–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21053870>
15. Copt R-P. Corneal Thickness in Ocular Hypertension, Primary Open-angle Glaucoma, and Normal Tension Glaucoma. *Arch Ophthalmol [Internet]*. American Medical Association; 1999 Jan 1 [cited 2015 May 29];117(1):14. Available from: <http://archophth.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=411380&resultClick=1>
16. Albertazzi R, Ferlini L, Voria S. Comparación de la medición del espesor corneal mediante OCT, Paquimetría y Lenstar. Análisis de resultado luego de un año de seguimiento. *Arch Oftalmol B Aires*. 2011;82 n° 1:01–9.
17. Lázaro C, Hernández EM, Martínez D, Redondo P. Comparison of central corneal thickness measured with anterior segment optical coherence tomography versus ultrasonic pachymetry. *Arch Soc Esp Oftalmol [Internet]*. 2013 Feb [cited 2015 Aug 21];88(2):45–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23433191>
18. Griño García Pardo C, Lugo Quintás F, León M, Ligeró S, Ruiz Moreno JM, Montero Moreno J. Tomografía de coherencia óptica. Funcionamiento y utilidad en patología acular.
19. Ursea R, Feng M, Urs R, RoyChoudhury A, Silverman RH. Comparison of artemis 2 ultrasound and Visante optical coherence tomography corneal thickness profiles. *J Refract Surg [Internet]*. 2013 Jan [cited 2015 Aug 27];29(1):36–41. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3684006&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
20. Sadoughi MM, Einollahi B, Einollahi N, Rezaei J, Roshandel D, Feizi S. Measurement of Central Corneal Thickness Using Ultrasound Pachymetry and Orbscan II in Normal Eyes. *J Ophthalmic Vis Res [Internet]*. Jan [cited 2015 Aug 21];10(1):4–9. Available from:

<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4424717&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>

21. Feizi S, Jafarinasab MR, Karimian F, Hasanpour H, Masudi A. Central and peripheral corneal thickness measurement in normal and keratoconic eyes using three corneal pachymeters. *J Ophthalmic Vis Res* [Internet]. Jan [cited 2015 Aug 21];9(3):296–304. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4307658&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
22. Khaja WA, Grover S, Kelmenson AT, Ferguson LR, Sambhav K, Chalam K V. Comparison of central corneal thickness: ultrasound pachymetry versus slit-lamp optical coherence tomography, specular microscopy, and Orbscan. *Clin Ophthalmol* [Internet]. 2015 Jan [cited 2015 Aug 21];9:1065–70. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4472076&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
23. Marsich MW, Bullimore MA. The repeatability of corneal thickness measures. *Cornea*. 2000;19(6):792–5.
24. Miranda Hernández I, Fernández García K, Ruiz Rodríguez Y, Hernández Silva JR, Rio Torres M. Comparación de los valores del espesor corneal central según los equipos Lenstar, Galilei y Pentacam. *Rev Cuba Oftalmol* [Internet]. 1999, Editorial Ciencias Médicas; [cited 2015 Sep 11];25(1):65–71. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762012000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es
25. Luz A, Ursulio M, Castañeda D, Ambrósio Jr R. Progressão da espessura corneana do ponto mais fino em direção ao limbo: estudo de uma população normal e de portadores de ceratocone para criação de valores de referência. *Arq Bras Oftalmol* [Internet]. Conselho Brasileiro de Oftalmologia; 2006 Aug [cited 2015 Jun 5];69(4):579–83. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27492006000400023&lng=en&nrm=iso&tlng=en
26. Luz A, Ursulio M, Castañeda D, Ambrósio R. [Corneal thickness progression from the thinnest point to the limbus: study based on a normal and a keratoconus population to create reference values]. *Arq Bras Oftalmol* [Internet]. Jan [cited 2015 Jun 5];69(4):579–83. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17119735>
27. Ambrosio R, Klyce S, Wilson S. Corneal topographic and pachymetric screening of keratorefractive patients. *J Refract Surg*. 2003;19:24–9.
28. Jonsson M, Behnding A. Pachymetric evaluation prior to laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31:701–6.

29. Gromacki SJ, Barr JT. Central and peripheral corneal thickness in keratoconus and normal patient groups. *Optom Vis Sci* [Internet]. 1994 Jul [cited 2015 Aug 21];71(7):437–41. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7970558>
30. Uçakhan OO, Ozkan M, Kanpolat A. Corneal thickness measurements in normal and keratoconic eyes: Pentacam comprehensive eye scanner versus noncontact specular microscopy and ultrasound pachymetry. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. 2006 Jun [cited 2015 Aug 21];32(6):970–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16814055>
31. Oh KT, Weil LJ, Oh DM, Mathers WD. Corneal thickness in Fuchs' dystrophy with and without epithelial oedema. *Eye (Lond)*. 1998;12 (Pt 2):282–4.
32. Ayala Larco AE. Medida del espesor central de la córnea en una población adulta normal de la Sierra y Costa del Ecuador. San Francisco de Quito. Colegio de Ciencias de la Salud. Facultad de Medicina; 2008.
33. MAURICE DM, GIARDINI AA. A simple optical apparatus for measuring the corneal thickness, and the average thickness of the human cornea. *Br J Ophthalmol* [Internet]. 1951 Mar [cited 2015 Sep 16];35(3):169–77. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1323708&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
34. Fries U, Ohrloff C, Makabe R. Corneal topography pachymetry. *ULTRASONOGRAPHY IN OPHTHALMOLOGY XV*. 1997. p. 207–11.
35. Liu Z, Xie Y, Zhang M. Corneal topography and pachymetry in normal eyes. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*. 2001;37(2):125–8.
36. Saenz-Frances F, Bermúdez-Vallecilla MC, Borrego-Sanz L, Jañez L, Martínez-de-la-Casa JM, Morales-Fernandez L, et al. Anatomical characterization of central, apical and minimal corneal thickness. *Int J Ophthalmol* [Internet]. 2014 Jan [cited 2015 May 29];7(4):668–72. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4137204&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
37. Gros-Otero J, Arruabarrena-Sánchez C, Teus M. [Central corneal thickness in a healthy Spanish population]. *Arch Soc Esp Oftalmol* [Internet]. 2011;86(3):73–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21511100>
38. Rufer F, Schroder A, Arvani MK, Erb C. Central and peripheral corneal pachymetry - Standard evaluation with the pentacam system. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2005;222(2):117–22.

39. Al-Ageel S, Al-Muammar AM. Comparison of central corneal thickness measurements by Pentacam, noncontact specular microscope, and ultrasound pachymetry in normal and post-LASIK eyes. *Saudi J Ophthalmol*. 2009;23(3-4):181–7.
40. O'Donnell C, Maldonado-Codina C. Agreement and repeatability of central thickness measurement in normal corneas using ultrasound pachymetry and the OCULUS Pentacam. *Cornea*. 2005;24(8):920–4.
41. Al-Mezaine HS, Al-Amro SA, Kangave D, Sadaawy A, Wehaib TA, Al-Obeidan S. Comparison between central corneal thickness measurements by oculus pentacam and ultrasonic pachymetry. *Int Ophthalmol*. 2008;28(5):333–8.
42. Wu W, Wang Y, Xu L. Meta-analysis of Pentacam vs. ultrasound pachymetry in central corneal thickness measurement in normal, post-LASIK or PRK, and keratoconic or keratoconus-suspect eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* [Internet]. 2014 Jan [cited 2015 Aug 21];252(1):91–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24218039>
43. Módis L, Szalai E, Németh G, Berta A. Reliability of the corneal thickness measurements with the Pentacam HR imaging system and ultrasound pachymetry. *Cornea*. 2011;30(5):561–6.
44. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Comparison of high-resolution Scheimpflug and high-frequency ultrasound biomicroscopy to anterior-segment OCT corneal thickness measurements. *Clin Ophthalmol* [Internet]. 2013 Jan [cited 2015 May 29];7:2239–47. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3838761&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
45. Doughty MJ, Zaman ML. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. *Surv Ophthalmol* [Internet]. Jan [cited 2015 Sep 8];44(5):367–408. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10734239>
46. Goldmann H, Schmidt T. Über Applanationstonometrie. *Ophthalmologica* [Internet]. Karger Publishers; 1957 [cited 2015 Sep 13];134(4):221–42. Available from: <http://www.karger.com/Article/FullText/303213>
47. Ehlers N, Bramsen T, Sperling S. Applanation tonometry and central corneal thickness. *Acta Ophthalmol* [Internet]. 1975 Mar [cited 2015 Jul 12];53(1):34–43. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1172910>
48. Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD, Heuer DK, Higginbotham EJ, Johnson CA, et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: baseline factors that predict the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol* (Chicago, Ill 1960) [Internet]. 2002 Jun [cited 2015 Sep 13];120(6):714–

- 20; discussion 829–30. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12049575>
49. Iester M, Mete M, Figus M, Frezzotti P. Incorporating corneal pachymetry into the management of glaucoma. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35(9):1623–8.
 50. Leske MC, Heijl A, Hyman L, Bengtsson B. Early Manifest Glaucoma Trial: design and baseline data. *Ophthalmology* [Internet]. 1999 Nov [cited 2015 Sep 13];106(11):2144–53. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10571351>
 51. Abitbol O, Bouden J, Doan S, Hoang-Xuan T, Gatinel D. Corneal hysteresis measured with the ocular response analyzer ® in normal and glaucomatous eyes. *Acta Ophthalmol*. 2010;88(1):116–9.
 52. Whitacre MM, Stein RA, Hassanein K. The effect of corneal thickness on applanation tonometry. *Am J Ophthalmol* [Internet]. 1993 May 15 [cited 2015 Sep 13];115(5):592–6. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8488910>
 53. Herman DC. Increased Corneal Thickness in Patients With Ocular Hypertension. *Arch Ophthalmol* [Internet]. American Medical Association; 2001 Mar 1 [cited 2015 May 29];119(3):334. Available from:
<http://archophth.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=265598&resultClick=1>
 54. Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol* [Internet]. Jan [cited 2015 Jul 27];42(4):297–319. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9493273>
 55. Peris C, Lanzagorta A, Aviñó J. Ectasias corneales naturales. In: S.L. EE, editor. *Biomecánica y arquitectura corneal*. Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto-Refractiva; 2014. p. 153–64.
 56. Palamar M, Onay H, Ozdemir TR, Arslan E, Egrilmez S, Ozkinay F, et al. Relationship between IL1 β -511C>T and ILRN VNTR polymorphisms and keratoconus. *Cornea* [Internet]. 2014 Feb [cited 2015 Sep 17];33(2):145–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24322806>
 57. Cristina Kenney M, Brown DJ. The cascade hypothesis of keratoconus. *Cont Lens Anterior Eye* [Internet]. 2003 Sep [cited 2015 Sep 17];26(3):139–46. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16303509>
 58. Zhou L, Sawaguchi S, Twining SS, Sugar J, Feder RS, Yue BY. Expression of degradative enzymes and protease inhibitors in corneas with keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci* [Internet]. 1998 Jun [cited 2015 Sep 17];39(7):1117–24. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9620070>

59. Sawaguchi S, Yue BY, Sugar J, Gilboy JE. Lysosomal enzyme abnormalities in keratoconus. *Arch Ophthalmol* (Chicago, Ill 1960) [Internet]. 1989 Oct [cited 2015 Sep 17];107(10):1507–10. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2803101>
60. Krachmer JH, Feder RS, Belin MW. Keratoconus and related noninflammatory corneal thinning disorders. *Surv Ophthalmol* [Internet]. Jan [cited 2015 Jun 28];28(4):293–322. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6230745>
61. Haque S, Simpson T, Jones L. Corneal and epithelial thickness in keratoconus: a comparison of ultrasonic pachymetry, Orbscan II, and optical coherence tomography. *J Refract Surg* [Internet]. 2006 May [cited 2015 Aug 21];22(5):486–93. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16722488>
62. Ambrósio R, Klyce SD, Wilson SE. Corneal topographic and pachymetric screening of keratorefractive patients. *J Refract Surg* [Internet]. Jan [cited 2015 Jun 5];19(1):24–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12553601>
63. Li Y, Shekhar R, Huang D. Corneal pachymetry mapping with high-speed optical coherence tomography. *Ophthalmology* [Internet]. 2006 May [cited 2015 Aug 24];113(5):792–9.e2. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1474520&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
64. Ambrósio R, Belin MW. The BAD may be better for detecting actatic disease and its susceptibility. *Cornea Updat*.
65. Belin MW, Ambrosio R, Khachikian S. Detección de Queratocono/ Ectasia con Superficie de Referencia Modificada (mejorada). *Proyección de Ectasia Mejorada de Belin/Ambrosio. Tomografía corneal basada en la elevación*. 2012. p. 93–104.
66. Del Águila-Carrasco AJ, Domínguez-Vicent A, Pérez-Vives C, Ferrer-Blasco T, Montés-Micó R. Assessment of modifications in thickness, curvatures, and volume upon the cornea caused by disposable soft contact lens wear. *Eur J Ophthalmol* [Internet]. 2015 Mar 16 [cited 2015 Jul 25];25(5):385–90. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25790813>
67. Romero Caballero MD, Soler Ferrández FL, Juan Campos L. Topographic and pachymetric changes caused by prolonged use contact lenses. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2000;75(11):729–34.
68. Auerbach FN, Holzer MP, Auffarth GU, Khoramnia R, Thomas BC, Saure D, et al. [Influence of corneal pachymetric changes on functional results after cataract surgery]. *Ophthalmologie* [Internet]. 2015 Jun 4 [cited 2015 Aug 21]; Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26040794>

69. Del Buey MA, Cristóbal JA, Ascaso FJ, Lavilla L, Lanchares E. Biomechanical properties of the cornea in fuchs' corneal dystrophy. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2009;50(7):3199–202.
70. Verdier DD, Sugar A, Baratz K, Beck R, Dontchev M, Dunn S, et al. Corneal thickness as a predictor of corneal transplant outcome. *Cornea* [Internet]. 2013 Jun [cited 2015 Aug 21];32(6):729–36. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3840498&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
71. Aslan L, Aslankurt M, Yüksel E, Özdemir M, Aksakal E, Gümüşalan Y, et al. Corneal thickness measured by Scheimpflug imaging in children with Down syndrome. *J AAPOS* [Internet]. 2013 Apr [cited 2015 Aug 21];17(2):149–52. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23522947>
72. Nalcacioglu-Yüksekkaya P, Sen E, Onder A, Cetinkaya S, Tos T, Kurtul E, et al. Increased central corneal thickness in patients with Turner syndrome. *Eur J Ophthalmol* [Internet]. Jan [cited 2015 Jul 25];24(3):309–13. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24242223>
73. Claramonte PJ, Ruiz-Moreno JM, Sánchez-Pérez SI, León M, Griñó C, Cerviño VD, et al. Variation of central corneal thickness in diabetic patients as detected by ultrasonic pachymetry. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 2006;81(9):523–6.
74. Pfeiffer N, Torri V, Miglior S, Zeyen T, Adamsons I, Cunha-Vaz J. Central corneal thickness in the European Glaucoma Prevention Study. *Ophthalmology* [Internet]. 2007 Mar [cited 2015 Sep 16];114(3):454–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17126403>
75. Ekinci M, Huseyinoglu N, Cagatay HH, Ceylan E, Keles S, Gokce G. Is there a relationship between sleep apnea and central corneal thickness? *Curr Eye Res* [Internet]. 2013 Nov [cited 2015 Aug 21];38(11):1104–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23721251>
76. Fern S, BI V, Jos F. Estudio comparativo de medidas de espesor corneal mediante paqui- metría ultrasónica , topógrafo corneal y tomografía de coherencia óptica (OCT) de polo anterior. 2014;
77. Liu Z, Pflugfelder SC. Corneal thickness is reduced in dry eye. *Cornea* [Internet]. 1999 Jul [cited 2015 Sep 12];18(4):403–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10422850>
78. Kiely PM, Carney LG, Smith G. Diurnal variations of corneal topography and thickness. *Am J Optom Physiol Opt.* 1982;59(12):976–82.
79. Du Toit R, Vega JA, Fonn D, Simpson T. Diurnal variation of corneal sensitivity and thickness. *Cornea.* 2003;22(3):205–9.

80. Lattimore MR, Kaupp S, Schallhorn S, Lewis R. Orbscan pachymetry: implications of a repeated measures and diurnal variation analysis. *Ophthalmology*. 1999;106(5):977–81.
81. Altinok A, Sen E, Yazici A, Aksakal FN, Oncul H, Koklu G. Factors influencing central corneal thickness in a Turkish population. *Curr Eye Res [Internet]*. 2007 May [cited 2015 Sep 17];32(5):413–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17514526>
82. Li P, Hu Y, Xu Q, Zhang G, Mai C. Central corneal thickness in adult Chinese. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci [Internet]*. 2006 Jan [cited 2015 Sep 17];26(1):141–4. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16711030>
83. Cho P, Lam C. Factors affecting the central corneal thickness of Hong Kong-Chinese. *Curr Eye Res [Internet]*. 1999 May [cited 2015 Sep 17];18(5):368–74. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10372999>
84. Lam AK, Douthwaite WA. The corneal-thickness profile in Hong Kong Chinese. *Cornea [Internet]*. 1998 Jul [cited 2015 Sep 17];17(4):384–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9676910>
85. Lekskul M, Aimpun P, Nawanopparatskul B, Bumrungsawat S, Trakulmungskijkarn T, Charoenvanichvisit J, et al. The correlations between Central Corneal Thickness and age, gender, intraocular pressure and refractive error of aged 12-60 years old in rural Thai community. *J Med Assoc Thai [Internet]*. 2005 Nov [cited 2015 Sep 17];88 Suppl 3:S175–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16858956>
86. Remon L, Cristobal JA, Castillo J, Palomar T, Palomar A, Perez J. Central and peripheral corneal thickness in full-term newborns by ultrasonic pachymetry. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 1992;33(11):3080–3.
87. Portellinha W, Belfort R. Central and peripheral corneal thickness in newborns. *Acta Ophthalmol [Internet]*. 1991 Apr [cited 2015 Sep 12];69(2):247–50. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1872145>
88. Autzen T, Bjørnstrøm L. Central corneal thickness in premature babies. *Acta Ophthalmol [Internet]*. 1991 Apr [cited 2015 Sep 12];69(2):251–2. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1872146>
89. Siu A, Herse P. The effect of age on human corneal thickness. Statistical implications of power analysis. *Acta Ophthalmol [Internet]*. 1993 Feb [cited 2015 Sep 12];71(1):51–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8475713>

90. Hoffmann EM, Lamparter J, Mirshahi A, Elflein H, Hoehn R, Wolfram C, et al. Distribution of central corneal thickness and its association with ocular parameters in a large central European cohort: the Gutenberg health study. PLoS One [Internet]. 2013 Jan [cited 2015 Aug 21];8(8):e66158. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3731336&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
91. Wong TT, Wong TY, Foster PJ, Crowston JG, Fong C-W, Aung T. The relationship of intraocular pressure with age, systolic blood pressure, and central corneal thickness in an asian population. Invest Ophthalmol Vis Sci [Internet]. 2009 Sep [cited 2015 Sep 19];50(9):4097–102. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19458324>
92. Nangia V, Jonas JB, Sinha A, Matin A, Kulkarni M. Central corneal thickness and its association with ocular and general parameters in Indians: the Central India Eye and Medical Study. Ophthalmology [Internet]. 2010 Apr [cited 2015 Sep 19];117(4):705–10. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20045561>
93. Kawase K, Tomidokoro A, Araie M, Iwase A, Yamamoto T. Ocular and systemic factors related to intraocular pressure in Japanese adults: the Tajimi study. Br J Ophthalmol [Internet]. 2008 Sep [cited 2015 Sep 19];92(9):1175–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18669541>
94. Rochtchina E, Mitchell P, Wang JJ. Relationship between age and intraocular pressure: the Blue Mountains Eye Study. Clin Experiment Ophthalmol [Internet]. 2002 Jun [cited 2015 Sep 19];30(3):173–5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12010208>
95. Gul A, Caglar C, Cinal A, Yasar T, Kilic A. Ocular biometry and central corneal thickness in children: a hospital-based study. Arq Bras Oftalmol [Internet]. Jan [cited 2015 Aug 21];77(3):152–4. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25295900>
96. Lifshitz T, Levy J, Rosen S, Belfair N, Levinger S. Central corneal thickness and its relationship to the patient's origin. Eye (Lond) [Internet]. 2006 Apr [cited 2015 Sep 17];20(4):460–5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15877086>
97. Haider KM, Mickler C, Oliver D, Moya FJ, Cruz OA, Davitt B V. Age and racial variation in central corneal thickness of preschool and school-aged children. J Pediatr Ophthalmol Strabismus [Internet]. Jan [cited 2015 Sep 17];45(4):227–33. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18705620>
98. Ashwin PT, Shah S, Pushpoth S, Wehbeh L, Ilango B. The relationship of Central Corneal Thickness (CCT) to Thinnest Central Cornea (TCC) in healthy adults. Cont Lens Anterior Eye [Internet]. 2009 Apr [cited 2015

Sep 17];32(2):64–7. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19181565>

99. Zhang H, Xu L, Chen C, Jonas JB. Central corneal thickness in adult Chinese. Association with ocular and general parameters. The Beijing Eye Study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* [Internet]. 2008 Apr [cited 2015 Sep 17];246(4):587–92. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18196258>
100. Goldich Y, Barkana Y, Pras E, Fish A, Mandel Y, Hirsh A, et al. Variations in corneal biomechanical parameters and central corneal thickness during the menstrual cycle. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. 2011 Aug [cited 2015 May 30];37(8):1507–11. Available from:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886335011007693>
101. Sanchis-Gimeno JA, Sanchez-Zuriaga D, Martinez-Soriano F. White-to-white corneal diameter, pupil diameter, central corneal thickness and thinnest corneal thickness values of emmetropic subjects. *Surg Radiol Anat* [Internet]. 2012 Mar [cited 2015 Sep 12];34(2):167–70. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22021086>
102. Iyamu E, Osuobeni E. Age, gender, corneal diameter, corneal curvature and central corneal thickness in Nigerians with normal intra ocular pressure. *J Optom*. 2012;5(2):87–97.
103. Lu Y, Vitart V, Burdon KP, Khor CC, Bykhovskaya Y, Mirshahi A, et al. Genome-wide association analyses identify multiple loci associated with central corneal thickness and keratoconus. *Nat Genet* [Internet]. 2013 Mar [cited 2015 Jul 29];45(2):155–63. Available from:
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3720123&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
104. Dimasi DP, Burdon KP, Craig JE. The genetics of central corneal thickness. *Br J Ophthalmol* [Internet]. 2010 Aug [cited 2015 Sep 15];94(8):971–6. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19556215>
105. Pedersen U, Bramsen T. Central corneal thickness in osteogenesis imperfecta and otosclerosis. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* [Internet]. 1984 Jan [cited 2015 Sep 15];46(1):38–41. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6700954>
106. Evereklioglu C, Madenci E, Bayazit YA, Yilmaz K, Balat A, Bekir NA. Central corneal thickness is lower in osteogenesis imperfecta and negatively correlates with the presence of blue sclera. *Ophthalmic Physiol Opt* [Internet]. 2002 Nov [cited 2015 Sep 15];22(6):511–5. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12477015>
107. Aghaian E, Choe JE, Lin S, Stamper RL. Central corneal thickness of Caucasians, Chinese, Hispanics, Filipinos, African Americans, and

- Japanese in a glaucoma clinic. *Ophthalmology* [Internet]. 2004 Dec [cited 2015 Sep 15];111(12):2211–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15582076>
108. Brandt JD, Beiser JA, Kass MA, Gordon MO. Central corneal thickness in the Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS). *Ophthalmology* [Internet]. 2001 Oct [cited 2015 Jul 12];108(10):1779–88. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11581049>
 109. Tomidokoro A, Araie M, Iwase A. Corneal thickness and relating factors in a population-based study in Japan: the Tajimi study. *Am J Ophthalmol* [Internet]. 2007 Jul [cited 2015 Sep 19];144(1):152–4. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17601447>
 110. Nemesure B, Wu S-Y, Hennis A, Leske MC. Corneal thickness and intraocular pressure in the Barbados eye studies. *Arch Ophthalmol (Chicago, Ill 1960)* [Internet]. 2003 Feb [cited 2015 Sep 19];121(2):240–4. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12583791>
 111. Eysteinnsson T, Jonasson F, Sasaki H, Arnarsson A, Sverrisson T, Sasaki K, et al. Central corneal thickness, radius of the corneal curvature and intraocular pressure in normal subjects using non-contact techniques: Reykjavik Eye Study. *Acta Ophthalmol Scand* [Internet]. 2002 Feb [cited 2015 Sep 19];80(1):11–5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11906297>
 112. Vijaya L, George R, Arvind H, Ve Ramesh S, Baskaran M, Raju P, et al. Central corneal thickness in adult South Indians: the Chennai Glaucoma Study. *Ophthalmology* [Internet]. 2010 Apr [cited 2015 Sep 19];117(4):700–4. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20079536>
 113. Landers JA, Billing KJ, Mills RA, Henderson TR, Craig JE. Central corneal thickness of indigenous Australians within Central Australia. *Am J Ophthalmol* [Internet]. 2007 Feb [cited 2015 Sep 19];143(2):360–2. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17258537>
 114. Wolfs RC, Klaver CC, Vingerling JR, Grobbee DE, Hofman A, de Jong PT. Distribution of central corneal thickness and its association with intraocular pressure: The Rotterdam Study. *Am J Ophthalmol* [Internet]. 1997 Jun [cited 2015 Sep 19];123(6):767–72. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9535620>
 115. Hashemi H, Yazdani K, Mehravaran S, KhabazKhoob M, Mohammad K, Parsafar H, et al. Corneal thickness in a population-based, cross-sectional study: the Tehran Eye Study. *Cornea* [Internet]. 2009 May [cited 2015 Sep 19];28(4):395–400. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19411957>

116. Mostafa EM. Central corneal thickness in southern Egypt. *Int Ophthalmol* [Internet]. 2014 Aug [cited 2015 Aug 21];34(4):809–15. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24272277>
117. Galgauskas S, Juodkaite G, Tutkuvienė J. Age-related changes in central corneal thickness in normal eyes among the adult Lithuanian population. *Clin Interv Aging* [Internet]. 2014 Jan [cited 2015 Aug 21];9:1145–51. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4106961&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
118. Rosa FA La, Gross RL, Orengo-Nania S. Central Corneal Thickness of Caucasians and African Americans in Glaucomatous and Nonglaucomatous Populations. *Arch Ophthalmol* [Internet]. American Medical Association; 2001 Jan 1 [cited 2015 May 29];119(1):23–7. Available from: <http://archophth.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=264897>
119. Chen M-J, Liu Y-T, Tsai C-C, Chen Y-C, Chou C-K, Lee S-M. Relationship Between Central Corneal Thickness, Refractive Error, Corneal Curvature, Anterior Chamber Depth and Axial Length. *J Chinese Med Assoc* [Internet]. 2009 Mar [cited 2015 Sep 17];72(3):133–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19299220>
120. Pedersen L, Hjortdal J, Ehlers N. Central corneal thickness in high myopia. *Acta Ophthalmol Scand* [Internet]. 2005 Oct [cited 2015 Sep 17];83(5):539–42. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16187989>
121. Oliveira C, Tello C, Liebmann J, Ritch R. Central corneal thickness is not related to anterior scleral thickness or axial length. *J Glaucoma* [Internet]. 2006 Jun [cited 2015 Sep 17];15(3):190–4. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16778639>
122. SHIMMYO M, ORLOFF P. Corneal thickness and axial length. *Am J Ophthalmol* [Internet]. 2005 Mar [cited 2015 Sep 17];139(3):553–4. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15767076>
123. Su DHW, Wong TY, Foster PJ, Tay W-T, Saw S-M, Aung T. Central corneal thickness and its associations with ocular and systemic factors: the Singapore Malay Eye Study. *Am J Ophthalmol* [Internet]. 2009 Apr [cited 2015 Sep 17];147(4):709–16.e1. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19152872>
124. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *J Postgrad Med* [Internet]. Jan [cited 2015 Sep 20];48(3):206–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12432198>

125. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull* [Internet]. 1979 Mar [cited 2015 Jan 5];86(2):420–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18839484>
126. Manly B. *Multivariate Statistical Methods: A Primer*. Hall C&, editor. 1986.
127. Chen Y-C, Kasuga T, Lee H-J, Lee S-H, Lin S-Y. Correlation between central corneal thickness and myopia in Taiwan. *Kaohsiung J Med Sci* [Internet]. 2014 Jan [cited 2015 Aug 21];30(1):20–4. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24388054>
128. Bamashmus MA, Saleh MF, Mousa A, Abdulrahman M, Fawzi M. Central corneal pachymetry in Yemeni patients undergoing refractive surgery. *Saudi Med J* [Internet]. 2014 Jan [cited 2015 Aug 21];35(1):56–62. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24445891>
129. Casson RJ, Abraham LM, Newland HS, Muecke J, Sullivan T, Selva D, et al. Corneal thickness and intraocular pressure in a nonglaucomatous Burmese population: the Meiktila Eye Study. *Arch Ophthalmol* (Chicago, Ill 1960) [Internet]. American Medical Association; 2008 Jul 14 [cited 2015 May 29];126(7):981–5. Available from: <http://archophth.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=420634&resultClick=1>
130. Shankar H, Taranath D, Santhirathelagan CT, Pesudovs K. Anterior segment biometry with the Pentacam: comprehensive assessment of repeatability of automated measurements. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. 2008 Jan [cited 2015 Sep 27];34(1):103–13. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18165089>
131. McAlinden C, Khadka J, Pesudovs K. A Comprehensive Evaluation of the Precision (Repeatability and Reproducibility) of the Oculus Pentacam HR. *Investig Ophthalmology Vis Sci* [Internet]. 2011 Sep 28 [cited 2015 Sep 27];52(10):7731. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21810981>
132. Merdler I, Hassidim A, Sorkin N, Shapira S, Gronovich Y, Korach Z. Keratoconus and allergic diseases among Israeli adolescents between 2005 and 2013. *Cornea* [Internet]. 2015 May [cited 2015 Sep 23];34(5):525–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25782404>
133. Rivero Suárez M del P, Carretero Hernández G. Estudio clínico y alergológico en pacientes con manifestaciones cutáneas minor de dermatitis atópica. *Actas Dermosifiliogr* [Internet]. Elsevier; 2002 Apr 1 [cited 2015 Oct 4];93(4):231–42. Available from: <http://www.actasdermo.org/es/estudio-clinico-alergologico-pacientes-con/articulo/13031278/>

134. Ondas O, Keles S. Central corneal thickness in patients with atopic keratoconjunctivitis. *Med Sci Monit* [Internet]. 2014 Jan [cited 2015 Aug 21];20:1687–90. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4181309&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
135. Rabinowitz YS, McDonnell PJ. Computer-assisted corneal topography in keratoconus. *Refract Corneal Surg* [Internet]. Jan [cited 2015 Oct 7];5(6):400–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2488838>
136. Li Y, Meisler DM, Tang M, Lu ATH, Thakrar V, Reiser BJ, et al. Keratoconus Diagnosis with Optical Coherence Tomography Pachymetry Mapping. *Ophthalmology* [Internet]. 2008 Dec [cited 2015 Oct 7];115(12):2159–66. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2652571&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
137. Orucoglu F, Akman M, Onal S. Analysis of age, refractive error and gender related changes of the cornea and the anterior segment of the eye with Scheimpflug imaging. *Contact Lens Anterior Eye* [Internet]. 2015 Oct [cited 2015 Sep 18];38(5):345–50. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25910463>
138. Fontana ST, Brubaker RF. Volume and depth of the anterior chamber in the normal aging human eye. *Arch Ophthalmol (Chicago, Ill 1960)* [Internet]. 1980 Oct [cited 2015 Sep 18];98(10):1803–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7425907>
139. Rüfer F, Schröder A, Klettner A, Frimpong-Boateng A, Roider JB, Erb C. Anterior chamber depth and iridocorneal angle in healthy White subjects: effects of age, gender and refraction. *Acta Ophthalmol* [Internet]. 2010 Dec [cited 2015 Sep 17];88(8):885–90. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19548881>
140. Rabsilber TM, Khoramnia R, Auffarth GU. Anterior chamber measurements using Pentacam rotating Scheimpflug camera. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. 2006 Mar [cited 2015 Sep 27];32(3):456–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16631057>
141. Hashemi H, Khabazkhoob M, Mohazzab-Torabi S, Emamian MH, Shariati M, Dadbin N, et al. Anterior Chamber Angle and Anterior Chamber Volume in a 40- to 64-Year-Old Population. *Eye Contact Lens Sci Clin Pract* [Internet]. 2015 Sep 14 [cited 2015 Sep 18];1. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26372475>
142. Olurin O. Anterior chamber depths of Nigerians. *Ann Ophthalmol* [Internet]. 1977 Mar [cited 2015 Sep 17];9(3):315–26. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/869414>

143. Fernández-Vigo JI, Fernández-Vigo JÁ, Macarro-Merino A, Fernández-Pérez C, Martínez-de-la-Casa JM, García-Feijoó J. Determinants of anterior chamber depth in a large Caucasian population and agreement between intra-ocular lens Master and Pentacam measurements of this variable. *Acta Ophthalmol* [Internet]. 2015 Aug 25 [cited 2015 Sep 18];n/a – n/a. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26303627>
144. Edmonds CR, Wung S-F, Pemberton B, Surrect S. Comparison of anterior chamber depth of normal and keratoconus eyes using Scheimpflug photography. *Eye Contact Lens* [Internet]. 2009 May [cited 2015 Sep 28];35(3):120–2. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19421017>
145. Ahmadi Hosseini SM, Abolbashari F, Mohidin N. Anterior segment parameters in Indian young adults using the Pentacam. *Int Ophthalmol* [Internet]. 2013 Dec [cited 2015 Sep 27];33(6):621–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23456513>
146. Domínguez-Vicent A, Monsálvez-Romín D, Aguila-Carrasco AJ Del, García-Lázaro S, Montés-Micó R. Measurements of anterior chamber depth, white-to-white distance, anterior chamber angle, and pupil diameter using two Scheimpflug imaging devices. *Arq Bras Oftalmol* [Internet]. 2014 Aug [cited 2015 Sep 27];77(4):233–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25410175>
147. Uçakhan OO, Ozkan M, Kanpolat A. Anterior chamber parameters measured by the Pentacam CES after uneventful phacoemulsification in normotensive eyes. *Acta Ophthalmol* [Internet]. 2009 Aug [cited 2015 Sep 28];87(5):544–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18786130>
148. Labiris G, Gkika M, Katsanos A, Fanariotis M, Alvanos E, Kozobolis V. Anterior chamber volume measurements with Visante optical coherence tomography and Pentacam: repeatability and level of agreement. *Clin Experiment Ophthalmol* [Internet]. 2009 Nov [cited 2015 Sep 27];37(8):772–4. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19878221>
149. Dinc U, Oncel B, Gorgun E, Alimgil L. Quantitative assessment of anterior chamber volume using slit-lamp OCT and Pentacam. *Eur J Ophthalmol* [Internet]. Jan [cited 2015 Sep 27];19(3):411–5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19396787>
150. Lackner B, Schmidinger G, Skorpik C. Validity and repeatability of anterior chamber depth measurements with Pentacam and Orbscan. *Optom Vis Sci* [Internet]. 2005 Sep [cited 2015 Sep 28];82(9):858–61. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16189497>
151. Anayol MA, Güler E, Yağci R, Şekeroğlu MA, Yılmazoğlu M, Trhş H, et al. Comparison of central corneal thickness, thinnest corneal thickness,

- anterior chamber depth, and simulated keratometry using galilei, Pentacam, and Sirius devices. *Cornea* [Internet]. 2014 Jun [cited 2015 Aug 21];33(6):582–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24763122>
152. Feng MT, Belin MW, Ambrósio R, Grewal SPS, Yan W, Shaheen MS, et al. Anterior chamber depth in normal subjects by rotating scheimpflug imaging. *Saudi J Ophthalmol Off J Saudi Ophthalmol Soc* [Internet]. Elsevier; 2011 Jul 7 [cited 2015 Sep 16];25(3):255–9. Available from: <http://www.saudiophthaljournal.com/article/S131945341100052X/fulltext>
 153. Xu L, Cao WF, Wang YX, Chen CX, Jonas JB. Anterior chamber depth and chamber angle and their associations with ocular and general parameters: the Beijing Eye Study. *Am J Ophthalmol* [Internet]. 2008 May [cited 2015 Sep 6];145(5):929–36. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18336789>
 154. Kurita N, Mayama C, Tomidokoro A, Aihara M, Araie M. Potential of the pentacam in screening for primary angle closure and primary angle closure suspect. *J Glaucoma* [Internet]. 2009 Sep [cited 2015 Sep 27];18(7):506–12. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19745665>
 155. Pakravan M, Sharifipour F, Yazdani S, Koohestani N, Yaseri M. Scheimpflug imaging criteria for identifying eyes at high risk of acute angle closure. *J Ophthalmic Vis Res* [Internet]. 2012 Apr [cited 2015 Sep 27];7(2):111–7. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3520477&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
 156. Domínguez-Vicent A, Monsálvez-Romín D, Del Águila-Carrasco AJ, Ferrer-Blasco T, Montés-Micó R. Changes in the anterior chamber during accommodation assessed with a Scheimpflug system. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. 2014 Nov [cited 2015 Sep 27];40(11):1790–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25217074>
 157. Pekel G, Acer S, Yagci R, Kaya H, Pekel E. Impact of Valsalva maneuver on corneal morphology and anterior chamber parameters. *Cornea* [Internet]. 2014 Mar [cited 2015 Sep 27];33(3):271–3. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24452216>
 158. Duke-Elder S. *Refracción teoría y práctica*. Jims SA, editor. Barcelona; 1985.
 159. Picó A. *El astigmatismo en la cirugía de la catarata con incisión pequeña*. Universidad Autónoma de Barcelona; 2007.
 160. Cristobal J, del Buey MA. Astigmatismo. In: Elsevier, editor. *Optica para el cirujano facorefractivo*. 2015th ed. Barcelona: Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto-Refractiva; 2015. p. 68–83.

161. Sánchez A, Brito C, Ruiz-Moreno O. Características topográficas del astigmatismo. In: SECOIR, editor. Corrección del astigmatismo. 2006. p. 55–78.
162. Williams KM, Verhoeven VJM, Cumberland P, Bertelsen G, Wolfram C, Buitendijk GHS, et al. Prevalence of refractive error in Europe: the European Eye Epidemiology (E(3)) Consortium. *Eur J Epidemiol* [Internet]. 2015 Apr [cited 2015 Jul 24];30(4):305–15. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4385146&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
163. Wolfram C, Höhn R, Kottler U, Wild P, Blettner M, Bühren J, et al. Prevalence of refractive errors in the European adult population: the Gutenberg Health Study (GHS). *Br J Ophthalmol* [Internet]. 2014 Jul [cited 2015 Oct 9];98(7):857–61. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24515986>
164. Pan C-W, Klein BEK, Cotch MF, Shrager S, Klein R, Folsom A, et al. Racial variations in the prevalence of refractive errors in the United States: the multi-ethnic study of atherosclerosis. *Am J Ophthalmol* [Internet]. 2013 Jun [cited 2015 Sep 28];155(6):1129–38.e1. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3759975&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
165. Ying G, Maguire MG, Cyert LA, Ciner E, Quinn GE, Kulp MT, et al. Prevalence of vision disorders by racial and ethnic group among children participating in head start. *Ophthalmology* [Internet]. 2014 Mar [cited 2015 Sep 28];121(3):630–6. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4128179&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
166. Jonas JB, Nangia V, Sinha A, Gupta R. Corneal Refractive Power and Its Associations with Ocular and General Parameters: The Central India Eye and Medical Study. *Ophthalmology* [Internet]. 2011 Sep [cited 2015 Oct 9];118(9):1805–11. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21665279>
167. Cristobal J, Mateo A, Faus F. Bases del astigmatismo. In: SECOIR, editor. Corrección del astigmatismo. 2006. p. 33–40.
168. Lopes MC, Hysi PG, Verhoeven VJM, Macgregor S, Hewitt AW, Montgomery GW, et al. Identification of a candidate gene for astigmatism. *Invest Ophthalmol Vis Sci* [Internet]. 2013 Feb [cited 2015 Oct 9];54(2):1260–7. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3576051&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
169. Hoffmann PC, Hütz WW. Analysis of biometry and prevalence data for corneal astigmatism in 23 239 eyes. *J Cataract Refract Surg* [Internet].

2010 Sep [cited 2015 Oct 9];36(9):1479–85. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20692558>

170. KhabazKhoob M, Hashemi H, Yazdani K, Mehravaran S, Yekta A, Fotouhi A. Keratometry measurements, corneal astigmatism and irregularity in a normal population: the Tehran Eye Study. *Ophthalmic Physiol Opt* [Internet]. 2010 Nov 18 [cited 2015 Oct 9];30(6):800–5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21205266>
171. De Bernardo M, Zeppa L, Cennamo M, Iaccarino S, Zeppa L, Rosa N. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery in Caucasian patients. *Eur J Ophthalmol* [Internet]. Jan [cited 2015 Oct 9];24(4):494–500. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24366768>

1. Apéndice. Programas y salidas de R.

Lectura de datos.

```
library(xlsx)setEPS(horizontal=F,paper="special",onefile=F)
setwd("~/Google Drive/Investigadores/HUMBERTO")
load(file="CORNEAS.RData")
(n=nrow(df))

## [1] 3950

(ns=nrow(ds))

## [1] 7028

ds$Humberto=ifelse(ds$g=="Humberto",1,2)
ds$female=ifelse(ds$Sexo=="Mujer",1,0)
```

Subconjuntos.

```
ke=1 #1 = Ojo derecho ; 2 = Ojo izquierdo
eye=c("Ojo derecho","Ojo izquierdo")
eye[ke]

## [1] "Ojo derecho"

dojo=subset(ds,ojo==2-ke)
#(n=nrow(doj))
attach(doj)
table(Sexo)

## Sexo
## Hombre  Mujer
## 1483 1984

female=ifelse(Sexo=="Mujer",1,0)
grupo=female
X=cbind(Edad,K1D,K2D,AxisK1,AstigD,ACDepth,ACVolume,Ch.Angle,
        PachyMin,PachyMinX,PachyMinY,PachyApex,PachyPupil)
labx=colnames(X)
```

Exploración de variables numéricas.

```
(p=ncol(X))
postscript("box_od.eps",height=9)
par(mfrow=c(3,2))
for(j in 1:6)
{
  boxplot(X[,j] ~ grupo,boxwex=.3,xlab="Sexo",ylab=labx[j],xaxt="n",cex.lab
=1.4)
  axis(1,1:2,c("Hombre","Mujer"))
}
dev.off()
```

Medias (SD).

```

library(multcomp)im=c(4,5,6)
grupo=g
#grupo=Humberto
#grupo=female
#grupo=factor(cLin)
#X2=fa

(ng=as.numeric(table(grupo)))

## [1] 2585 72 119 171 152 156 238

(lg=names(table(grupo)))

## [1] "Las Palmas" "Vigo" "Sevilla" "Madrid 1" "Almería"
## [6] "Madrid2" "Jerez"

X2=X[, -im]
#Labx=colnames(X2)
lv2=labx[-im]

(p2=ncol(X2))

## [1] 10

x2=list()
for(j in 1:p2)
{
  x2[[j]]=list()
  x2[[j]][[1]]=lv2[j]
  z=cbind(mean(X2[,j],na.rm=TRUE),sd(X2[,j],na.rm=TRUE))
  colnames(z)=c("Media","SD")
  x2[[j]][[ "Total" ]]=z
  mv=NULL
  for(r in 1:length(ng))
    mv=c(mv,length(which(is.na(X2[grupo==r,j]))))
  N=ng-mv
  Media=by(X2[,j],grupo,mean,na.rm=TRUE)
  SD=by(X2[,j],grupo,sd,na.rm=TRUE)
  z=cbind(N,Media,SD)
  x2[[j]][[ "Grupos" ]]=z
  m1 <- lm(X2[,j] ~ grupo)
  d=summary(m1)$fstatistic
  x2[[j]][[ "p-valor" ]]=round(1-pf(d[1],d[2],d[3]),3)
  #x2[[j]][[ "p-valor" ]]=t.test(X2[,j] ~ grupo)
  #gg=factor(grupo)
  #x2[[j]][[ "Dunnet" ]]=summary(glht(m1, linct=mcp(grupo="Dunnett")))
  x2[[j]][[ "Tukey" ]]=summary(glht(m1, linct=mcp(grupo="Tukey")))
}x2

## [[1]]
## [[1]][[1]]
## [1] "Edad"
##
## [[1]]$Total
## Media SD
## [1,] 43.70704 15.79624
##
## [[1]]$Grupos
## N Media SD

```

```

## Las Palmas 2585 43.80584 15.25409
## Vigo      72 39.67404 16.17846
## Sevilla   119 38.92299 12.69048
## Madrid 1  171 44.67471 16.59826
## Almería   152 36.30181 12.76903
## Madrid2   156 56.57414 18.27520
## Jerez     238 41.90036 17.24524
##
## [[1]]$`p-valor`
## value
##      0
##
## [[1]]$Tukey
##
## Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses
##
## Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts
##
##
## Fit: lm(formula = X2[, j] ~ grupo)
##
## Linear Hypotheses:
##
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## Vigo - Las Palmas == 0    -4.1318     1.8464  -2.238  0.25331
## Sevilla - Las Palmas == 0  -4.8828     1.4488  -3.370  0.01203 *
## Madrid 1 - Las Palmas == 0   0.8689     1.2202   0.712  0.99031
## Almería - Las Palmas == 0  -7.5040     1.2897  -5.818 < 0.001 ***
## Madrid2 - Las Palmas == 0  12.7683     1.2779   9.992 < 0.001 ***
## Jerez - Las Palmas == 0    -1.9055     1.0468  -1.820  0.50450
## Sevilla - Vigo == 0        -0.7511     2.3073  -0.326  0.99988
## Madrid 1 - Vigo == 0        5.0007     2.1710   2.303  0.22209
## Almería - Vigo == 0       -3.3722     2.2108  -1.525  0.70332
## Madrid2 - Vigo == 0       16.9001     2.2039   7.668 < 0.001 ***
## Jerez - Vigo == 0         2.2263     2.0785   1.071  0.92671
## Madrid 1 - Sevilla == 0     5.7517     1.8448   3.118  0.02697 *
## Almería - Sevilla == 0    -2.6212     1.8915  -1.386  0.78806
## Madrid2 - Sevilla == 0    17.6511     1.8835   9.372 < 0.001 ***
## Jerez - Sevilla == 0       2.9774     1.7350   1.716  0.57551
## Almería - Madrid 1 == 0   -8.3729     1.7227  -4.860 < 0.001 ***
## Madrid2 - Madrid 1 == 0   11.8994     1.7138   6.943 < 0.001 ***
## Jerez - Madrid 1 == 0     -2.7744     1.5492  -1.791  0.52460
## Madrid2 - Almería == 0    20.2723     1.7640  11.492 < 0.001 ***
## Jerez - Almería == 0      5.5985     1.6045   3.489  0.00782 **
## Jerez - Madrid2 == 0    -14.6738     1.5950  -9.200 < 0.001 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
## (Adjusted p values reported -- single-step method)
##
##
##
## [[2]]
## [[2]][[1]]
## [1] "K1D"
##
## [[2]]$Total
##           Media      SD
## [1,] 42.61019 1.741329
##
## [[2]]$Grupos

```

```

##           N      Media      SD
## Las Palmas 2585 42.55006 1.734806
## Vigo       72 42.73056 1.903047
## Sevilla   119 42.83025 1.470475
## Madrid 1  171 43.00175 1.688141
## Almería   152 42.59868 2.035837
## Madrid2   156 42.85513 1.830329
## Jerez     238 42.68235 1.613506
##
## [[2]]$`p-valor`
## value
## 0.008
##
## [[2]]$Tukey
##
## Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses
##
## Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts
##
##
## Fit: lm(formula = X2[, j] ~ grupo)
##
## Linear Hypotheses:
##
##           Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## Vigo - Las Palmas == 0    0.18050    0.20771    0.869  0.9730
## Sevilla - Las Palmas == 0  0.28019    0.16299    1.719  0.5735
## Madrid 1 - Las Palmas == 0 0.45170    0.13727    3.291  0.0157 *
## Almería - Las Palmas == 0  0.04863    0.14509    0.335  0.9999
## Madrid2 - Las Palmas == 0  0.30507    0.14333    2.128  0.3105
## Jerez - Las Palmas == 0   0.13229    0.11776    1.123  0.9094
## Sevilla - Vigo == 0      0.09970    0.25956    0.384  0.9997
## Madrid 1 - Vigo == 0     0.27120    0.24423    1.110  0.9139
## Almería - Vigo == 0     -0.13187    0.24871   -0.530  0.9981
## Madrid2 - Vigo == 0      0.12457    0.24769    0.503  0.9986
## Jerez - Vigo == 0       -0.04820    0.23383   -0.206  1.0000
## Madrid 1 - Sevilla == 0  0.17150    0.20754    0.826  0.9790
## Almería - Sevilla == 0  -0.23157    0.21279   -1.088  0.9213
## Madrid2 - Sevilla == 0   0.02488    0.21159    0.118  1.0000
## Jerez - Sevilla == 0    -0.14790    0.19518   -0.758  0.9866
## Almería - Madrid 1 == 0 -0.40307    0.19380   -2.080  0.3388
## Madrid2 - Madrid 1 == 0 -0.14663    0.19248   -0.762  0.9862
## Jerez - Madrid 1 == 0   -0.31940    0.17428   -1.833  0.4959
## Madrid2 - Almería == 0  0.25644    0.19813    1.294  0.8366
## Jerez - Almería == 0    0.08367    0.18050    0.464  0.9991
## Jerez - Madrid2 == 0   -0.17278    0.17909   -0.965  0.9549
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
## (Adjusted p values reported -- single-step method)
##
##
## [[3]]
## [[3]][[1]]
## [1] "K2D"
##
## [[3]]$Total
##           Media      SD
## [1,] 43.72565 1.829805
##
## [[3]]$Grupos

```

```

##           N      Media      SD
## Las Palmas 2585 43.65834 1.850247
## Vigo       72 43.81944 1.778878
## Sevilla   119 44.00252 1.522457
## Madrid 1  171 43.99591 1.740972
## Almería   152 43.85789 2.025550
## Madrid2   156 43.83974 1.832561
## Jerez     238 43.93655 1.647158
##
## [[3]]$`p-valor`
## value
## 0.023
##
## [[3]]$Tukey
##
## Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses
##
## Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts
##
##
## Fit: lm(formula = X2[, j] ~ grupo)
##
## Linear Hypotheses:
##
##           Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## Vigo - Las Palmas == 0 0.161108 0.218354 0.738 0.988
## Sevilla - Las Palmas == 0 0.344184 0.171341 2.009 0.381
## Madrid 1 - Las Palmas == 0 0.337570 0.144302 2.339 0.206
## Almería - Las Palmas == 0 0.199558 0.152527 1.308 0.829
## Madrid2 - Las Palmas == 0 0.181407 0.150669 1.204 0.878
## Jerez - Las Palmas == 0 0.278218 0.123794 2.247 0.248
## Sevilla - Vigo == 0 0.183077 0.272859 0.671 0.993
## Madrid 1 - Vigo == 0 0.176462 0.256744 0.687 0.992
## Almería - Vigo == 0 0.038450 0.261456 0.147 1.000
## Madrid2 - Vigo == 0 0.020299 0.260376 0.078 1.000
## Jerez - Vigo == 0 0.117110 0.245803 0.476 0.999
## Madrid 1 - Sevilla == 0 -0.006615 0.218167 -0.030 1.000
## Almería - Sevilla == 0 -0.144626 0.223692 -0.647 0.994
## Madrid2 - Sevilla == 0 -0.162777 0.222430 -0.732 0.989
## Jerez - Sevilla == 0 -0.065966 0.205180 -0.322 1.000
## Almería - Madrid 1 == 0 -0.138012 0.203724 -0.677 0.993
## Madrid2 - Madrid 1 == 0 -0.156163 0.202337 -0.772 0.985
## Jerez - Madrid 1 == 0 -0.059352 0.183205 -0.324 1.000
## Madrid2 - Almería == 0 -0.018151 0.208283 -0.087 1.000
## Jerez - Almería == 0 0.078660 0.189751 0.415 1.000
## Jerez - Madrid2 == 0 0.096811 0.188260 0.514 0.998
## (Adjusted p values reported -- single-step method)
##
##
##
## [[4]]
## [[4]][[1]]
## [1] "ACVolume"
##
## [[4]]$Total
##           Media      SD
## [1,] 172.3204 45.10903
##
## [[4]]$Grupos
##           N      Media      SD

```

```

## Las Palmas 2585 169.9400 44.24508
## Vigo      72 189.9444 44.88071
## Sevilla   119 184.5126 51.47533
## Madrid 1  171 172.8246 43.20299
## Almería   152 187.4605 40.12759
## Madrid2   156 160.9615 49.49563
## Jerez     238 184.1597 46.30562
##
## [[4]]$`p-valor`
## value
##      0
##
## [[4]]$Tukey
##
## Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses
##
## Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts
##
##
## Fit: lm(formula = X2[, j] ~ grupo)
##
## Linear Hypotheses:
##
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## Vigo - Las Palmas == 0    20.0044    5.3397   3.746 0.00295 **
## Sevilla - Las Palmas == 0   14.5726    4.1901   3.478 0.00846 **
## Madrid 1 - Las Palmas == 0    2.8845    3.5288   0.817 0.98014
## Almería - Las Palmas == 0   17.5205    3.7300   4.697 < 0.001 ***
## Madrid2 - Las Palmas == 0   -8.9785    3.6845  -2.437 0.16679
## Jerez - Las Palmas == 0    14.2196    3.0273   4.697 < 0.001 ***
## Sevilla - Vigo == 0        -5.4318    6.6726  -0.814 0.98054
## Madrid 1 - Vigo == 0     -17.1199    6.2785  -2.727 0.08346 .
## Almería - Vigo == 0       -2.4839    6.3938  -0.388 0.99967
## Madrid2 - Vigo == 0     -28.9829    6.3674  -4.552 < 0.001 ***
## Jerez - Vigo == 0        -5.7848    6.0110  -0.962 0.95546
## Madrid 1 - Sevilla == 0   -11.6880    5.3352  -2.191 0.27695
## Almería - Sevilla == 0     2.9479    5.4703   0.539 0.99788
## Madrid2 - Sevilla == 0   -23.5511    5.4394  -4.330 < 0.001 ***
## Jerez - Sevilla == 0     -0.3529    5.0176  -0.070 1.00000
## Almería - Madrid 1 == 0   14.6360    4.9820   2.938 0.04617 *
## Madrid2 - Madrid 1 == 0  -11.8630    4.9480  -2.398 0.18200
## Jerez - Madrid 1 == 0    11.3351    4.4802   2.530 0.13513
## Madrid2 - Almería == 0   -26.4990    5.0934  -5.203 < 0.001 ***
## Jerez - Almería == 0     -3.3009    4.6403  -0.711 0.99036
## Jerez - Madrid2 == 0     23.1981    4.6038   5.039 < 0.001 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
## (Adjusted p values reported -- single-step method)
##
##
## [[5]]
## [[5]][[1]]
## [1] "Ch.Angle"
##
## [[5]]$Total
##      Media      SD
## [1,] 36.62734 7.260189
##
## [[5]]$Grupos
##      N      Media      SD

```

```

## Las Palmas 2585 36.78729 7.061501
## Vigo      72 37.70139 7.618667
## Sevilla   119 36.35882 8.237733
## Madrid 1  171 35.14152 8.006246
## Almería   152 36.38224 6.875285
## Madrid2   156 34.45192 7.478049
## Jerez     238 37.35210 7.945971
##
## [[5]]$`p-valor`
## value
##      0
##
## [[5]]$Tukey
##
## Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses
##
## Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts
##
##
## Fit: lm(formula = X2[, j] ~ grupo)
##
## Linear Hypotheses:
##
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## Vigo - Las Palmas == 0    0.91410    0.86489   1.057  0.93108
## Sevilla - Las Palmas == 0 -0.42847    0.67868  -0.631  0.99493
## Madrid 1 - Las Palmas == 0 -1.64577    0.57159  -2.879  0.05516 .
## Almería - Las Palmas == 0 -0.40505    0.60417  -0.670  0.99298
## Madrid2 - Las Palmas == 0 -2.33537    0.59681  -3.913  0.00162 **
## Jerez - Las Palmas == 0    0.56481    0.49036   1.152  0.89906
## Sevilla - Vigo == 0      -1.34257    1.08076  -1.242  0.86143
## Madrid 1 - Vigo == 0     -2.55987    1.01693  -2.517  0.13907
## Almería - Vigo == 0      -1.31915    1.03559  -1.274  0.84660
## Madrid2 - Vigo == 0      -3.24947    1.03132  -3.151  0.02454 *
## Jerez - Vigo == 0        -0.34929    0.97360  -0.359  0.99979
## Madrid 1 - Sevilla == 0  -1.21730    0.86413  -1.409  0.77494
## Almería - Sevilla == 0    0.02341    0.88602   0.026  1.00000
## Madrid2 - Sevilla == 0   -1.90690    0.88102  -2.164  0.29075
## Jerez - Sevilla == 0     0.99328    0.81269   1.222  0.87025
## Almería - Madrid 1 == 0  1.24072    0.80693   1.538  0.69567
## Madrid2 - Madrid 1 == 0  -0.68960    0.80143  -0.860  0.97425
## Jerez - Madrid 1 == 0    2.21058    0.72565   3.046  0.03402 *
## Madrid2 - Almería == 0   -1.93031    0.82498  -2.340  0.20608
## Jerez - Almería == 0     0.96986    0.75158   1.290  0.83850
## Jerez - Madrid2 == 0     2.90018    0.74568   3.889  0.00186 **
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
## (Adjusted p values reported -- single-step method)
##
##
## [[6]]
## [[6]][[1]]
## [1] "PachyMin"
##
## [[6]]$Total
##      Media      SD
## [1,] 543.306 34.21879
##
## [[6]]$Grupos
##      N      Media      SD

```

```

## Las Palmas 2585 543.4418 33.14878
## Vigo      72 539.6111 33.99277
## Sevilla   119 568.2941 35.91217
## Madrid 1  171 535.0234 33.93488
## Almería   152 531.3158 35.45194
## Madrid2   156 548.7436 37.54410
## Jerez     238 540.5000 35.32869
##
## [[6]]$`p-valor`
## value
##      0
##
## [[6]]$Tukey
##
## Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses
##
## Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts
##
##
## Fit: lm(formula = X2[, j] ~ grupo)
##
## Linear Hypotheses:
##
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## Vigo - Las Palmas == 0    -3.8307     4.0339  -0.950  0.95819
## Sevilla - Las Palmas == 0   24.8523     3.1653   7.851 < 0.001 ***
## Madrid 1 - Las Palmas == 0  -8.4184     2.6658  -3.158  0.02417 *
## Almería - Las Palmas == 0 -12.1260     2.8178  -4.303 < 0.001 ***
## Madrid2 - Las Palmas == 0   5.3018     2.7834   1.905  0.44780
## Jerez - Las Palmas == 0    -2.9418     2.2870  -1.286  0.84064
## Sevilla - Vigo == 0       28.6830     5.0408   5.690 < 0.001 ***
## Madrid 1 - Vigo == 0     -4.5877     4.7431  -0.967  0.95437
## Almería - Vigo == 0     -8.2953     4.8301  -1.717  0.57468
## Madrid2 - Vigo == 0      9.1325     4.8102   1.899  0.45170
## Jerez - Vigo == 0        0.8889     4.5410   0.196  0.99999
## Madrid 1 - Sevilla == 0  -33.2707     4.0304  -8.255 < 0.001 ***
## Almería - Sevilla == 0  -36.9783     4.1325  -8.948 < 0.001 ***
## Madrid2 - Sevilla == 0  -19.5505     4.1091  -4.758 < 0.001 ***
## Jerez - Sevilla == 0   -27.7941     3.7905  -7.333 < 0.001 ***
## Almería - Madrid 1 == 0  -3.7076     3.7636  -0.985  0.95022
## Madrid2 - Madrid 1 == 0  13.7202     3.7380   3.671  0.00418 **
## Jerez - Madrid 1 == 0    5.4766     3.3845   1.618  0.64240
## Madrid2 - Almería == 0  17.4278     3.8478   4.529 < 0.001 ***
## Jerez - Almería == 0    9.1842     3.5054   2.620  0.10903
## Jerez - Madrid2 == 0   -8.2436     3.4779  -2.370  0.19291
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
## (Adjusted p values reported -- single-step method)
##
##
## [[7]]
## [[7]][[1]]
## [1] "PachyMinX"
##
## [[7]]$Total
##           Media      SD
## [1,] -0.5562439 0.27478
##
## [[7]]$Grupos
##           N      Media      SD

```

```

## Las Palmas 2585 -0.5654816 0.2563621
## Vigo 72 -0.6572222 0.3717989
## Sevilla 119 -0.6046218 0.2938142
## Madrid 1 171 -0.4071930 0.3567867
## Almería 152 -0.4758553 0.2770551
## Madrid2 156 -0.5383974 0.2753731
## Jerez 238 -0.5713025 0.3096990
##
## [[7]]$`p-valor`
## value
## 0
##
## [[7]]$Tukey
##
## Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses
##
## Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts
##
##
## Fit: lm(formula = X2[, j] ~ grupo)
##
## Linear Hypotheses:
##
## Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## Vigo - Las Palmas == 0 -0.091741 0.032476 -2.825 0.06410 .
## Sevilla - Las Palmas == 0 -0.039140 0.025484 -1.536 0.69672
## Madrid 1 - Las Palmas == 0 0.158289 0.021462 7.375 < 0.001 ***
## Almería - Las Palmas == 0 0.089626 0.022685 3.951 0.00147 **
## Madrid2 - Las Palmas == 0 0.027084 0.022409 1.209 0.87617
## Jerez - Las Palmas == 0 -0.005821 0.018412 -0.316 0.99990
## Sevilla - Vigo == 0 0.052600 0.040582 1.296 0.83567
## Madrid 1 - Vigo == 0 0.250029 0.038186 6.548 < 0.001 ***
## Almería - Vigo == 0 0.181367 0.038886 4.664 < 0.001 ***
## Madrid2 - Vigo == 0 0.118825 0.038726 3.068 0.03181 *
## Jerez - Vigo == 0 0.085920 0.036558 2.350 0.20166
## Madrid 1 - Sevilla == 0 0.197429 0.032448 6.084 < 0.001 ***
## Almería - Sevilla == 0 0.128767 0.033270 3.870 0.00188 **
## Madrid2 - Sevilla == 0 0.066224 0.033082 2.002 0.38551
## Jerez - Sevilla == 0 0.033319 0.030516 1.092 0.92014
## Almería - Madrid 1 == 0 -0.068662 0.030300 -2.266 0.23936
## Madrid2 - Madrid 1 == 0 -0.131204 0.030094 -4.360 < 0.001 ***
## Jerez - Madrid 1 == 0 -0.164110 0.027248 -6.023 < 0.001 ***
## Madrid2 - Almería == 0 -0.062542 0.030978 -2.019 0.37497
## Jerez - Almería == 0 -0.095447 0.028222 -3.382 0.01158 *
## Jerez - Madrid2 == 0 -0.032905 0.028000 -1.175 0.88996
## ---
## Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
## (Adjusted p values reported -- single-step method)
##
##
## [[8]]
## [[8]][[1]]
## [1] "PachyMinY"
##
## [[8]]$Total
## Media SD
## [1,] -0.3673232 0.2766931
##
## [[8]]$Grupos
## N Media SD

```

```

## Las Palmas 2585 -0.3709323 0.2508298
## Vigo 72 -0.2037500 0.3183692
## Sevilla 119 -0.2336134 0.3441342
## Madrid 1 171 -0.4671930 0.3696218
## Almería 152 -0.3880921 0.2588915
## Madrid2 156 -0.4835897 0.3030234
## Jerez 238 -0.2832353 0.3335666
##
## [[8]]$`p-valor`
## value
## 0
##
## [[8]]$Tukey
##
## Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses
##
## Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts
##
##
## Fit: lm(formula = X2[, j] ~ grupo)
##
## Linear Hypotheses:
##
## Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## Vigo - Las Palmas == 0 0.16718 0.03249 5.146 < 0.001 ***
## Sevilla - Las Palmas == 0 0.13732 0.02549 5.387 < 0.001 ***
## Madrid 1 - Las Palmas == 0 -0.09626 0.02147 -4.484 < 0.001 ***
## Almería - Las Palmas == 0 -0.01716 0.02269 -0.756 0.98671
## Madrid2 - Las Palmas == 0 -0.11266 0.02242 -5.026 < 0.001 ***
## Jerez - Las Palmas == 0 0.08770 0.01842 4.762 < 0.001 ***
## Sevilla - Vigo == 0 -0.02986 0.04059 -0.736 0.98849
## Madrid 1 - Vigo == 0 -0.26344 0.03820 -6.897 < 0.001 ***
## Almería - Vigo == 0 -0.18434 0.03890 -4.739 < 0.001 ***
## Madrid2 - Vigo == 0 -0.27984 0.03874 -7.224 < 0.001 ***
## Jerez - Vigo == 0 -0.07949 0.03657 -2.174 0.28604
## Madrid 1 - Sevilla == 0 -0.23358 0.03246 -7.196 < 0.001 ***
## Almería - Sevilla == 0 -0.15448 0.03328 -4.642 < 0.001 ***
## Madrid2 - Sevilla == 0 -0.24998 0.03309 -7.554 < 0.001 ***
## Jerez - Sevilla == 0 -0.04962 0.03053 -1.626 0.63750
## Almería - Madrid 1 == 0 0.07910 0.03031 2.610 0.11125
## Madrid2 - Madrid 1 == 0 -0.01640 0.03010 -0.545 0.99775
## Jerez - Madrid 1 == 0 0.18396 0.02726 6.749 < 0.001 ***
## Madrid2 - Almería == 0 -0.09550 0.03099 -3.082 0.03068 *
## Jerez - Almería == 0 0.10486 0.02823 3.714 0.00346 **
## Jerez - Madrid2 == 0 0.20035 0.02801 7.153 < 0.001 ***
## ---
## Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
## (Adjusted p values reported -- single-step method)
##
##
## [[9]]
## [[9]][[1]]
## [1] "PachyApex"
##
## [[9]]$Total
## Media SD
## [1,] 547.9101 34.63708
##
## [[9]]$Grupos
## N Media SD

```

```

## Las Palmas 2585 548.0789 33.48537
## Vigo      72 544.2778 34.77259
## Sevilla   119 572.7143 36.41106
## Madrid 1  171 539.9006 35.23729
## Almería   152 535.2303 35.97506
## Madrid2   156 554.2628 38.04905
## Jerez     238 544.4622 35.58547
##
## [[9]]$`p-valor`
## value
##      0
##
## [[9]]$Tukey
##
## Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses
##
## Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts
##
##
## Fit: lm(formula = X2[, j] ~ grupo)
##
## Linear Hypotheses:
##
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## Vigo - Las Palmas == 0    -3.8011    4.0829  -0.931  0.96201
## Sevilla - Las Palmas == 0   24.6354    3.2038   7.689 < 0.001 ***
## Madrid 1 - Las Palmas == 0  -8.1783    2.6982  -3.031  0.03563 *
## Almería - Las Palmas == 0  -12.8487    2.8520  -4.505 < 0.001 ***
## Madrid2 - Las Palmas == 0    6.1839    2.8173   2.195  0.27486
## Jerez - Las Palmas == 0    -3.6167    2.3148  -1.562  0.67925
## Sevilla - Vigo == 0       28.4365    5.1021   5.574 < 0.001 ***
## Madrid 1 - Vigo == 0     -4.3772    4.8007  -0.912  0.96571
## Almería - Vigo == 0     -9.0475    4.8888  -1.851  0.48363
## Madrid2 - Vigo == 0      9.9850    4.8686   2.051  0.35565
## Jerez - Vigo == 0        0.1844    4.5962   0.040  1.00000
## Madrid 1 - Sevilla == 0  -32.8137    4.0794  -8.044 < 0.001 ***
## Almería - Sevilla == 0  -37.4840    4.1827  -8.962 < 0.001 ***
## Madrid2 - Sevilla == 0  -18.4515    4.1591  -4.436 < 0.001 ***
## Jerez - Sevilla == 0    -28.2521    3.8366  -7.364 < 0.001 ***
## Almería - Madrid 1 == 0  -4.6703    3.8094  -1.226  0.86863
## Madrid2 - Madrid 1 == 0   14.3622    3.7834   3.796  0.00258 **
## Jerez - Madrid 1 == 0     4.5616    3.4257   1.332  0.81749
## Madrid2 - Almería == 0   19.0326    3.8946   4.887 < 0.001 ***
## Jerez - Almería == 0     9.2319    3.5481   2.602  0.11355
## Jerez - Madrid2 == 0    -9.8006    3.5202  -2.784  0.07143 .
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
## (Adjusted p values reported -- single-step method)
##
##
## [[10]]
## [[10]][[1]]
## [1] "PachyPupil"
##
## [[10]]$Total
##      Media      SD
## [1,] 546.8244 34.4665
##
## [[10]]$Grupos
##      N      Media      SD

```

```

## Las Palmas 2585 546.9655 33.30923
## Vigo      72 542.8333 34.25669
## Sevilla   119 571.5630 36.41978
## Madrid 1  171 539.0819 34.99520
## Almería   152 534.2303 35.90596
## Madrid2   156 553.0897 38.12549
## Jerez     238 543.6303 35.35387
##
## [[10]]$`p-valor`
## value
##      0
##
## [[10]]$Tukey
##
## Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses
##
## Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts
##
##
## Fit: lm(formula = X2[, j] ~ grupo)
##
## Linear Hypotheses:
##
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## Vigo - Las Palmas == 0    -4.1322     4.0631  -1.017  0.94223
## Sevilla - Las Palmas == 0   24.5975     3.1883   7.715 < 0.001 ***
## Madrid 1 - Las Palmas == 0  -7.8837     2.6852  -2.936  0.04714 *
## Almería - Las Palmas == 0 -12.7353     2.8383  -4.487 < 0.001 ***
## Madrid2 - Las Palmas == 0    6.1242     2.8037   2.184  0.28060
## Jerez - Las Palmas == 0    -3.3353     2.3036  -1.448  0.75174
## Sevilla - Vigo == 0       28.7297     5.0773   5.658 < 0.001 ***
## Madrid 1 - Vigo == 0     -3.7515     4.7775  -0.785  0.98382
## Almería - Vigo == 0     -8.6031     4.8651  -1.768  0.53965
## Madrid2 - Vigo == 0     10.2564     4.8450   2.117  0.31709
## Jerez - Vigo == 0         0.7969     4.5739   0.174  1.00000
## Madrid 1 - Sevilla == 0  -32.4812     4.0596  -8.001 < 0.001 ***
## Almería - Sevilla == 0  -37.3328     4.1624  -8.969 < 0.001 ***
## Madrid2 - Sevilla == 0  -18.4733     4.1389  -4.463 < 0.001 ***
## Jerez - Sevilla == 0    -27.9328     3.8179  -7.316 < 0.001 ***
## Almería - Madrid 1 == 0  -4.8516     3.7909  -1.280  0.84354
## Madrid2 - Madrid 1 == 0   14.0079     3.7651   3.720  0.00335 **
## Jerez - Madrid 1 == 0     4.5484     3.4090   1.334  0.81610
## Madrid2 - Almería == 0   18.8595     3.8757   4.866 < 0.001 ***
## Jerez - Almería == 0     9.4000     3.5309   2.662  0.09749 .
## Jerez - Madrid2 == 0    -9.4595     3.5031  -2.700  0.08866 .
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
## (Adjusted p values reported -- single-step method)

```

Medianas (IQR).

```

X3=X[,im]
lv3=labx[im]
(p3=ncol(X3))

##

[1] 3

x3=list()
for(j in 1:p3)
{

```

```

x3[[j]]=list()
x3[[j]][[1]]=lv3[j]
x3[[j]][[ "Total" ]]=quantile(X3[,j],probs=c(.5,.25,.75),na.rm=TRUE)
mv=NULL
for(r in 1:length(ng))
  mv=c(mv,length(which(is.na(X3[grupo==r,j]))))
N=ng-mv
q=by(X3[,j],grupo,quantile,probs=c(.5,.25,.75),na.rm=TRUE)
z=NULL
for(l in 1:length(ng))
z=rbind(z,c(N[l],round(q[[1]][1],1),round(q[[1]][2],2),round(q[[1]][3],1)))
rownames(z)=lg
colnames(z)=c("N","Mediana","PCT25th","PCT75th")
x3[[j]][[ "Grupos" ]]=z
x3[[j]][[ "p-valor" ]]=round(kruskal.test(X3[,j],grupo)$p.value,3)
}
x3

## [[1]]
## [[1]][[1]]
## [1] "AxisK1"
##
## [[1]]$Total
## 50% 25% 75%
## 69.5 13.2 159.1
##
## [[1]]$Grupos
##          N Mediana PCT25th PCT75th
## Las Palmas 2585    74.4   12.70   160.2
## Vigo       72    36.8   15.55   147.6
## Sevilla    119    41.2   12.70   155.0
## Madrid 1   171    60.3   14.70   161.3
## Almería    152    31.2   12.68   152.5
## Madrid2    156    85.3   17.98   152.7
## Jerez      238    60.5   12.95   154.9
##
## [[1]]$`p-valor`
## [1] 0.621
##
##
## [[2]]
## [[2]][[1]]
## [1] "AstigD"
##
## [[2]]$Total
## 50% 25% 75%
## 0.9 0.5 1.4
##
## [[2]]$Grupos
##          N Mediana PCT25th PCT75th
## Las Palmas 2585    0.9    0.5    1.4
## Vigo       72    0.9    0.5    1.6
## Sevilla    119    1.0    0.6    1.6
## Madrid 1   171    0.8    0.5    1.3
## Almería    152    1.0    0.6    1.7
## Madrid2    156    0.7    0.5    1.3
## Jerez      238    1.0    0.6    1.6
##
## [[2]]$`p-valor`
## [1] 0.008

```

```

##
##
## [[3]]
## [[3]][[1]]
## [1] "ACDepth"
##
## [[3]]$Total
## 50% 25% 75%
## 2.98 2.66 3.25
##
## [[3]]$Grupos
##           N Mediana PCT25th PCT75th
## Las Palmas 2585     2.9    2.63    3.2
## Vigo       72     3.2    2.87    3.5
## Sevilla   119     3.1    2.68    3.4
## Madrid 1  171     3.0    2.66    3.3
## Almería   152     3.2    2.90    3.4
## Madrid2   156     2.9    2.56    3.2
## Jerez     238     3.1    2.78    3.4
##
## [[3]]$`p-valor`
## [1] 0

round(100*prop.table(table(Sexo)),1)

## Sexo
## Hombre  Mujer
##  42.8   57.2

(ts <- table(Sexo,grupo))

##           grupo
## Sexo   Las Palmas Vigo Sevilla Madrid 1 Almería Madrid2 Jerez
## Hombre    1090    24    45     64     78     65    117
## Mujer     1471    48    73    107     73     91    121

round(100*prop.table(ts,2),1)

##           grupo
## Sexo   Las Palmas Vigo Sevilla Madrid 1 Almería Madrid2 Jerez
## Hombre    42.6 33.3   38.1   37.4   51.7   41.7   49.2
## Mujer     57.4 66.7   61.9   62.6   48.3   58.3   50.8

chisq.test(ts)

##
## Pearson's Chi-squared test
##
## data:  ts
## X-squared = 14.6124, df = 6, p-value = 0.0235

```

Comparación de ojos.

```

library(xlsx);library(irr)

## Loading required package: lpSolve

## Warning: package 'lpSolve' was built under R version 3.1.3

detach(dojos)
two=rep(0,ns)
for(i in 1:n)

```

```

    {
      k=which(ds$ID==df$ID[i])
      if(length(k)==2) two[k]=1
    }
length(two)
## [1] 7028

ds$two=two
dd=subset(ds,two==1)
attach(dd)

(m=nrow(dd))

## [1] 6156

x0=dd[dd$ojo==1,c(1,13:25)]
y0=dd[dd$ojo==0,c(1,13:25)]
z=x0$ID-y0$ID
x=x0[,-(1:2)];y=y0[,-(1:2)]
lbx=colnames(x)
(p=ncol(x))

## [1] 12

pvt=NULL
tt=list()
for(j in 1:p)
{
  tt[[lbx[j]]]=t.test(x[,j],y[,j],paired=TRUE)
  pvt=rbind(pvt,round(t.test(x[,j],y[,j],paired=TRUE)$p.value,4))
}
tt

## $K1D
##
## Paired t-test
##
## data: x[, j] and y[, j]
## t = -2.0075, df = 3077, p-value = 0.04479
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -0.0383400513 -0.0004513717
## sample estimates:
## mean of the differences
## -0.01939571
##
##
## $K2D
##
## Paired t-test
##
## data: x[, j] and y[, j]
## t = -3.6743, df = 3077, p-value = 0.0002426
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -0.05645253 -0.01716670
## sample estimates:
## mean of the differences
## -0.03680962
##

```

```

##
## $AxisK1
##
## Paired t-test
##
## data: x[, j] and y[, j]
## t = -11.9654, df = 3077, p-value < 2.2e-16
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -27.46379 -19.73023
## sample estimates:
## mean of the differences
## -23.59701
##
##
## $AstigD
##
## Paired t-test
##
## data: x[, j] and y[, j]
## t = -1.6179, df = 3077, p-value = 0.1058
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -0.042254844 0.004048216
## sample estimates:
## mean of the differences
## -0.01910331
##
##
## $ACDepth
##
## Paired t-test
##
## data: x[, j] and y[, j]
## t = 1.4421, df = 3006, p-value = 0.1494
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -0.001737846 0.011401963
## sample estimates:
## mean of the differences
## 0.004832059
##
##
## $ACVolume
##
## Paired t-test
##
## data: x[, j] and y[, j]
## t = 6.9747, df = 3077, p-value = 3.738e-12
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## 1.014789 1.808473
## sample estimates:
## mean of the differences
## 1.411631
##
##
## $Ch.Angle
##

```

```

## Paired t-test
##
## data: x[, j] and y[, j]
## t = -12.3003, df = 3074, p-value < 2.2e-16
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -1.315011 -0.953412
## sample estimates:
## mean of the differences
## -1.134211
##
##
## $PachyMin
##
## Paired t-test
##
## data: x[, j] and y[, j]
## t = 1.1096, df = 3077, p-value = 0.2673
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -0.1609907 0.5807438
## sample estimates:
## mean of the differences
## 0.2098765
##
##
## $PachyMinX
##
## Paired t-test
##
## data: x[, j] and y[, j]
## t = 7.7772, df = 3077, p-value = 1.004e-14
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## 0.03091413 0.05175644
## sample estimates:
## mean of the differences
## 0.04133528
##
##
## $PachyMinY
##
## Paired t-test
##
## data: x[, j] and y[, j]
## t = 3.1392, df = 3077, p-value = 0.00171
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## 0.005241946 0.022685279
## sample estimates:
## mean of the differences
## 0.01396361
##
##
## $PachyApex
##
## Paired t-test
##
## data: x[, j] and y[, j]

```

```

## t = -1.239, df = 3077, p-value = 0.2154
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -0.5982307 0.1349428
## sample estimates:
## mean of the differences
## -0.2316439
##
## $PachyPupil
##
## Paired t-test
##
## data: x[, j] and y[, j]
## t = -0.9462, df = 3075, p-value = 0.3441
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -0.5433235 0.1896174
## sample estimates:
## mean of the differences
## -0.1768531

M=cbind(apply(x,2,mean,na.rm=TRUE),apply(x,2,sd,na.rm=TRUE),
        apply(y,2,mean,na.rm=TRUE),apply(y,2,sd,na.rm=TRUE),pvt)
colnames(M)=c("Media-Derecho","SD-Derecho","Media-Izquierdo","SD-Izquierdo","
P-valor")
round(M,3)

##           Media-Derecho SD-Derecho Media-Izquierdo SD-Izquierdo P-valor
## K1D           42.631      1.713           42.650           1.718 0.045
## K2D           43.746      1.798           43.783           1.835 0.000
## AxisK1        81.244      68.724          104.841           67.799 0.000
## AstigD         1.114       0.863            1.133            0.875 0.106
## ACDepth        2.964       0.463            2.956            0.457 0.149
## ACVolume       172.581     44.896           171.169           44.227 0.000
## Ch.Angle       36.669       7.224            37.794            7.711 0.000
## PachyMin       544.289     33.651           544.079           33.802 0.267
## PachyMinX      -0.558       0.272            -0.599            0.271 0.000
## PachyMinY      -0.365       0.270            -0.379            0.271 0.002
## PachyApex      548.834     34.079           549.066           34.224 0.215
## PachyPupil    547.732     33.912           547.931           34.193 0.344

write.xlsx(M,"M.xlsx")

#### Correlación intraclase
IC=NULL
for(j in 1:p)
{
  Y=cbind(x[,j],y[,j])
  ic=icc(Y, model="oneway", type="agreement")
  IC=rbind(IC,c(ic$value,ic$lbound,ic$ubound))
}
rownames(IC)=names(x)
colnames(IC)=c("ICC","L-95%","U-95%")
IC

##           ICC           L-95%           U-95%
## K1D           0.9511422 0.9476579 0.9544000
## K2D           0.9529962 0.9496407 0.9561331
## AxisK1       -0.3050909 -0.3367837 -0.2727073
## AstigD        0.7157027 0.6980267 0.7325071

```

```

## ACDepth      0.9180337  0.9122248  0.9234736
## ACVolume     0.9677699  0.9654504  0.9699360
## Ch.Angle     0.7552373  0.7396385  0.7700251
## PachyMin     0.9515913  0.9481383  0.9548199
## PachyMinX    0.4016843  0.3716350  0.4308930
## PachyMinY    0.5828149  0.5590005  0.6056688
## PachyApex    0.9538672  0.9505723  0.9569473
## PachyPupil   0.9536584  0.9503479  0.9567531

write.xlsx(IC,"ICC.xlsx")

postscript("ojos.eps",height=10)
par(mfrow=c(3,2))
for(j in 1:6)
{
  mix=0.9*min(x[j],na.rm=TRUE);max=1.1*max(x[j],na.rm=TRUE)
  miy=.9*min(y[j],na.rm=TRUE);may=1.1*max(y[j],na.rm=TRUE)
  plot(x[,j],y[,j],xlab=paste(lbx[j],"derecho"),ylab=paste(lbx[j],"izquierda"),
       cex=.3,col="blue",xlim=c(mix,max),ylim=c(miy,may),cex.lab=1.4)
  abline(c(0,1),lwd=2)
  legend(mix,may,paste("Correlación intraclase = ",round(IC[j,1],4)),bty="n")
}
dev.off()

## quartz_off_screen
##                2

```

Correlaciones.

```

attach(dojo)

## The following object is masked _by_ .GlobalEnv:
##
##   female
## The following objects are masked from dd:
##
##   ACDepth, ACVolume, AstigD, AxisK1, Birth, Ch.Angle, Edad,
##   ExamDate, ExamEye, female, filter_., FirstName, g, g_clinico,
##   gg, Humberto, ID, IDold, K1D, K2D, LastName, ojo, PachyApex,
##   PachyMin, PachyMinX, PachyMinY, PachyPupil, PatID, sel, Sexo

eye[ke]

## [1] "Ojo derecho"

xx=X[,c(2,3,6,7,8,9,12,13)]
su=apply(xx,1,sum)
mis=which(is.na(su))
XX=xx[-mis,]
(lrx=colnames(XX))

## [1] "K1D"          "K2D"          "ACDepth"     "ACVolume"    "Ch.Angle"
## [6] "PachyMin"     "PachyApex"   "PachyPupil"

mc <- round(cor(XX),4)
write.xlsx(mc,"mcd.xlsx")
(nc=ncol(xx))

## [1] 8

```

```

pareja=NULL;rho=NULL;pro=NULL
for(i in 1:(nc-1))
  for(j in (i+1):nc)
  {
    pareja=rbind(pareja,c(i,j))
    rho=rbind(rho,round(cor.test(XX[,i],XX[,j])$estimate,4))
    pro=rbind(pro,round(cor.test(XX[,i],XX[,j])$p.value,3))
  }
data.frame(pareja,rho,pro)

##      X1 X2      cor  pro
## 1    1  2  0.8837 0.000
## 2    1  3 -0.0070 0.681
## 3    1  4 -0.1450 0.000
## 4    1  5  0.0259 0.131
## 5    1  6  0.0351 0.040
## 6    1  7  0.0389 0.023
## 7    1  8  0.0442 0.010
## 8    2  3 -0.0170 0.321
## 9    2  4 -0.1481 0.000
## 10   2  5  0.0240 0.161
## 11   2  6  0.0429 0.012
## 12   2  7  0.0486 0.005
## 13   2  8  0.0524 0.002
## 14   3  4  0.8533 0.000
## 15   3  5  0.6222 0.000
## 16   3  6 -0.1330 0.000
## 17   3  7 -0.1532 0.000
## 18   3  8 -0.1348 0.000
## 19   4  5  0.5955 0.000
## 20   4  6 -0.1617 0.000
## 21   4  7 -0.1840 0.000
## 22   4  8 -0.1672 0.000
## 23   5  6 -0.1181 0.000
## 24   5  7 -0.1366 0.000
## 25   5  8 -0.1206 0.000
## 26   6  7  0.9949 0.000
## 27   6  8  0.9965 0.000
## 28   7  8  0.9979 0.000

```

Análisis factorial.

```
attach(dojo)
```

```

## The following object is masked _by_ .GlobalEnv:
##
##      female
## The following objects are masked from dojo (position 3):
##
##      ACDepth, ACVolume, AstigD, AxisK1, Birth, Ch.Angle, Edad,
##      ExamDate, ExamEye, female, filter_., FirstName, g, g_clinico,
##      gg, Humberto, ID, IDold, K1D, K2D, LastName, ojo, PachyApex,
##      PachyMin, PachyMinX, PachyMinY, PachyPupil, PatID, sel, Sexo
## The following objects are masked from dd:
##
##      ACDepth, ACVolume, AstigD, AxisK1, Birth, Ch.Angle, Edad,
##      ExamDate, ExamEye, female, filter_., FirstName, g, g_clinico,
##      gg, Humberto, ID, IDold, K1D, K2D, LastName, ojo, PachyApex,
##      PachyMin, PachyMinX, PachyMinY, PachyPupil, PatID, sel, Sexo

```

```

library(FactoMineR);library(psych)

## Warning: package 'FactoMineR' was built under R version 3.1.3
## Warning: package 'psych' was built under R version 3.1.3

pca=c("PCA_derecho.eps", "PCA_izquierdo.eps")
postscript(pca[2-ke])
mcp <- PCA(XX,ncp=2,scale.unit=TRUE)
dev.off()

## quartz_off_screen
##                2

write.xlsx(mcp$eig,"PCA.xlsx")
write.xlsx(mcp$var$coord,"factor_d.xlsx")
fa=mcp$ind$coord
clin=g[ojo==ke][-mis]
(lpob=names(table(g)))

## [1] "Las Palmas" "Vigo"          "Sevilla"      "Madrid 1"    "Almería"
## [6] "Madrid2"      "Jerez"

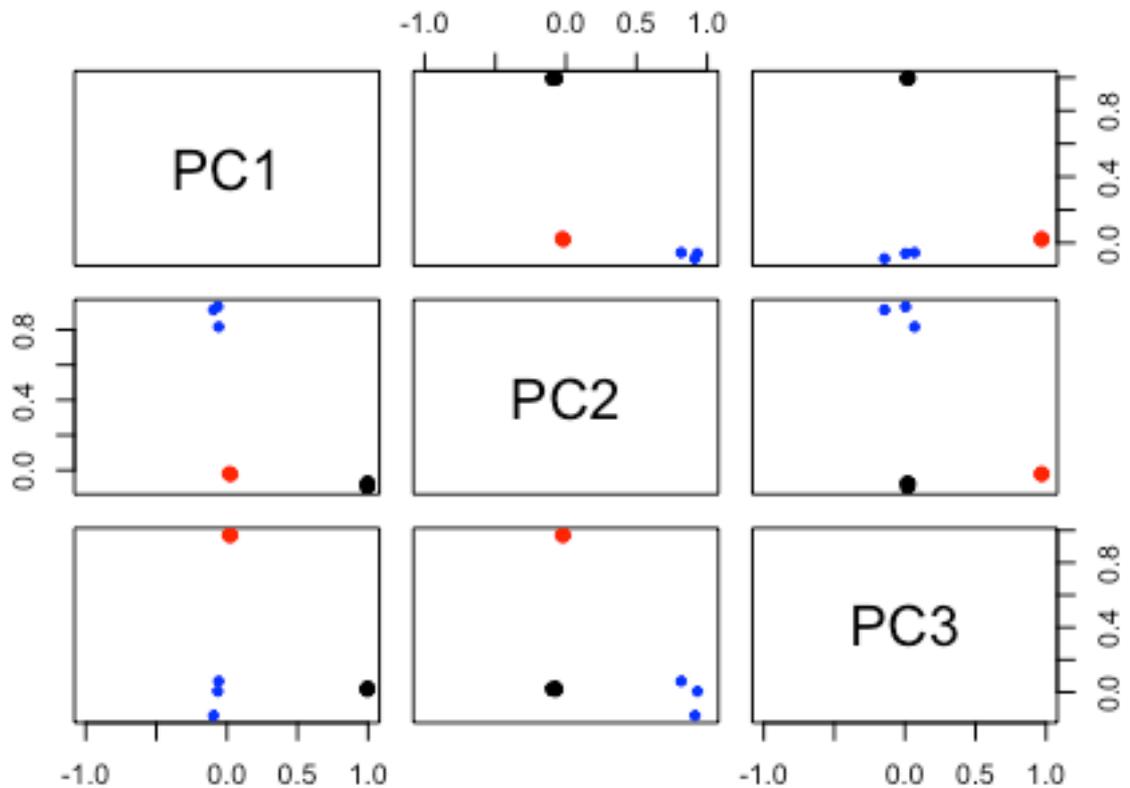
pc <- principal(XX,3,rotate="varimax")
summary(pc)

##
## Factor analysis with Call: principal(r = XX, nfactors = 3, rotate = "varimax")
##
## Test of the hypothesis that 3 factors are sufficient.
## The degrees of freedom for the model is 7 and the objective function was 0.68
## The number of observations was 3416 with Chi Square = 2335.41 with prob < 0
##
## The root mean square of the residuals (RMSA) is 0.04

plot(pc,xlim=c(-1,1))

```

Principal Component Analysis



```
pc$Structur
```

```
##
## Loadings:
##      PC1    PC2    PC3
## K1D           0.969
## K2D           0.969
## ACDepth       0.931
## ACVolume      0.914 -0.144
## Ch.Angle      0.817
## PachyMin     0.996
## PachyApex    0.994
## PachyPupil   0.996
##
##           PC1    PC2    PC3
## SS loadings  2.989  2.391  1.905
## Proportion Var 0.374  0.299  0.238
## Cumulative Var 0.374  0.672  0.911
```

```
rFACT=as.table(pc$Structur)
attr(rFACT, "dimnames")=NULL
attr(rFACT, "class")=NULL
write.xlsx(as.data.frame(rFACT), "rFACT.xlsx")
fa=pc$scores
#write.xlsx(data.frame(cclin,fa), "FactoresInd.xlsx")
```

```

lf=c("Factor paquimetría","Factor: Volumen, profundidad, ángulo",
     "Factor KD")
compare=c("comparaD.eps","comparaI.eps")
compare[ke]

## [1] "comparaD.eps"

postscript(compare[ke],height=8,width=6)
par(mfrow=c(3,1))
for(j in 1:3)
{
  par(mar=c(5.1,6.1,4.1,2.1))
  if(j==1) boxplot(fa[,j] ~ clin,yaxt="n",horizontal=TRUE,
                  xlab=lf[j],boxwex=.6,main=eye[ke]) else
  boxplot(fa[,j] ~ clin,yaxt="n",horizontal=TRUE,
          xlab=lf[j],boxwex=.6)
  axis(2,1:7,lpob,las=1,font=2,tcl=.6,cex=.7)
}
dev.off()

## quartz_off_screen
##                2

```

APÉNDICE.

Análisis discriminante.

Fichero provisional de pacientes

Operaciones en la BD.

Note that the `echo = FALSE` parameter was added to the code chunk to prevent printing of the R code that generated the plot

2.- Hoja confidencialidad datos

COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD DE DATOS CEDIDOS PARA REALIZACION DE TESIS DOCTORAL

El abajo firmante, D. Humberto Carreras Díaz, con DNI 52852154V, y domicilio a efectos de notificaciones en la calle León y Castillo 211 de Las Palmas de Gran Canaria, se compromete a:

1. No utilizar los datos de pacientes que le sean remitidos desde cualquier Centro Oftalmológico para la realización de su Tesis Doctoral, con una finalidad distinta a la mencionada.
2. Cumplir, en el desarrollo de esa Tesis y en el manejo de esos datos, la normativa vigente, nacional y comunitaria, relativa a la Protección de Datos de carácter personal, y en particular la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de Diciembre y disposiciones complementarias.

Fdo Humberto Carreras Díaz



3.- Manual exportación datos Pentacam:



12.2 Saving Data in a CSV file

You can use the data of the examinations in a database. The Pentacam® program creates automatically files (CSV-files) which can be opened with Excel.

You have generally several options to generate and export the CSV-files, [sect. 12.2.1, page 232](#).

There are two different forms: xyz-load.csv or xyz.csv. The one with the "-load" in its name is created with the procedure described below. The exception is the file Zernike-xyz.csv.

Before using the CALL-ALL function you can select in the "Export Settings" ([sect. 6.3.8, page 174](#)) the data.

The data will be stored to a dif file additionally. These files are identical to the csv files in principle, see [sect. 12.3, page 235](#).

Export Settings

To be able to export certain CSV files from the Patient Data Manager with the CALL-ALL function, they must be activated in the "Export CSV Data with CALL-ALL" settings.

Proceed as follows:

- Open the Pentacam® program.
- Select: menu "Settings" > menu item [Miscellaneous settings] > tab "Export" > group box: "Export CSV Data with CALL-ALL".
- Activate the checkbox [PNS and 3D-Densitometry]

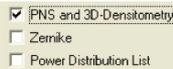


Fig. 12-5: Selection of the examinations that are to be exported from the Patient Data Manager as a CVS file.

We recommended to activate the checkbox [PNS and 3D-Densitometry] only to reduce the amount of data.

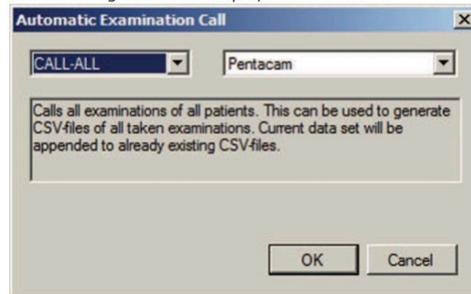


All other examinations for all patients are standardly exported from the Patient Data Management as CVS-files with the CALL-ALL function.

12.2.1 Export Data with Call-All

Call all examinations of all patients (F11)

→ In the Patient Data Management Menu (*sect. 9.1, page 199*), click the shortcut "F11".
The following window is displayed..



→ You can choose between the following options:

| Name | Description |
|------------|--|
| CALL-ALL | <ul style="list-style-type: none"> Calls all examinations of all patients This can be used to generate csv files of all taken examinations. Current data set will be appended to already existing csv files |
| EXPORT_ALL | <ul style="list-style-type: none"> Calls all examinations of all patients This can be used to export complete data sets (i.e. pachymetry map, elevation map) |

→ Activate the automatic examination call by clicking [OK].
All examinations of all patients will be appended to already existing CSV-files.



Note

For creating new CSV-files for e.g. study purposes, it is advisable to rename the existing CSV-files prior starting the CALL-ALL routine.

You can find them in your selected database-folder (*sect. 9.6.2, page 210*).



Note

Creating new CSV-files by the CALL-ALL routine can take a long time, depending to the amount of the data.

We recommend to perform this procedure at the end of a day or on a weekend.

Call All with selected patients only (Shift+F11)

Select patients by using the Ctrl-button.

| | | | | |
|---|-------------------|-------------------------|------------|----------------------|
| | Demo | Imaging | 27.11.1978 | |
| ▶ | 6 Demo Cornea | Intacs | 23.04.1948 | |
| | 6 Demo Cornea | Intacs | 15.03.1954 | |
| | 6 Demo Cornea | Keratoglobus | 20.11.1978 | |
| | 1 Demo Cataract | Nucleous And Postero... | 23.07.1938 | |
| | 6 Demo Cornea | FMD | 22.06.1955 | |
| | 3 Demo Refractive | Pre-Post Lasik | 13.07.1978 | |
| | 7 Demo | Pupil/Iris Camera | 15.03.1965 | |
| | 2 Demo Glaucoma | Small Angle | 28.02.1949 | |
| | Demo | VFEExpert | 23.10.1926 | |
| | 1 Demo Cataract | Large Subluxation | 01.07.1993 | 3D scan/visual image |

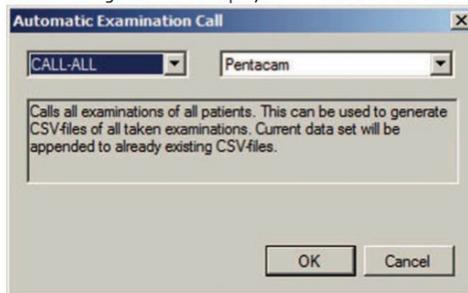
→ Click Shift+F11.

The following window is displayed:



→ Confirm by clicking [OK].

The following window is displayed.



→ Activate the automatic examination call by clicking [OK].

All examinations of all patients will be appended to already existing CSV-files.



Note

For creating new CSV-files for e.g. study purposes, it is recommended to rename the existing CSV-files prior starting the CALL-ALL routine.

In this case the selected patients only.

You can find them in your selected database-folder ([sect. 9.6.2, page 210](#)).



Call all examinations of all patients starting with selected patients (Ctrl+F11)

→ Select a patient by using the right mouse button.

| | | | |
|-----------------|---------------------------------|------------|----------------------------------|
| 1 Demo Cataract | Cataracta Coronaria (circular) | 12.01.1966 | grade 1 |
| 1 Demo Cataract | Cataracta Piloans | 12.11.1939 | |
| 1 Demo Cataract | Cataracta Pyramidalis (pyramid) | 07.11.1924 | grade 1, test |
| 1 Demo Cataract | Cataracta Zonularis (zonal) | 28.01.1937 | grade 1 |
| 1 Demo Cataract | Difference In Axis | 09.04.1954 | ant. and total corneal asti axis |
| 1 Demo Cataract | Embryonic Nucleus | 12.01.1982 | posterior pole visible |
| 1 Demo Cataract | Holladay Report | 10.02.1981 | OD: normal OS had FKR dete |

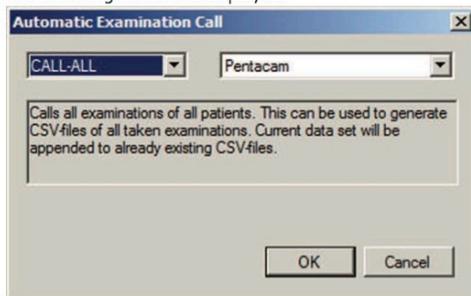
→ Click Ctrl+F11.

The following window is displayed.



→ Confirm by clicking [OK].

The following window is displayed.



→ Activate the automatic examination call by clicking [OK].

All examinations of all patients will be appended to already existing CSV files.

Note

For creating new CSV-files for e.g. study purposes, it is recommended to rename the existing CSV-files prior starting the CALL-ALL routine.



Starting with the prior selected patients.

You can find them in your selected database-folder (sect. 9.6.2, page 210).



