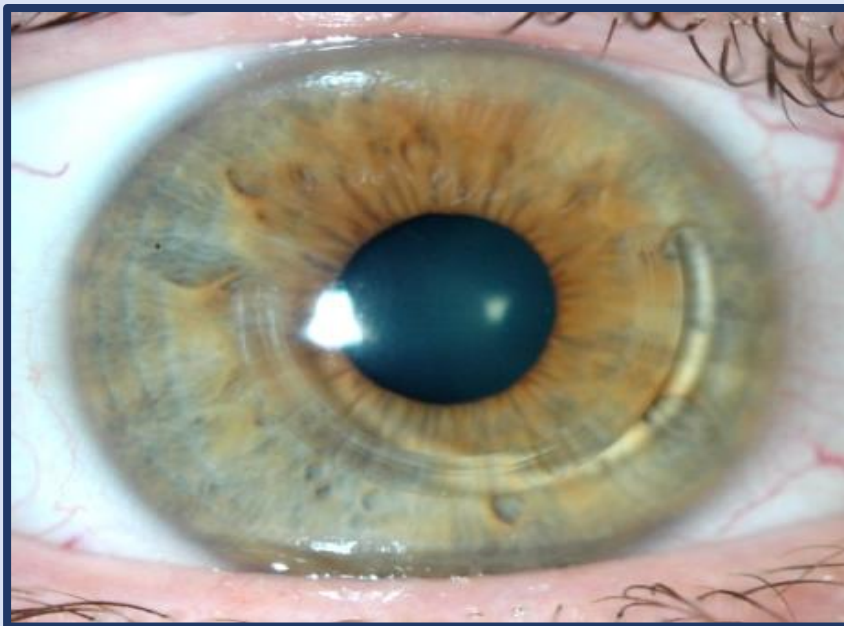




VNIVERSITAT  
ID VALÈNCIA

# TRATAMIENTO DE LAS ECTASIAS CORNEALES ASOCIADAS A LASIK CON ANILLOS INTRAESTROMALES



**TESIS DOCTORAL**

**Doctoranda:**

**Izaskun Álvarez Arana**

**Directoras:**

**Dra. Inmaculada Bueno Gimeno**

**Dra. Cristina Peris Martínez**

Departamento de Óptica y Optometría y Ciencias de la visión  
Doctorado en Optometría y Ciencias de la Visión

Valencia, Enero de 2022





VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA

UNIVERSIDAD DE VALENCIA

FACULTAD DE FÍSICA

Programa de Doctorado en Optometría y Ciencias de la Visión

**TESIS DOCTORAL**

TRATAMIENTO DE LAS ECTASIAS CORNEALES ASOCIADAS A LASIK  
CON ANILLOS INTRAESTROMALES

**Tesis presentada por:**

Izaskun Álvarez Arana

**Directoras:**

Dra. Inmaculada Bueno Gimeno

Dra. Cristina Peris Martínez

Valencia, 2022





La Dra. Inmaculada Bueno Gimeno, profesora contratada Doctora, de la Facultad de Física de la Universidad de Valencia y la Dra. Cristina Peris Martínez profesora titular acreditada por la ANECA, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valencia y directora médico de FISABIO Oftalmología Médica (FOM).

CERTIFICAN que la presente memoria, titulada “Tratamiento de las ectasias corneales asociadas a LASIK con anillos intraestromales” corresponde al trabajo de investigación llevado a cabo por D<sup>a</sup> Izaskun Álvarez Arana, y constituye su Tesis Doctoral para optar al Grado de Doctor en Optometría y Ciencias de la visión.

Y para que conste, en cumplimiento de la legislación vigente, firman el presente certificado en Valencia, a diecinueve de enero de dos mil veintidós.

Inmaculada Bueno Gimeno

Cristina Peris Martínez



A mis amamas, Eusebi y MariLuz.

“Los barcos están más seguros en el puerto, pero no es eso para lo que fueron construidos”

*P. Cohelo*



# Agradecimientos

---

Quiero agradecer a todas aquellas personas que han contribuido, de una manera o de otra, en la realización esta tesis.

En primer lugar, a mis tutoras, a la Dra. Inma Bueno por escucharme, por animarme y estar siempre dispuesta y a la Dra. Cristina Peris por saber tanto, ojalá tener algún día todos esos conocimientos.

A mi ama, mi aita, a mi hermano, a Víctor y al resto de mi familia, que me han apoyado y acompañado en todo momento, dándome consejos y ánimos.

En especial a mi tía María Luz y mi prima Edurtxu, por ayudarme de forma incondicional cada vez que lo he necesitado, no sé cómo lo habría conseguido sin vosotras.

A mis amigos, en especial a Jone, Amaia y Astrid, por aguantar esos “me muero de ganas, pero no puedo, toca estudiar”, “Te juro que cuando acabe el doctorado lo hacemos” y por sacar tiempo para vernos hasta de debajo de las piedras. Con vosotras a mi lado estos últimos meses han sido mucho más llevaderos.

A Nelson, por conseguir que me entienda algo más con la estadística al ritmo de la bachata y al Dr. Mikhail por traerme mandarinas y hacerme reír mientras me robaba chokolatinas en esas mañanas largas en la FOM.

Por último, me gustaría agradecerme a mí misma haber conseguido sacar este proyecto adelante, y por no haber abandonado.

Muchísimas gracias a todos



# ÍNDICE

---





# ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	xx
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS .....	xxix
RESUMEN.....	xxx
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 ANATOMOFISIOLOGÍA DE LA CÓRNEA.....	3
1.1.1 ECTASIAS CORNEALES .....	6
1.1.1.1 QUERATOCONO.....	7
1.1.1.2 DEGENERACIÓN MARGINAL PELÚCIDA .....	9
1.1.1.3 QUERATOGLOBO .....	9
1.2 LASER IN SITU KERATOMILEUSIS (LASIK).....	10
1.3 ECTASIA CORNEAL ASOCIADA A LASIK .....	13
1.3.1 CARACTERÍSTICAS BIOMECÁNICAS DE LA CÓRNEA CON ECTASIA IATROGÉNICA .....	17
1.3.2 CARACTERÍSTICAS DEL FRENTE DE ONDA CORNEAL EN LA ECTASIA IATROGÉNICA .....	22
1.3.3 TRATAMIENTO DE LAS ECTASIAS SECUNDARIAS A LASIK .....	29
1.3.3.1 MEDICACIÓN PARA REDUCIR LA PIO.....	29
1.3.3.2 AYUDAS ÓPTICAS.....	29
1.3.3.3 CROSS-LINKING (CXL) MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA Y RIBOFLAVINA .....	33
1.3.4 ANILLOS INTRAESTROMALES (ICRS) .....	29
1.3.4.1 MECANISMO DE ACCIÓN DE LOS ICRS .....	36
1.3.4.2 INFLUENCIA DE LA LONGITUD DE ARCO .....	38
1.3.4.3 INFLUENCIA DEL DIÁMETRO .....	39
1.3.4.4 ELECCIÓN DE LOS ICRS A IMPLANTAR.....	39
1.3.4.5 PROFUNDIDAD DEL IMPLANTE .....	40
1.3.4.6 INFLUENCIA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL .....	40
1.3.4.7 COMPLICACIONES DE LOS ICRS.....	54
<b>2 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>57</b>

<b>3</b>	<b>HIPÓTESIS Y OBJETIVOS</b> .....	61
3.1	HIPÓTESIS.....	63
3.2	OBJETIVO.....	63
<b>4</b>	<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	65
4.1	METODOLOGÍA.....	67
4.2	SUJETOS DE ESTUDIO.....	67
4.3	CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN.....	67
4.4	PROTOCOLO EXPLORATORIO.....	68
4.4.1	PRUEBAS REFRACTIVAS.....	68
4.4.2	EVALUACIÓN TOPOGRÁFICA, ABERROMÉTRICA Y MORFOLÓGICA.....	68
4.4.3	ANÁLISIS BIOMECÁNICO.....	70
4.5	TÉCNICA QUIRÚRGICA.....	72
4.6	DESCRIPCIÓN DE LOS ICRS.....	74
4.7	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	74
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	77
5.1	INTRODUCCIÓN A LOS RESULTADOS.....	79
5.2	EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS.....	82
5.2.1	PARÁMETROS REFRACTIVOS.....	83
5.2.2	PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS.....	86
5.2.3	PARÁMETROS ABERROMÉTRICOS.....	95
5.2.4	PARÁMETROS MORFOLÓGICOS.....	109
5.2.5	PARÁMETROS BIOMECÁNICOS.....	113
5.3	RELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS.....	116
5.3.1	RELACIÓN DE LA AV <sub>cc</sub> CON EL RESTO DE LOS PARÁMETROS.....	116
5.3.2	RELACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS ABERROMÉTRICOS Y MORFOLÓGICOS EN FUNCIÓN DE LOS PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS.....	118
5.3.2.1	PARÁMETROS ABERROMÉTRICOS.....	120
5.3.2.2	PARÁMETROS MORFOLÓGICOS.....	130
5.4	EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS POR GRUPOS.....	136
5.4.1	EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS SEGÚN EL NÚMERO DE ICRS IMPLANTADOS.....	136
5.4.2	EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS SEGÚN EL GRADO DE LA K MÁXIMA.....	168
5.4.3	EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS SEGÚN EL GRADO DE ASFERICIDAD.....	200
5.4.4	EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS SEGÚN LA RELACIÓN ENTRE ET Y EC PREOPERATORIOS.....	232

---

<b>6</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	267
6.1	AGUDEZA VISUAL .....	270
6.2	DEFECTOS REFRACTIVOS.....	274
6.3	PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS .....	276
6.4	PARÁMETROS ABERROMÉTRICOS.....	281
6.5	PARÁMETROS MORFOLÓGICOS.....	288
6.6	PARÁMETROS BIOMECÁNICOS .....	291
6.7	DIFERENCIAS SEGÚN EL NÚMERO DE ICRS IMPLANTADOS .....	295
6.8	REGRESIÓN .....	297
6.9	LIMITACIONES DEL ESTUDIO .....	298
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	300
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	300
<b>9</b>	<b>PUBLICACIONES DERIVADAS DEL ESTUDIO</b> .....	325



# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Imagen histológica de córnea humana (10).....	3
Figura 2.- Imagen histológica corneal (13).....	4
Figura 3.- <i>Izquierda</i> : modelo de orientación de las fibras de colágeno en la córnea humana, “cinturón de Fyogorov”. <i>Derecha</i> : esquema de las direcciones de las fibras en la córnea y limbo (16). .....	5
Figura 4.- <b>a</b> ) Signo de Munson ( <i>foto cedida por la Dra. Cristina Peris</i> ) <b>b</b> ) Anillo de Fleischer ( <i>Foto cedida por la Dra. Cristina Peris</i> ) <b>c</b> ) Signo de Rizutti ( <i>foto cedida por Davide Bambilla</i> ) <b>d</b> ) Estrias de Vogt ( <i>foto cedida por la Dra. Cristina Peris</i> ).....	6
Figura 5.- Representación esquemática de las diferentes ectasias corneales: <b>a</b> ) Queratocono anterior y posterior <b>b</b> ) Degeneración marginal pelúcida <b>c</b> ) Queratogloblo.....	7
Figura 6.- <i>Izquierda</i> : imagen realizada mediante tomografía de segmento anterior (OCT-Visante™). <i>Derecha</i> : patrón topográfico típico de un queratocono (Pentacam HR). <i>Foto cedida por la Dra. Cristina Peris</i> . .....	8
Figura 7.- <i>Izquierda</i> : imagen realizada mediante tomografía de segmento anterior (OCT-Visante™) donde puede apreciarse el perfil corneal correspondiente a una degeneración marginal pelúcida, con importante adelgazamiento en la zona periférica. <i>Derecha</i> : imagen característica de astigmatismo irregular en contra de la regla (en alas de mariposa) correspondiente al patrón topográfico clásico de una degeneración marginal pelúcida (Pentacam HR). <i>Foto cedida por la Dra. Cristina Peris</i> .....	9
Figura 8.- Imagen de queratogloblo visto con lámpara de hendidura. Nótese la protrusión global de toda la córnea, tanto en la parte central como en la periferia. <i>Foto cedida por la Dra. Cristina Peris</i> .....	9
Figura 9.- Diagrama que muestra los pasos de la técnica de la cirugía LASIK.....	10
Figura 10.- Microqueratomo. ....	11
Figura 11.- Proceso de la fotodisrupción en el tejido corneal para realizar el <i>flap</i> corneal (30) .....	11
Figura 12.- En estas imágenes realizadas a través de OCT puede verse la interfase correspondiente al <i>flap</i> (línea <i>con puntos rojos</i> ) tras la aplicación del láser femtosegundo (36) .....	11
Figura 13.- El <i>flap</i> generado por un microqueratomo mecánico es más fino en el centro y mayor espesor en la periferia adoptando una forma de menisco. El <i>flap</i> generado mediante láser femtosegundo tiene una profundidad más constante (37). .....	12
Figura 14.- La eliminación de tejido se produce por la ruptura de los enlaces intramoleculares debido a la alta energía transmitida por el láser excimer.....	12
Figura 15.- Imagen a la lámpara de hendidura de paciente con ectasia corneal. Las flechas se corresponden con el anillo férrico de Fleischer y la línea de asteriscos con el borde del colgajo o <i>flap</i> corneal. <i>Foto cedida por la Dra. Cristina Peris</i> .....	13
Figura 16.- Boton corneal con ectasia post-LASIK. La flecha negra muestra la presencia de hipoplasia epitelial sobre una región ectásica y las flechas de punta grises una con hipoplasia en la córnea periférica. El asterisco gris indica la rotura en la capa de Bowman. Los recuadros	

muestran vistas de mayor aumento de la hipoplasia epitelial y roturas en la capa de Bowman (41). .....	13
Figura 17.- Posibles factores de desestabilización corneal. ....	15
Figura 18.- Representación del módulo de Young en distintos materiales. ....	17
Figura 19.- El Corvis® ST graba la reacción de la córnea a un definido pulso de aire con una cámara de Scheimpflug de alta-velocidad que recoge hasta 4,300 imágenes por segundo. ....	19
Figura 20.- Esquema del funcionamiento del ORA y el registro gráfico del proceso durante una exploración. ....	19
Figura 21.- <i>Izquierda</i> : representación de la Histéresis. <i>Derecha</i> : representación gráfica del registro que hace el ORA® durante la exploración, donde la curva verde representa el pulso de aire y la roja los puntos de aplanación y tomas de tensión. ....	20
Figura 22.- Señales emitidas por el ORA®. <i>Superior-Izquierda</i> : señal correcta de un paciente con una cornea dentro de la normalidad. <i>Superior-Derecha</i> : paciente post-LASIK donde se puede observar una disminución de las señales. <i>Inferior</i> : paciente con queratocono (16). ....	20
Figura 23.- Imágenes de microscopia de segundo armónico de las fibras de colágeno del estroma de una córnea humana, para tres capas diferentes según su posición respecto al epitelio (61). ....	21
Figura 24.- Esquema de los cambios en la estructura corneal durante la cirugía refractiva corneal. (Basado en el modelo de Dupps) <i>Superior</i> : córnea preoperatoria. <i>Inferior</i> : córnea postoperatoria (37). ....	21
Figura 25.- Se puede observar dos frentes de onda, el primero plano (rayos provenientes del infinito) y el segundo esférico (rayos provenientes de un foco cercano). ....	22
Figura 26.- <i>Izquierda</i> : frente de onda perfecto. <i>Centro</i> : frente de onda aberrado. <i>Derecha</i> : comparación entre un frente de onda perfecto (color rojo) y un frente de onda aberrado (color azul). ....	23
Figura 27.- Vista 2D de la contribución de cada polinomio de Zernike (Cj) en un frente de ondas aberrado. Los colores más claros son zonas adelantadas y los más oscuras las retrasadas. ....	23
Figura 28.- Pirámide de aberraciones. <i>Superior-Izquierda</i> : imagen en 2D de cada aberración. <i>Superior-Derecha</i> : imágenes en 3D de cada aberración. <i>Inferior</i> : PSF de cada aberración. ....	24
Figura 29.- En esta imagen se puede ver cómo sería la focalización de los rayos en una lente sin aberraciones, con aberración esférica y con coma. ....	24
Figura 30.- Mapa aberrométrico tras ectasia iatrogénica. ....	26
Figura 31.- <i>Izquierda</i> : esquema de los ejes y ángulos fundamentales del ojo humano (79). <i>Derecha</i> : Ángulo alpha ( $\alpha$ ) para un ojo miope e hipermetrope (80). ....	26
Figura 32.- Opciones de centrado de la ablación hipermetrópica: en la imagen de la izquierda la referencia sería el centro de la pupila de entrada y la línea de mirada. En la imagen de la derecha, la referencia sería el reflejo corneal y el eje queratométrico (eje óptico), que corresponde al centro de la curvatura corneal (78). ....	27
Figura 33.- Lente escleral apoyada sobre córnea ectásica (101). ....	30
Figura 34.- <i>Izquierda</i> : adaptación de LC escleral en córnea ectásica. <i>Derecha</i> : adaptación central. ....	31
Figura 35.- En estas dos imágenes se puede ver la diferencia de enlaces entre las lamelas de colágeno en una córnea antes de practicarle CXL ( <i>izquierda</i> ) y después ( <i>derecha</i> ). Se han creado numerosos enlaces covalentes entre las fibras de colágeno, que refuerzan la estructura corneal. ....	33

Figura 36.- Imágenes realizadas mediante lámpara de hendidura y con retroiluminación de paciente con queratocono al que se le han implantados dos ICRS (16). .....	35
Figura 37.- <i>Izquierda:</i> córnea con ectasia post-LASIK. <i>Centro y derecha:</i> misma córnea tras el implante de ICRS. <i>Foto cedida por la Dra. Cristina Peris.</i> .....	37
Figura 38.- Segmento de sección hexagonal y su posible efecto de la ocupación de espacio que fuerza la desviación de las lamelas corneales ( <i>líneas azules</i> ), lo cual provoca un aumento de su recorrido y, por tanto, de la tensión (16). .....	37
Figura 39.- <b>a)</b> ICRS de 360° <b>b)</b> ICRS de 310° <b>c)</b> Dos ICRS de 150° (diseño más utilizado actualmente) .....	38
Figura 40.- Imagen de OCT donde se observa el efecto torsional de un ICRS de sección triangular (16). .....	41
Figura 41.- ICRS con diseño actual de sección triangular. ....	42
Figura 42.- Diferencias entre los ICRS tipo Ferrara ARF y AFR6. ....	44
Figura 43.- Diseño prismático de los segmentos de Ferrara de zona óptica de 5,00mm y 6,00mm .....	45
Figura 44.- Keraring® AS. ....	47
Figura 45.- Nomograma A. ....	48
Figura 46.- Nomograma B. ....	49
Figura 47.- Nomograma C. ....	49
Figura 48.- Ejemplos de casos del nomograma de Keraring®. ....	50
Figura 49.- Imagen de Cornealring® .....	50
Figura 50.- Parámetros del Inctacs® actual que siguen siendo los mismos que el del aprobado por la FDA en 1999. ....	51
Figura 51.- Diferencia entre Intacs® e Intacs® SK. ....	52
Figura 52.- <b>A)</b> Datos del paciente <b>B)</b> Valores queratométricos de la cara anterior y posterior de la córnea <b>C)</b> Análisis de la morfología de la cámara anterior y paquimetría corneal <b>D)</b> Mapa de elevación de la cara anterior de la córnea <b>E)</b> Mapa de elevación cara posterior de la córnea <b>F)</b> Mapa queratométrico en dioptrías <b>G)</b> Mapa paquimétrico. ....	69
Figura 53.- Resultados ORA® de un paciente con ectasia post-LASIK. ....	71
Figura 54.- Imágenes secuenciales de la realización del canal e incisión corneal para el implante de ICRS intracorneales con la técnica automatizada (Intralase®). <i>Imagen cedida por la Dr. Cristina Peris.</i> .....	72
Figura 55.- <b>A)</b> Bisturí de diamante <b>B)</b> Anillo de Mendez. ....	72
Figura 56.- Pantalla del ordenador del Intralase® donde se introducen los datos de cada paciente y los parámetros personalizados para la realización del canal en cada paciente. <b>*NOTA:</b> los datos que aparecen en la pantalla no se corresponden con la realidad. ....	73
Figura 57.- <i>Izquierda.</i> Imagen mediante tomografía óptica de segmento anterior (OCT-Visante™) Paciente intervenida con dos ICRS, uno de 250µm y el otro de 150µm. <i>Derecha.</i> Misma paciente con imagen mediante lámpara de hendidura. Se puede observar la diferencia de longitud de arco entre el ICRS superior, de 90° y el inferior de 150°. ....	74

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Clasificación de las ectasias según su origen.....	7
Tabla 2.- Signos del queratocono.....	8
Tabla 3.- Diagnóstico diferencial de las ectasias corneales más frecuentes (46). ....	14
Tabla 4.- Características de las lentes de contacto anteriormente descritas. ....	31
Tabla 5.- Indicaciones y contraindicaciones para el implante de ICRS. ....	36
Tabla 6.- Límites de seguridad en el espesor corneal para el implante de los ICRS (16). ....	40
Tabla 7.- Comparativa de los distintos modelos de ICRS intracorneales más habituales.....	41
Tabla 8.- Pasos diseñados por Ferrara para la selección del ICRL a implantar (148). ....	42
Tabla 9.- Representación de 4 tipos de asimetrías corneales delimitados por Ferrara (148). ...	43
Tabla 10.- Características de los ICRS ARF y AFR6.....	45
Tabla 11.- Nomograma diseñado por Fernández <i>et al.</i> (149) para conos centrales.....	46
Tabla 12.- Nomograma diseñado por Fernández <i>et al.</i> (149) para conos periféricos. ....	46
Tabla 13.- Nomograma a utilizar en base a la asimetría corneal definida por Ferrara.....	47
Tabla 14.- Espesor correspondiente a los dos Intacs® simétricos a implantar en base a la esfera preoperatoria de la refracción manifiesta. ....	52
Tabla 15.- Espesor correspondiente a los dos Intacs® asimétricos a implantar en base al cilindro preoperatorio de la refracción manifiesta. ....	53
Tabla 16.- Longitud de arco correspondiente a los dos Intacs® SK a implantar en base al astigmatismo topográfico preoperatorio.....	53
Tabla 17.- Espesor correspondiente a los dos Intacs®SK a implantar en base a la asfericidad.....	53
Tabla 18.- Clasificación de las ectasias en base a la AVcc preoperatoria.....	67
Tabla 19.- Clasificación de los resultados.....	79
Tabla 20.- Resumen del perfil demográfico y clínico de los sujetos. ....	79
Tabla 21.- Resumen descriptivo de los ICRS implantados.....	80
Tabla 22.- Descripción de la AVcc logMAR de los pacientes según el grado de ectasia. ....	80
Tabla 23.- Parámetros evaluados en el apartado 5.2. ....	82
Tabla 24.- Descripción de la AVcc logMAR de los pacientes.....	83
Tabla 25.- Comparación de la AVcc logMAR a lo largo del seguimiento.....	83
Tabla 26.- Descripción de la esfera de los pacientes. ....	84
Tabla 27.- Comparación de la esfera a lo largo del seguimiento. ....	84
Tabla 28.- Descripción del cilindro de los pacientes. ....	85
Tabla 29.- Comparación del cilindro a lo largo del seguimiento.....	85
Tabla 30.- Descripción de la K1 anterior de los pacientes. ....	86
Tabla 31.- Comparación del K1 anterior a lo largo del seguimiento.....	86
Tabla 32.- Descripción de la K2 anterior de los pacientes. ....	87
Tabla 33.- Comparación del K2 anterior a lo largo del seguimiento.....	87
Tabla 34.- Descripción de la K máxima de los pacientes.....	88
Tabla 35.- Comparación del K máxima a lo largo del seguimiento. ....	88
Tabla 36.- Descripción de la Q anterior de los pacientes.....	89



Tabla 37.- Comparación de la Q anterior a lo largo del seguimiento .....	89
Tabla 38.- Descripción del eje 1 anterior de los pacientes .....	90
Tabla 39.- Comparación del eje 1 anterior a lo largo del seguimiento .....	90
Tabla 40.- Descripción de la K1 posterior de los pacientes.....	91
Tabla 41.- Comparación del K1 posterior a lo largo del seguimiento. ....	91
Tabla 42.- Descripción de la K2 posterior de los pacientes.....	92
Tabla 43.- Comparación del K2 posterior a lo largo del seguimiento. ....	92
Tabla 44.- Descripción de la Q posterior de los pacientes. ....	93
Tabla 45.- Comparación de la Q posterior a lo largo del seguimiento.....	93
Tabla 46.- Descripción del eje 1 posterior de los pacientes.....	94
Tabla 47.- Comparación del eje 1 posterior a lo largo del seguimiento. ....	94
Tabla 48.- Descripción de la aberración esférica anterior de los pacientes. ....	95
Tabla 49.- Comparación de la aberración esférica anterior a lo largo del seguimiento. ....	95
Tabla 50.- Descripción del coma horizontal anterior de los pacientes. ....	96
Tabla 51.- Comparación del coma horizontal anterior a lo largo del seguimiento.....	96
Tabla 52.- Descripción del coma vertical anterior de los pacientes.....	97
Tabla 53.- Comparación del coma vertical anterior a lo largo del seguimiento. ....	97
Tabla 54.- Descripción de la RMS comática anterior de los pacientes. ....	98
Tabla 55.- Comparación de la RMS comática anterior a lo largo del seguimiento. ....	98
Tabla 56.- Descripción del trefoil 1 anterior de los pacientes. ....	99
Tabla 57.- Comparación del trefoil 1 anterior a lo largo del seguimiento. ....	99
Tabla 58.- Descripción del trefoil 2 anterior de los pacientes. ....	100
Tabla 59.- Comparación del trefoil 2 anterior a lo largo del seguimiento. ....	100
Tabla 60.- Descripción de la RMS trefoil anterior de los pacientes .....	101
Tabla 61.- Comparación de la RMS trefoil anterior a lo largo del seguimiento .....	101
Tabla 62.- Descripción de la aberración esférica posterior de los pacientes.....	102
Tabla 63.- Comparación de la aberración esférica posterior a lo largo del seguimiento .....	102
Tabla 64.- Descripción del coma horizontal posterior de los pacientes. ....	103
Tabla 65.- Comparación del coma horizontal posterior a lo largo del seguimiento .....	103
Tabla 66.- Descripción del coma vertical posterior de los pacientes.....	104
Tabla 67.- Comparación del coma vertical a lo largo del seguimiento .....	104
Tabla 68.- Descripción de la RMS comática posterior de los pacientes.....	105
Tabla 69.- Comparación de la RMS comática posterior a lo largo del seguimiento .....	105
Tabla 70.- Descripción del trefoil 1 posterior de los pacientes.....	106
Tabla 71.- Comparación del trefoil 1 posterior a lo largo del seguimiento .....	106
Tabla 72.- Descripción del trefoil 2 posterior de los pacientes.....	107
Tabla 73.- Comparación del trefoil 2 posterior a lo largo del seguimiento .....	107
Tabla 74.- Descripción de la RMS trefoil posterior de los pacientes. ....	108
Tabla 75.- Comparación de la RMS trefoil posterior a lo largo del seguimiento .....	108
Tabla 76.- Descripción de la paquimetría corneal mínima de los pacientes.....	109
Tabla 77.- Comparación de la paquimetría corneal mínima a lo largo del seguimiento .....	109
Tabla 78.- Descripción del volumen corneal de los pacientes .....	110
Tabla 79.- Comparación del volumen corneal a lo largo del seguimiento.....	110
Tabla 80.- Descripción de la profundidad CA de los pacientes.....	111
Tabla 81.- Comparación de la profundidad de la CA a lo largo del seguimiento .....	111

Tabla 82.- Descripción del volumen de la CA de los pacientes. ....	112
Tabla 83.- Comparación del volumen de la CA a lo largo del seguimiento.....	112
Tabla 84.- Descripción de la CH de los pacientes.....	113
Tabla 85.- Comparación de la CH a lo largo del seguimiento .....	113
Tabla 86.- Descripción de la CRF de los pacientes. ....	114
Tabla 87.- Comparación de la CRF a lo largo del seguimiento .....	114
Tabla 88.- Descripción de la PIOcc de los pacientes. ....	115
Tabla 89.- Comparación de la PIOcc a lo largo del seguimiento. ....	115
Tabla 90.- Parámetros analizados en el apartado 5.3.1.....	116
Tabla 91.- Resumen del modelo lineal mixto de la relación entre la AVcc logMAR y los parámetros refractivos. ....	117
Tabla 92.- Resumen del modelo lineal mixto de la relación entre la AVcc logMAR y los parámetros topográficos. ....	117
Tabla 93.- Resumen del modelo lineal mixto de la relación entre la AVcc logMAR y los parámetros aberrométricos.....	118
Tabla 94.- Resumen del modelo lineal mixto de la relación entre la AV con corrección y los parámetros morfológicos.....	119
Tabla 95.- Resumen del modelo lineal mixto de la relación entre la AV con corrección y los parámetros biomecánicos.....	119
Tabla 96.-Parámetros aberrométricos de la cara anterior de la córnea evaluados en el apartado 5.3.2.....	120
Tabla 97.- Parámetros aberrométricos de la cara posterior de la córnea evaluados en el apartado 5.3.2.....	121
Tabla 98.- Parámetros morfológicos evaluados en el apartado 5.3.2 .....	121
Tabla 99.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto de la aberración esférica anterior.....	122
Tabla 100.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del coma horizontal anterior.....	122
Tabla 101.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del coma vertical anterior. ....	123
Tabla 102.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre la RMS comática anterior.....	124
Tabla 103.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del trefoil 1 anterior .....	125
Tabla 104.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del trefoil 2 anterior.....	125
Tabla 105.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre la RMS trefoil anterior.....	126
Tabla 106.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto de la aberración esférica posterior. ....	127
Tabla 107.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del coma horizontal posterior.....	128
Tabla 108.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del coma vertical posterior. ....	129

Tabla 109.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre la RMS comática posterior. ....	129
Tabla 110.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del trefoil 1 posterior. ....	130
Tabla 111.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del trefoil 2 posterior. ....	131
Tabla 112.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre la RMS trefoil posterior. ....	131
Tabla 113.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el paquimetría corneal mínima. ....	132
Tabla 114.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el volumen corneal. ....	133
Tabla 115.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre la profundidad CA. ....	134
Tabla 116.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el volumen de la CA. ....	135
Tabla 117.-Parámetros evaluados en el apartado 5.4.1. ....	136
Tabla 118.- Resumen descriptivo de la AVcc logMAR de los pacientes según el número de ICRS ....	137
Tabla 119.- Resumen descriptivo de la esfera de los pacientes según el número de ICRS implantados. ....	138
Tabla 120.- Resumen descriptivo del cilindro de los pacientes según el número de ICRS implantados. ....	139
Tabla 121.- Resumen descriptivo de la K1 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados. ....	140
Tabla 122.- Resumen descriptivo de la K2 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados. ....	141
Tabla 123.- Resumen descriptivo de la K máxima de los pacientes según el número de ICRS implantados ....	142
Tabla 124.- Resumen descriptivo de la Q anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados ....	143
Tabla 125.- Resumen descriptivo de la K1 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados. ....	144
Tabla 126.- Resumen descriptivo de la K2 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados. ....	145
Tabla 127.- Resumen descriptivo de la Q posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados. ....	146
Tabla 128.- Resumen descriptivo de la aberración esférica anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados. ....	147
Tabla 129.- Resumen descriptivo del coma horizontal anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados. ....	148
Tabla 130.- Resumen descriptivo del coma vertical anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados. ....	149
Tabla 131.- Resumen descriptivo de la RMS comática anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados. ....	150

Tabla 132.- Resumen descriptivo del trefoil 1 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	151
Tabla 133.- Resumen descriptivo del trefoil 2 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	152
Tabla 134.- Resumen descriptivo de la RMS trefoil anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	153
Tabla 135.- Resumen descriptivo de la aberración esférica posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	154
Tabla 136.- Resumen descriptivo del coma horizontal posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	155
Tabla 137.- Resumen descriptivo del coma vertical posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	156
Tabla 138.- Resumen descriptivo de la RMS comática posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	157
Tabla 139.- Resumen descriptivo del trefoil 1 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	158
Tabla 140.- Resumen descriptivo del trefoil 2 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	159
Tabla 141.- Resumen descriptivo de la RMS trefoil posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	160
Tabla 142.- Resumen descriptivo de la paquimetría corneal mínima de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	161
Tabla 143.- Resumen descriptivo del volumen corneal de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	162
Tabla 144.- Resumen descriptivo de la profundidad CA de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	163
Tabla 145.- Resumen descriptivo del volumen de la CA de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	164
Tabla 146.- Resumen descriptivo de la CH de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	165
Tabla 147.- Resumen descriptivo de la CRF de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	166
Tabla 148.- Resumen descriptivo de la PIOcc de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	167
Tabla 149.- Parámetros evaluados en el apartado 5.4.2. ....	168
Tabla 150.- Descripción de la AVcc logMAR de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	169
Tabla 151.- Descripción de la esfera de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea. ....	170
Tabla 152.- Descripción del cilindro de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea. ....	171
Tabla 153.- Descripción de la K1 anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	172
Tabla 154.- Descripción de la K2 anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	173

Tabla 155.- Descripción de la K máxima de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	174
Tabla 156.- Descripción de la Q anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	175
Tabla 157.- Descripción de la K1 posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	176
Tabla 158.- Descripción de la K2 posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	177
Tabla 159.- Descripción de la Q posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	178
Tabla 160.- Descripción de la aberración esférica anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea. ....	179
Tabla 161.- Descripción del coma horizontal anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea. ....	180
Tabla 162.- Descripción del coma vertical anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	181
Tabla 163.- Descripción de la RMS comática anterior de los pacientes según el grado de la K máxima de la cara anterior de la córnea .....	182
Tabla 164.- Descripción del trefoil 1 anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	183
Tabla 165.- Descripción del trefoil 2 anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	184
Tabla 166.- Descripción de la RMS trefoil anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	185
Tabla 167.- Descripción de la aberración esférica posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea. ....	186
Tabla 168.- Descripción del coma horizontal posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea. ....	187
Tabla 169.- Descripción del coma vertical posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea. ....	188
Tabla 170.- Descripción de la RMS comática posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea. ....	189
Tabla 171.- Descripción del trefoil 1 posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	190
Tabla 172.- Descripción del trefoil 2 posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	191
Tabla 173.- Descripción de la RMS trefoil posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea. ....	192
Tabla 174.- Descripción de la paquimetría corneal mínima de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea. ....	193
Tabla 175.- Descripción del volumen corneal de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	194
Tabla 176.- Descripción de la profundidad de CA de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	195

Tabla 177.- Descripción del volumen de CA de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	196
Tabla 178.- Descripción de la CH de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea. ....	197
Tabla 179.- Descripción de la CRF de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea. ....	198
Tabla 180.- Descripción de la PIOcc de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea. ....	199
Tabla 181.- Parámetros evaluados en apartado 5.4.3. ....	200
Tabla 182.- Descripción de la AVcc logMAR de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	201
Tabla 183.- Descripción de la esfera de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	202
Tabla 184.- Descripción del cilindro de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	203
Tabla 185.- Descripción de la K1 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	204
Tabla 186.- Descripción de la K2 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	205
Tabla 187.- Descripción de la K máxima de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	206
Tabla 188.- Descripción de la Q anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	207
Tabla 189.- Descripción de la K1 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	208
Tabla 190.- Descripción de la K2 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	209
Tabla 191.- Descripción de la Q posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	210
Tabla 192.- Descripción de la aberración esférica anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	211
Tabla 193.- Descripción del coma horizontal anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	212
Tabla 194.- Descripción del coma vertical anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	213
Tabla 195.- Descripción de la RMS comática anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	214
Tabla 196.- Descripción del trefoil 1 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	215
Tabla 197.- Descripción del trefoil 2 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	216
Tabla 198.- Descripción de la RMS trefoil anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	217
Tabla 199.- Descripción de la aberración esférica posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	218

Tabla 200.- Descripción del coma horizontal posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	219
Tabla 201.- Descripción del coma vertical posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	220
Tabla 202.- Descripción de la RMS comática posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	221
Tabla 203.- Descripción del trefoil 1 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	222
Tabla 204.- Descripción del trefoil 2 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	223
Tabla 205.- Descripción de la RMS trefoil posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	224
Tabla 206.- Descripción de la paquimetría corneal mínima de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	225
Tabla 207.- Descripción del volumen corneal de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	226
Tabla 208.- Descripción de la profundidad CA de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea. ....	227
Tabla 209.- Descripción del volumen de CA de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	228
Tabla 210.- Descripción de la CH de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	229
Tabla 211.- Descripción de la CRF de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	230
Tabla 212.- Descripción de la PIOcc de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	231
Tabla 213.Parametros evaluados en el apartado 5.4.4. ....	232
Tabla 214.-Descripción del de la AVcc logMAR de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.....	233
Tabla 215.- Descripción de la esfera de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.....	234
Tabla 216.- Descripción del cilindro de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.....	235
Tabla 217.-Descripción de la K1 anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.....	236
Tabla 218.- Descripción de la K2 anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.....	237
Tabla 219.- Descripción de la K máxima de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.....	238
Tabla 220.- Descripción de la Q anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.....	239
Tabla 221.- Descripción del K1 posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.....	240
Tabla 222.- Descripción de la K2 posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.....	241



Tabla 223.- Descripción de la Q posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	242
Tabla 224.- Descripción de la aberración esférica anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	244
Tabla 225.- Descripción del coma horizontal anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	245
Tabla 226.- Descripción del coma vertical anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	246
Tabla 227.- Descripción de la RMS comática anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	247
Tabla 228.- Descripción del trefoil 1 anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	248
Tabla 229.- Descripción del trefoil 2 anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	249
Tabla 230.- Descripción de la RMS trefoil anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	250
Tabla 231.- Descripción de la aberración esférica posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	251
Tabla 232.- Descripción del coma horizontal posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	252
Tabla 233.- Descripción del coma vertical posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	253
Tabla 234.- Descripción de la RMS comática posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	254
Tabla 235.- Descripción del trefoil 1 posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	255
Tabla 236.- Descripción del trefoil 2 posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	256
Tabla 237.- Descripción de la RMS trefoil posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	257
Tabla 238.- Descripción de la paquimetría corneal mínima de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	258
Tabla 239.- Descripción del volumen corneal de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	259
Tabla 240.- Descripción de la profundidad de CA de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	260
Tabla 241.- Descripción del volumen de CA de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	261
Tabla 242.- Descripción de la CH de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	262
Tabla 243.- Descripción de la CRF de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	263
Tabla 244.- Descripción de la PIO cc de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	264





# ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1.- Evolución de la mediana de la AVcc logMAR de los pacientes según el grado de ectasia .....	81
Gráfico 2.- Evolución de la mediana de la AVcc logMAR de los pacientes .....	83
Gráfico 3.- Evolución de la mediana de la esfera de los pacientes .....	84
Gráfico 4.- Evolución de la mediana del cilindro de los pacientes.....	85
Gráfico 5.- Evolución de la mediana de K1 anterior de los pacientes.....	86
Gráfico 6.- Evolución de la mediana de K2 anterior de los pacientes.....	87
Gráfico 7.- Evolución de la mediana de la K máxima de los pacientes . .....	88
Gráfico 8.- Evolución de la mediana de la Q anterior de los pacientes . .....	89
Gráfico 9.- Evolución medianadel eje 1 anterior de los pacientes.....	90
Gráfico 10.- Evolución de la mediana de la K1 posterior de los pacientes . .....	91
Gráfico 11.- Evolución de la mediana de la K2 posterior de los pacientes . .....	92
Gráfico 12.- Evolución de la mediana de la Q posterior de los pacientes .....	93
Gráfico 13.-Evolución de la mediana del eje 1 posterior de los pacientes .....	94
Gráfico 14.- Evolución de la mediana de la aberración esférica anterior de los pacientes .....	95
Gráfico 15.- Evolución de la mediana del coma horizontal anterior de los pacientes.....	96
Gráfico 16.- Evolución de la mediana del coma vertical anterior de los pacientes .....	97
Gráfico 17.- Evolución de la mediana de la RMS comática anterior de los pacientes .....	98
Gráfico 18.- Evolución de la mediana del trefoil 1 anterior de los pacientes . .....	99
Gráfico 19.- Evolución de la mediana del trefoil 2 anterior de los pacientes . .....	100
Gráfico 20. Evolución de la mediana de la RMS trefoil anterior de los pacientes . .....	101
Gráfico 21.- Evolución de la mediana de la aberración esférica posterior de los pacientes ....	102
Gráfico 22.- Evolución de la mediana del coma horizontal posterior de los pacientes .....	103
Gráfico 23.- Evolución de la mediana del coma vertical posterior de los pacientes .....	104
Gráfico 24.- Evolución de la mediana de la RMS comática posterior de los pacientes .....	105
Gráfico 25.- Evolución de la mediana del trefoil 1 posterior de los pacientes . .....	106
Gráfico 26.- Evolución de la mediana del trefoil 2 posterior de los pacientes . .....	107
Gráfico 27.- Evolución de la mediana de la RMS trefoil posterior de los pacientes . .....	108
Gráfico 28.- Evolución de la mediana de la paquimetría corneal mínima de los pacientes .....	109
Gráfico 29.-Evolución de la mediana del volumen corneal de los pacientes.....	110
Gráfico 30.- Evolución de la mediana de la profundidad de CA de los pacientes.....	111
Gráfico 31.- Evolución de la mediana del volumen de CA de los pacientes .....	112
Gráfico 32.- Evolución de la mediana de la CH de los pacientes .....	113
Gráfico 33.- Evolución de la mediana de la CRF de los pacientes.....	114
Gráfico 34.- Evolución de la mediana de la PIOcc de los pacientes.....	115
Gráfico 35.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la AVcc logMAR de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	137
Gráfico 36.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la esfera de los pacientes según el número de ICRS.....	138

Gráfico 37.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del cilindro de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	139
Gráfico 38.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	140
Gráfico 39.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	141
Gráfico 40.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K máxima de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	142
Gráfico 41.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	143
Gráfico 42.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	144
Gráfico 43.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	145
Gráfico 44.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	146
Gráfico 45.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	147
Gráfico 46.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	148
Gráfico 47.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	149
Gráfico 48.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS comática anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	150
Gráfico 49.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	151
Gráfico 50.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	152
Gráfico 51.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS trefoil anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	153
Gráfico 52.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	154
Gráfico 53.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	155
Gráfico 54.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	156
Gráfico 55.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS comática posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	157
Gráfico 56.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	158
Gráfico 57.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	159
Gráfico 58.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS trefoil posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados .....	160

Gráfico 59.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la paquimetría corneal mínima de los pacientes según el número de ICRS implantados.....	161
Gráfico 60.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen corneal de los pacientes según el número de ICRS implantados .	162
Gráfico 61.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la profundidad CA de los pacientes según el número de ICRS implantados .	163
Gráfico 62.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen de la CA de los pacientes según el número de ICRS implantados .	164
Gráfico 63.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CH de los pacientes según el número de ICRS implantados .	165
Gráfico 64.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CRF de los pacientes según el número de ICRS implantados .	166
Gráfico 65.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la PIOcc de los pacientes según el número de ICRS implantados .	167
Gráfico 66.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la AVcc logMAR de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea .....	169
Gráfico 67.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la esfera de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea .....	170
Gráfico 68.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del cilindro de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea .....	171
Gráfico 69.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	172
Gráfico 70.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	173
Gráfico 71.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K máxima de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea .....	174
Gráfico 72.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea .....	175
Gráfico 73.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea .....	176
Gráfico 74.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea .....	177
Gráfico 75.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	178
Gráfico 76.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea	179
Gráfico 77.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	180
Gráfico 78.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea .....	181
Gráfico 79.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS comática anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.....	182
Gráfico 80.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea .....	183

Gráfico 81.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea ..... 184

Gráfico 82.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS trefoil anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea ..... 185

Gráfico 83.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea..... 186

Gráfico 84.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea..... 187

Gráfico 85.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea..... 188

Gráfico 86.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS comática posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea..... 189

Gráfico 87.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea ..... 190

Gráfico 88.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea ..... 191

Gráfico 89.- Evolución media y rango intercuartílico de la RMS trefoil posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea..... 192

Gráfico 90.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la paquimetría corneal mínima de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea 193

Gráfico 91.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen corneal de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea ..... 194

Gráfico 92.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la profundidad de CA los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea ..... 195

Gráfico 93.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen de CA de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea ..... 196

Gráfico 94.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CH de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea. .... 197

Gráfico 95. Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CRF de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea. .... 198

Gráfico 96.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la PIOcc de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea..... 199

Gráfico 97.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la AVcc logMAR de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea..... 201

Gráfico 98.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la esfera de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea ..... 202

Gráfico 99.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del cilindro de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea . .... 203

Gráfico 100.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea ..... 204

Gráfico 101.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea..... 205

Gráfico 102.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K máxima de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea ..... 206

Gráfico 103.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	207
Gráfico 104.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	208
Gráfico 105.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	209
Gráfico 106.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	210
Gráfico 107.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	211
Gráfico 108.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	212
Gráfico 109.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	213
Gráfico 110.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS comática anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	214
Gráfico 111.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	215
Gráfico 112.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	216
Gráfico 113.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS trefoil anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	217
Gráfico 114.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	218
Gráfico 115.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	219
Gráfico 116.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	220
Gráfico 117.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	221
Gráfico 118.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	222
Gráfico 119.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	223
Gráfico 120.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS trefoil posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	224
Gráfico 121.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aquipmetría corneal mínima de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	225
Gráfico 122.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen corneal de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	226
Gráfico 123.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la profundidad CA de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	227
Gráfico 124.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen de CA de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	228

Gráfico 125.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CH de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	229
Gráfico 126.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CRF de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.....	230
Gráfico 127.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la PIOcc de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea .....	231
Gráfico 128.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del de la AVcc logMAR de los pacientes según la ET y EC de la cara anterior de la córnea .....	233
Gráfico 129.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la esfera de los pacientes según la ET y EC de la cara anterior de la córnea .....	234
Gráfico 130.-Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del cilindro de los pacientes según la ET y EC de la cara anterior de la córnea .....	235
Gráfico 131.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 anterior de los pacientes según la ET y EC de la cara anterior de la córnea .....	236
Gráfico 132.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	237
Gráfico 133.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K máxima de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.....	238
Gráfico 134.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.....	239
Gráfico 135.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ...	240
Gráfico 136.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ...	241
Gráfico 137.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ...	242
Gráfico 138.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.....	244
Gráfico 139.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	245
Gráfico 140.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	246
Gráfico 141.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS comática anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	247
Gráfico 142.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ...	248
Gráfico 143.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ...	249
Gráfico 144.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS trefoil anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ...	250



Gráfico 145.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.....	251
Gráfico 146.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	252
Gráfico 147.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical posterior de los según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	253
Gráfico 148.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS comática posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	254
Gráfico 149.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ...	255
Gráfico 150.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ...	256
Gráfico 151.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS trefoil posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	257
Gráfico 152.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la paquimetría corneal mínima de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.....	258
Gráfico 153.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen corneal de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ...	259
Gráfico 154.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la profundidad de CA de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.. ...	260
Gráfico 155.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen de CA de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ...	261
Gráfico 156.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CH de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	262
Gráfico 157.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CRF de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea. ....	263
Gráfico 158.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la PIOcc de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.....	264







# *ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS*

---



---

<b>AVcc</b>	Agudeza visual con corrección.
<b>AVsc</b>	Agudeza visual sin corrección.
<b>CA</b>	Cámara anterior.
<b>CH</b>	“Corneal hysteresis”, siglas en inglés de histéresis corneal.
<b>CRF</b>	“Corneal resistance factor”, siglas en inglés de factor de resistencia corneal.
<b>D</b>	Dioptría.
<b>EC</b>	Eje refractivo de referencia.
<b>ER</b>	Eje topográfico de referencia.
<b>ET</b>	Eje comático de referencia.
<b>K1</b>	“Keratometry 1”, siglas en inglés de potencia dióptrica correspondiente a la superficie corneal anterior o posterior en el meridiano más plano determinado mediante topografía dentro de los 3mm centrales.
<b>K2</b>	“Keratometry 2”, siglas en inglés de potencia dióptrica correspondiente a la superficie corneal anterior o posterior en el meridiano más curvo determinado mediante topografía dentro de los 3mm centrales.
<b>LASIK</b>	Laser in situ keratomileusis.
<b>LER</b>	Lecho estroma residual.
<b>LogMAR</b>	Logaritmo del mínimo ángulo de resolución.
<b>mm</b>	Milímetro, unidad de longitud.
<b>ORA®</b>	“Ocular Response Analyzer”, siglas en inglés de Analizador de Respuesta Ocular. Dispositivo especializado para la caracterización de los parámetros biomecánicos de la córnea.
<b>PIO</b>	Presión intraocular.
<b>PSF</b>	Point Spread Function.
<b>PRK</b>	Queratotomía Fotorefractiva.
<b>Q</b>	Asfericidad.
<b>RMS</b>	Root Mean Square.
<b>µm</b>	Micra, unidad de longitud.



# *RESUMEN*

---





## INTRODUCCIÓN

El Laser in situ keratomileusis (LASIK) se ha convertido en una cirugía de las más comunes a la hora de tratar la miopía, hipermetropía y astigmatismo, debido a su habilidad de corregir el error refractivo de una manera rápida, eficaz e indolora. La ectasia corneal es una de sus complicaciones más graves. Está asociada a un adelgazamiento y un progresivo incurvamiento de la córnea en dirección al vértice del cono. Se traduce en, un aumento de la miopía y del astigmatismo irregular, una disminución de la agudeza visual (AV) sin corrección, y a menudo también con ella en los casos más severos, una alteración en el comportamiento biomecánico corneal, un incremento de las aberraciones corneales.

Se han propuesto varias opciones como enfoques terapéuticos para este tipo de ectasias, dependiendo de la gravedad, incluida la adaptación de lentes de contacto, crosslinking o la implantación de segmentos o anillos intracorneales (ICRS). Los ICRS son pequeños dispositivos de material sintético, que son implantados en el estroma corneal e inducen cambios en su estructura o geometría.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se trata de un estudio retrospectivo donde se han incluido veintiséis ojos de diecinueve pacientes afectados de ectasia secundaria a cirugía LASIK que posteriormente tratados mediante implante de anillos intracorneales (ICRS) de tipo Ferrara (AJL, Vitoria). Inicialmente se les realizó un examen refractivo que contaba con la medida de la agudeza visual con corrección (AVcc) además de la refracción manifiesta. Mediante el dispositivo Pentacam®HR (Oculus, Otiogeräte GmbH, Wetzlar, Alemania) se midieron los cambios topográficos (la potencia dióptrica de los meridianos corneales más planos, más curvados y máximos; K1, K2 y K máxima; la asfericidad, Q, y el eje 1, tanto en la cara anterior como posterior), los cambios aberrométricos (la aberración esférica, la aberración comática vertical y horizontal, la RMS comática, el trefoil 1 y la RMS del trefoil y ambas superficies corneales) y los cambios morfológicos (paquimetría y volumen corneal y profundidad y volumen de la cámara anterior). La biomecánica corneal se estudió mediante el analizador de respuesta ocular (ORA® Reichert-DePew, NY, Inc) mediante los parámetros histéresis corneal (CH), factor de resistencia corneal (CRF) y presión intraocular corneo compensada (PIOcc). Los datos obtenidos se evaluaron mediante el *software* estadístico R. El estudio ha tenido una duración de cinco años en los que se ha realizado una visita preoperatoria, al mes, seis meses, un año y cinco años después de la cirugía.

## RESULTADOS

Se observó una mejoría de la AVcc ( $p=0,30$ ) a lo largo de las vistas, pero sin llegar a ser estadísticamente significativa en ninguno de los casos. Por otra parte, se encontró una disminución de los valores de la esfera ( $p<0,001$ ) y el cilindro ( $p=0,70$ ). Al evaluar la topografía de la cara anterior de la córnea se observó una disminución estadísticamente significativa de K1, K2, Km ( $p<0,001$ ) y de Q ( $p=0,003$ ). En cuanto a la cara posterior el cambio estadísticamente significativo ocurrió únicamente en K2 ( $p=0,005$ ). En las aberraciones encontramos un aumento

estadísticamente significativo en la cara anterior de la aberración esférica ( $p=0,004$ ), del coma vertical ( $p=0,006$ ) de la RMS comática ( $p=0,002$ ), y del RMS del trefoil ( $p<0,001$ ) y una disminución estadísticamente significativa del coma horizontal anterior ( $p=0,0039$ ). En cuanto a los parámetros morfológicos se observó una reducción estadísticamente significativa del volumen corneal ( $p=0,011$ ) y del volumen de la CA ( $p=0,031$ ). Los datos proporcionados por el ORA® únicamente encontramos cambios estadísticamente significativos en la PIOcc a lo largo del estudio ( $p=0,032$ ). Se observó una relación estadísticamente significativa a lo largo del estudio de la AVcc con los cambios en la esfera, de K1, K2 y q de la cara anterior y con K1 y Q de la cara posterior, el trefoil 2 de la cara anterior y coma horizontal de la cara posterior. También se encontró relación estadísticamente significativa con los parámetros topográficos, con la aberración esférica anterior que se relaciona de manera estadísticamente significativa con Q de la cara posterior. Se observó una relación estadísticamente significativa entre la aberración comática horizontal y la RMS comática con K1 anterior, K2 y K máxima en la cara anterior y K1, K2 y Q de la cara posterior. El trefoil 1 y la RMS del trefoil de la cara anterior con la K máxima. La aberración esférica posterior con K1 y K2 de ambas caras y con K máxima. La aberración comática horizontal y la RMS comática posterior con K1 y K2 de ambas superficies, con K máxima y Q de la cara anterior. La aberración comática vertical, el trefoil 1 y RMS del trefoil de la cara posterior con K máxima. La paquimetría corneal se relacionó a nivel estadístico de manera significativa con la Q anterior y posterior y K1 y K2 de la superficie posterior. El volumen corneal con K1 y K2 de ambas superficies. La profundidad de la CA con K1 y K2 de ambas superficies y Q de la cara anterior y el volumen corneal con K máxima. Los mayores cambios producidos por los ICRS se encontraron en córneas con K superiores a 56,75D, Q inferior a -0,50 y aquellas que contaban una diferencia entre el eje topográfico y comático superior a 60°.

## CONCLUSIÓN

Estos resultados sugieren que el implante de anillos intraestromales puede ser considerado como una opción terapéutica para tratar la ectasia iatrogénica secundaria a LASIK, debido al aplanamiento corneal y a la mejora visual que generan.





# *1 INTRODUCCIÓN*

---



## 1.1 ANATOMOFISIOLOGÍA DE LA CÓRNEA

La córnea es la cara anterior del globo ocular, protegida únicamente por la película lagrimal y por los párpados en las situaciones en las que estos se encuentran cerrados. Alrededor, en sus 360°, se encuentra el limbo esclero-corneal, que sirve de transición entre la córnea y la esclerótica. Las principales funciones de la córnea son: permitir la transmisión y refracción de la luz, contener la presión intraocular (PIO) y proporcionar protección a los tejidos y humores intraoculares. Su mayor característica es la transparencia, condición indispensable para permitir el paso de la luz al interior del globo ocular. La transparencia se debe a varios factores: la gran uniformidad y disposición regular de los distintos componentes y la ausencia de vasos sanguíneos en todo su tejido (1). Al ser avascular, el oxígeno y los nutrientes (carbohidratos, vitaminas, aminoácidos etc.) son entregados a través del endotelio (capa más interna), obtenidos del humor acuoso, de las arcadas vasculares que se ubican en el limbo esclero-corneal o absorbido por el epitelio (capa más externa) de la película lagrimal.

A pesar de carecer de vasos sanguíneos, es uno de los tejidos periféricos más ricamente inervados del cuerpo humano. Esta inervación, es en su mayoría de origen sensorial, proviene de la rama oftálmica del trigémino (V par craneal). Las fibras nerviosas penetran en la córnea a nivel del estroma en un patrón radial, a través del limbo esclerocorneal. Una vez penetran en el estroma pierden su envoltura de mielina con el objetivo de mantener la transparencia corneal (2) (3) (4).

La córnea actúa como una lente convergente proporcionando aproximadamente 40-44D, de las 58D oculares, lo cual equivale a 2/3 de la capacidad refractiva total del ojo, un 70%. Tiene una forma convexo-cóncava, cuya cara anterior tiene un radio de curvatura de aproximadamente 7,70mm y 6,80mm en la cara posterior. El espesor varía entre 490µm y 600µm a nivel central (ápex corneal) y entre 700µm y 800µm en la periferia y un índice de refracción (n) de 1,376 (4) (5) (6) (7). La superficie tiene una forma elíptica, ya que cuenta con un diámetro horizontal (eje nasal-temporal) de 11,00-12,00mm y 9,00-11,00mm en sentido vertical (eje superior-inferior) (8) (9).

1: Epitelio corneal con membrana de Bowman

2: Estroma

3: Endotelio corneal

*(Las capas que faltan no se distinguen en esa imagen)*

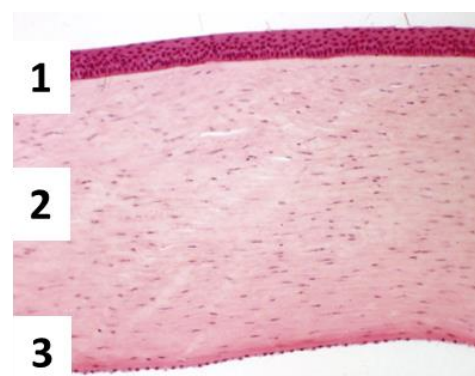


Figura 1.- Imagen histológica de córnea humana (10).

La estructura de la córnea está formada por varias capas, como se muestra en la Figura 1 y Figura 2, la capa exterior se denomina epitelio y la capa más interna que se denomina endotelio. Entre ellas se encuentra la membrana de Bowman, el estroma, la capa Dua y la membrana de Descemet.

El **epitelio** se encuentra en la zona externa y forma una barrera protectora del medio exterior. Cuando está íntegro es altamente impermeable, excepto a gases como el oxígeno ( $O_2$ ) o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), por lo que es la encargada de absorber oxígeno y nutrientes de la lágrima, y distribuirlos al resto de la córnea. Representa un 10% de la estructura (50-56 $\mu m$  aproximadamente) (11). El epitelio tiene gran potencial regenerativo ya que se regenera aproximadamente cada siete días. La renovación del epitelio corneal se explica por medio de una reserva de células madre que está localizada en el epitelio del limbo corneal (1). Estas células migran en sentido transversal desde el limbo hasta la región central de la córnea (12). Se considera una continuación del epitelio de la conjuntiva y se trata de una capa pluriestratificada. La cara más superficial consta de dos capas de células planas que cuentan con numerosas microvellosidades que ayudan a estabilizar la película lagrimal. Las capas intermedias están formadas por células alares, que son más planas según más superficial es la célula y la capa más interna está formada por células columnares. Inmediatamente a continuación se encuentra la membrana basal del epitelio, que sirve de unión entre éste y la capa de Bowman.

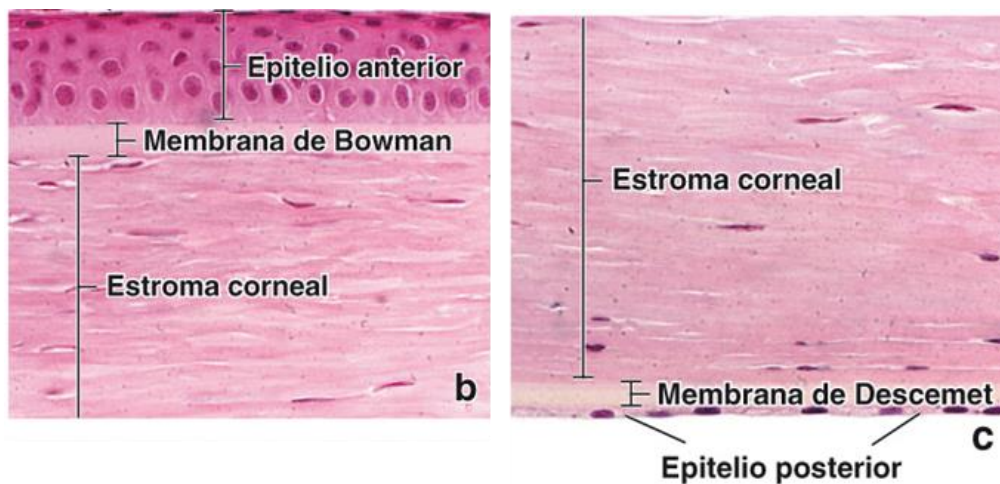


Figura 2.- Imagen histológica corneal (13).

La **capa de Bowman** es una membrana basal del epitelio. Es una capa acelular resistente que protege el estroma corneal, evitando el paso de sustancias. Está conformada principalmente por fibras de colágeno de tipo I, III, V y VII organizadas de forma aleatoria. Tiene un espesor de 8-20 $\mu m$ . Debido a la ausencia de células tiene una baja capacidad regenerativa, esto es, se puede regenerar, pero sin llegar a obtener su grosor original y generando una reacción cicatricial. En el margen anterior se encuentra bien delimitada por la membrana basal del epitelio y por el contrario, la cara posterior se mezcla con el estroma corneal (8) (5).

El **estroma corneal** es el estrato más grueso de la córnea y representa el 90% del espesor total, de unas 500 $\mu m$ -540 $\mu m$  en el área central y de unas 700 $\mu m$  en su área más periférica, por lo que las propiedades mecánicas de la córnea son estrictamente dependientes del estroma. Se trata de una capa conjuntiva que consta de fibras de colágeno (80% del peso seco de la córnea), células del estroma (5%) y sustancia fundamental (15%).

Contiene aproximadamente 200 láminas formadas por fibras fundamentalmente de colágeno tipo I y tipo V en pequeñas cantidades. A pesar de que no se sabe el trayecto real que llevan las fibras de colágeno, sí que parece que transcurren paralelas entre sí siguiendo dos orientaciones preferentes horizontal (nasal-temporal) y vertical (superior-inferior),



modificándose hacia la periferia donde adquieren una dirección preferentemente circunferencial como se muestra en la Figura 3. Esta organización tan precisa es la que confiere transparencia, fuerza y elasticidad a la córnea (1) (14).

Además, para que la córnea sea un tejido ópticamente transparente, las fibras de colágeno deben tener un radio inferior a la longitud de onda de la luz. Por otro lado, para eliminar la dispersión de la luz que atraviesa la córnea, la separación entre las fibras también debe ser menor que la longitud de onda, consiguiendo así que se genere una interferencia destructiva entre las ondas (1) (15).

Entre las láminas se encuentran los queratocitos, fibroblastos especializados de la córnea, que son responsables de la síntesis de las fibras de colágeno y proteoglicanos, un tipo de glucoproteína. En el estroma también hay leucocitos y macrófagos, procedentes de los vasos sanguíneos de la periferia corneal; son poco abundantes, pero en caso de inflamación la presencia de estas células aumenta considerablemente. El último componente del estroma es el proteico, conformado por mucoproteínas y glucoproteínas, que se encargan de rellenar el espacio entre las láminas de colágeno.

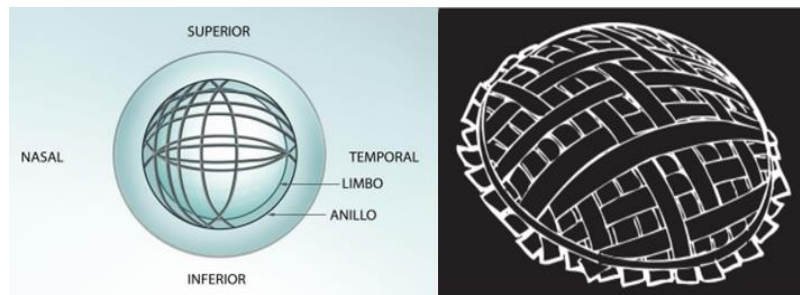


Figura 3.- *Izquierda*: modelo de orientación de las fibras de colágeno en la córnea humana, "cinturón de Fyogorov". *Derecha*: esquema de las direcciones de las fibras en la córnea y limbo (16).

La **Capa de Dua** ha sido la última en ser descrita en 2013. Corresponde a una capa acelular compuesta por láminas de colágeno con  $15\mu\text{m}$  de espesor, compacta, consistente y bien definida, que se encuentra entre el estroma y la membrana de Descemet (17).

La **Membrana de Descemet** (membrana basal posterior) es la membrana basal del endotelio corneal. El estrato está formado principalmente por fibras de colágeno IV y VIII junto a glicoproteínas, laminina y fibronectina que le proporcionan gran elasticidad y resistencia ante agresiones traumáticas o inflamatorias. Tiene una gran capacidad de regeneración después de una lesión. Su espesor varía a lo largo de la vida (13), en el momento del nacimiento tiene un espesor de  $3\mu\text{m}$ , mientras que en la edad adulta alcanza un espesor de  $8-10\mu\text{m}$ .

El **endotelio corneal** es una capa única de células hexagonales y aplanadas, con  $5\mu\text{m}$  de espesor, ricas en mitocondrias, que recorre la totalidad de la cara posterior de la córnea. Estas células regulan el transporte de fluidos y solutos entre el humor acuoso y el estroma. Aparte de barrera actúa también como una bomba activa, retirando agua del estroma, controlando así la hidratación y el grosor constante, y por tanto la transparencia de esta. Si el endotelio no puede conservar un balance de fluidos, el estroma se hincha debido al exceso de líquidos, lo que provoca la pérdida de transparencia de la córnea (1) (18).

Contiene aproximadamente 3500 a 4000/mm<sup>2</sup> de células al momento de nacer y el mínimo necesario para su funcionamiento es de 300 a 600/mm<sup>2</sup>. El endotelio sufre una pérdida de células con la edad, con un ritmo promedio del 0,22% anual entre los 17 y 83 años, siendo esta pérdida más rápida en personas más jóvenes y más lenta en la edad adulta. La reducción del número de células también puede darse después de un traumatismo (1) (13).

El endotelio corneal no se regenera si no que las células modifican su forma para compensar la pérdida de células muertas, cubriendo la zona que ha quedado vacía, lo que tiene un fuerte impacto en la regulación de los fluidos. Esto da origen a cambios morfológicos de las células endoteliales, como son el polimegetismo (diversidad de tamaño entre sus células) y pleomorfismo (diversidad de forma) (1).

### 1.1.1 ECTASIAS CORNEALES

Se conoce bajo el nombre de ectasia corneal a un conjunto de alteraciones morfológicas y estructurales que tienen lugar en la córnea. Aunque su etiopatogenia no está del todo clara, se ha demostrado que está asociada a un adelgazamiento corneal y un progresivo encorvamiento de la córnea en dirección al vértice del cono. En ella, ambas caras de la córnea se ven implicadas, traduciéndose en una alteración en el comportamiento biomecánico corneal, un incremento de las aberraciones corneales, aumento de la miopía y del astigmatismo irregular, una disminución de la agudeza visual (AV) sin corrección, y a menudo también con corrección en los casos más severos. En cuanto al examen biomicroscópico pueden aparecer también signos como la presencia de signo de Munson, estrías de Vogt, signo de Rizutti o anillo de Fleischer. En la Figura 4 se muestran fotos de los signos (19) (20) (21).

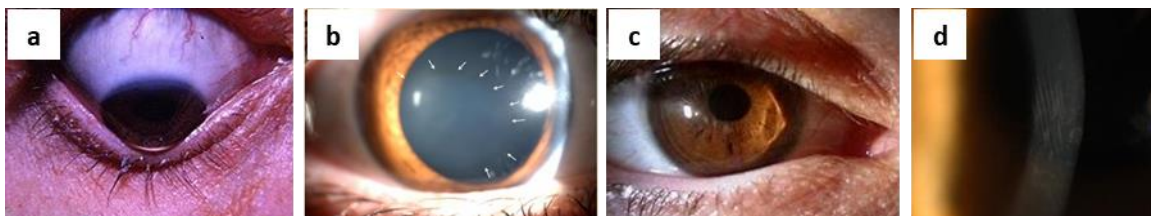


Figura 4.- a) Signo de Munson (foto cedida por la Dra. Cristina Peris) b) Anillo de Fleischer (Foto cedida por la Dra. Cristina Peris) c) Signo de Rizutti (foto cedida por Davide Bambilla) d) Estrías de Vogt (foto cedida por la Dra. Cristina Peris).

Hoy en día el diagnóstico de esta patología se realiza mediante la clínica y topografía corneal fundamentalmente. Lo más común es encontrarse con asimetría de poder refractivo entre la hemicórnea superior y la inferior y espesores reducidos en la zona ectásica respecto al resto de la córnea (19) (22).

En los primeros estadios, el encorvamiento posterior que se produce inicialmente, con su consiguiente disminución del espesor corneal, es disimulado por el poder hiperplásico del epitelio, enmascarando así la presencia de ectasia corneal, y dificultando su diagnóstico.

Las ectasias pueden aparecer tanto en córneas no intervenidas conocidas como primarias o naturales, como en córneas tratadas, secundarias a la aplicación de un procedimiento potencialmente debilitante sobre la córnea, como puede ser una cirugía refractiva. Siguiendo este criterio se pueden clasificar en primarias o naturales y secundarias o iatrogénicas. En la Tabla 1 se muestra esta diferenciación.

Tabla 1.- Clasificación de las ectasias según su origen.

<b>NATURALES</b>
• Queratocono
• Degeneración marginal Pelúcida
• Queratogloblo
<b>SECUNDARIAS</b>
• Iatrogénica tras cirugía de ablación de superficie
• Traumatismo contuso
• Ectasia de la incisión quirúrgica

En los siguientes subapartados haremos un breve resumen de las ectasias naturales más frecuentes (Figura 5), para después centrarnos en las ectasias iatrogénicas.

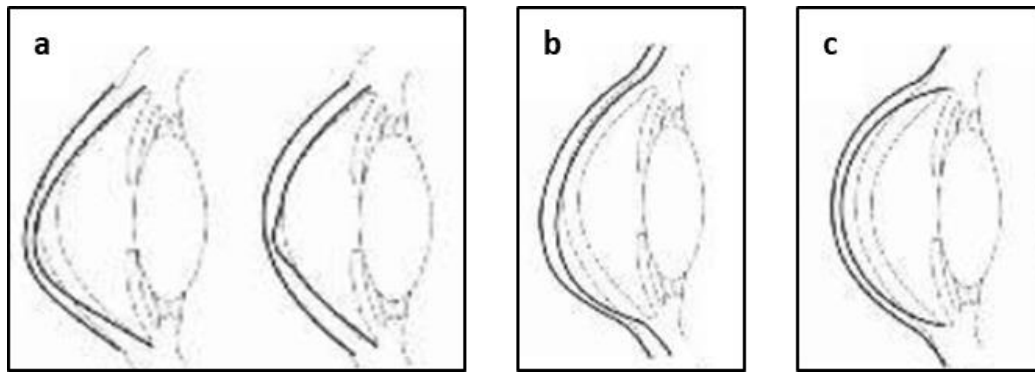


Figura 5.- Representación esquemática de las diferentes ectasias corneales: a) Queratocono anterior y posterior b) Degeneración marginal pelúcida c) Queratogloblo.

#### 1.1.1.1 QUERATOCONO

El queratocono cursa con un aumento progresivo de la curvatura corneal (Figura 6), de la miopía y del astigmatismo irregular. La incidencia de queratocono es de uno de cada dos mil habitantes por año en la población general, es la más frecuente de todas (23). El proceso es bilateral, pero generalmente asimétrico. Suele detectarse en la pubertad y progresa a lo largo de la tercera y cuarta década de la vida. El ritmo de progresión suele ser más acelerado cuanto más joven es el paciente en el momento de manifestarse la enfermedad. Presentan una gran variabilidad, dependiendo de lo avanzada que esté la ectasia. En estadios iniciales, puede que la visión no esté afectada, que únicamente se detecte una dificultad en graduar al paciente y alteración de su calidad visual, no de su cantidad, ya que el paciente puede llegar a ver 20/20 e incluso más. Sin embargo, en estadios finales de la enfermedad puede haber un importante compromiso visual (24).

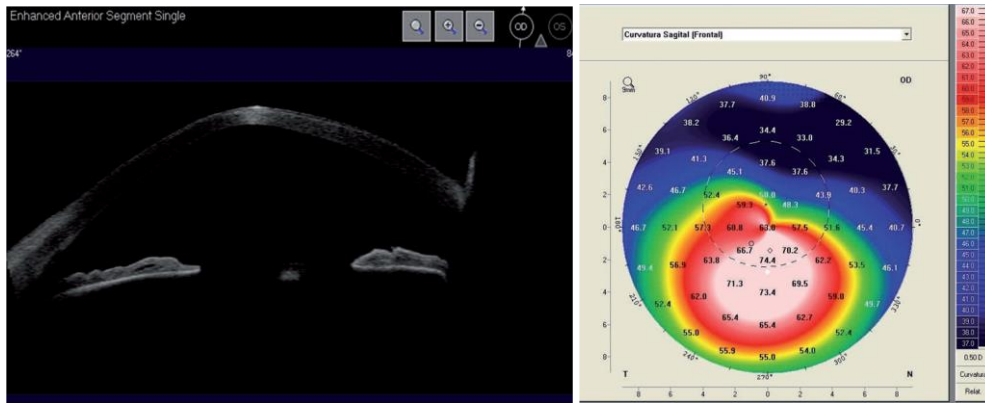


Figura 6.- *Izquierda:* imagen realizada mediante tomografía de segmento anterior (OCT-Visante™). *Derecha:* patrón topográfico típico de un queratocono (Pentacam® HR). Foto cedida por la Dra. Cristina Peris.

En la Tabla 2 y en la Figura 4 se muestran los signos que se pueden encontrar cuando nos hallamos frente a un queratocono.

Las causas con las que se ha llegado a relacionar la aparición del queratocono son las siguientes (25):

- Frotamiento ocular
- Síndrome de Down
- Amaurosis congénita de Leber
- Atopia
- Alergia
- Conectivopatías
- Hipermotilidad articular
- Prolapso de la válvula mitral
- Párpado flácido (*floppy eyelid*)
- Acné-Rosacea
- Ehlers-Danlos
- Osteogénesis imperfecta
- Traumatismo contuso

Tabla 2.- Signos del queratocono.

SIGNOS EXTERNOS	LÁMPARA DE HENDIDURA	SIGNOS DE RETROILUMINACIÓN	SIGNOS TOPOGRÁFICOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Asimetría superior e inferior marcada</li> <li>•Signo de Rizzuti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Anillo de Fleischer</li> <li>•Protrusión crónica</li> <li>•Estrías de Voght</li> <li>•Opacidad superficial y profunda</li> <li>•Adelgazamiento estromal</li> <li>•Nervios pronunciados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Imagen en tijera en la retinoscopia.</li> <li>•Signo del reflejo en gota de aceite de Charleaux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Asimetría superior/inferior aumentada</li> <li>•Potencia dióptrica aumentada de manera localizada</li> <li>•Valores de K superiores a 47D</li> </ul>

### 1.1.1.2 DEGENERACIÓN MARGINAL PELÚCIDA

La degeneración marginal pelúcida puede ser una variación del queratocono ya que comparten similitudes histológicas (26). En este caso la ectasia se caracteriza por estar situada en la córnea periférica, en la zona inferior, entre las cuatro y ocho horas del reloj. Suele aparecer entre los veinte y cuarenta años de manera bilateral y asimétrica igual que pasaba con el queratocono (27). La imagen topográfica clásica tiene un aspecto en “croissant”, como se muestra en la Figura 7. En los estadios más iniciales no suele encontrarse pérdida de visión ya que afecta a una zona que está fuera del eje visual, pero según va aumentando la deformación empieza a aparecer una afectación visual progresiva debido a un astigmatismo elevado, típicamente contra la regla, que se hace irregular. No hay predisposición a padecerla ni por raza ni por género.

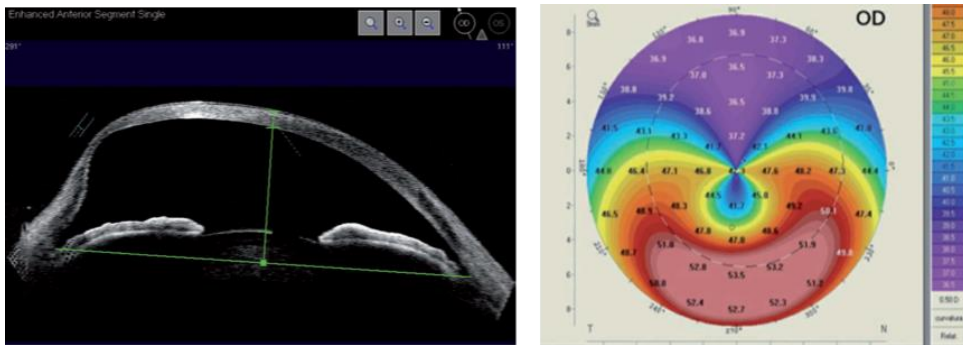


Figura 7.- *Izquierda*: imagen realizada mediante tomografía de segmento anterior (OCT-Visante™) donde puede apreciarse el perfil corneal correspondiente a una degeneración marginal pelúcida, con importante adelgazamiento en la zona periférica. *Derecha*: imagen característica de astigmatismo irregular en contra de la regla (en alas de mariposa) correspondiente al patrón topográfico clásico de una degeneración marginal pelúcida (Pentacam HR). Foto cedida por la Dra. Cristina Peris.

### 1.1.1.3 QUERATOGLOBO

Es una ectasia rara, casi siempre bilateral y no progresiva. Se debe a un adelgazamiento generalizado de la córnea, aunque con una protrusión más marcada en la periferia, y que hace que la córnea acabe adoptando un perfil corneal con una forma globular, como se puede observar en la Figura 8 (27). Existen dos variedades de queratogloblo, la congénita o juvenil y la adquirida de adulto. Esta última puede ser un estado final de un queratocono avanzado. La variedad congénita se asocia al menos con dos síndromes de herencia autosómica recesiva: Ehlers-Danlos tipo VI y síndrome de córnea frágil. Estos pacientes son propensos a tener roturas corneales ante mínimos traumas. El diagnóstico diferencial del queratogloblo ha de realizarse con el glaucoma congénito y la megalocórnea (25) (27).

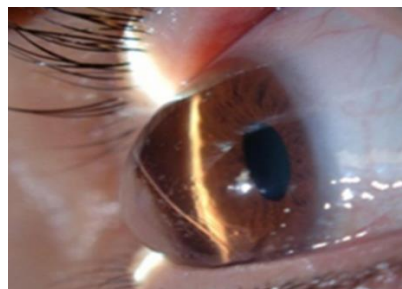


Figura 8.- Imagen de queratogloblo visto con lámpara de hendidura. Nótese la protrusión global de toda la córnea, tanto en la parte central como en la periferia. Foto cedida por la Dra. Cristina Peris

## 1.2 LASER IN SITU KERATOMILEUSIS (LASIK)

La cirugía refractiva ha experimentado una evolución muy significativa durante las dos últimas décadas. El Laser in situ keratomileusis (LASIK) se ha convertido en una de las cirugías más comunes a la hora de tratar la miopía, hipermetropía y astigmatismo, debido a su habilidad de corregir el error refractivo de una manera rápida, eficaz e indolora, en la mayoría de los casos, con el objetivo de eliminar cualquier elemento compensador accesorio (28). Entre las complicaciones más graves de esta cirugía según Randelman (29), se encuentra la aparición de ectasia corneal.

La cirugía refractiva LASIK es un procedimiento que cambia de forma permanente la córnea. En primer lugar, mediante un microqueratomo o laser femtosegundo se realiza un disco corneal formado por epitelio, capa de Bowman y estroma corneal anterior, el cual se denomina *flap* o colgajo corneal, que se queda unida al resto por un extremo y se retira a un lado para exponer el estroma. Posteriormente se elimina parte del tejido estromal mediante laser excímer, modificando así la superficie anterior de la córnea. En el LASIK miópico se elimina tejido estromal central, aplanando así la córnea central y en consecuencia reduciendo su potencia, mientras que en el hipermetrópico se actúa sobre la periferia media con el fin de incurvar la zona central no tratada. La técnica finaliza recolocando el disco corneal sobre el área ablacionada. En la Figura 9 se observa un diagrama de los pasos a seguir en la cirugía LASIK.

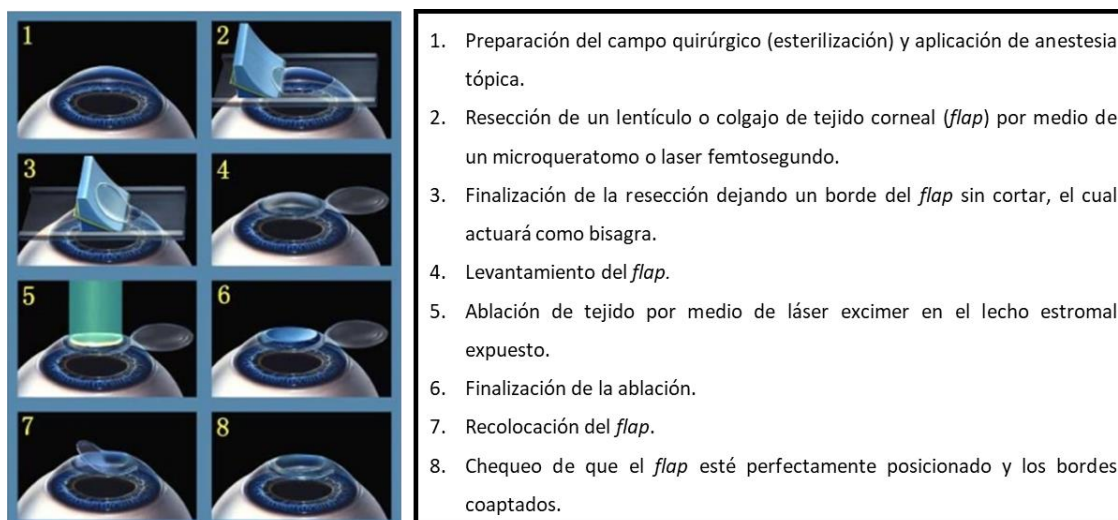


Figura 9.- Diagrama que muestra los pasos de la técnica de la cirugía LASIK.

En la actualidad, para la realización de *flap* se utilizan dos tipos de instrumentos: el microqueratomo y el láser de femtosegundo.

El microqueratomo es una cuchilla mecánica que genera un disco corneal, con un diámetro y espesor determinado (Figura 10). Los grosores de la resección creada pueden variar en función del tipo de microqueratomo, grosor corneal prequirúrgico, curvatura corneal, la velocidad de paso, la vibración o rotación de la cuchilla, el ángulo de corte, el mecanismo de succión y otros parámetros.

Las principales características de microqueratomo son: la simplicidad en el manejo y flexibilidad en la adaptación a diferentes situaciones quirúrgicas. Pero también se pueden dar



complicaciones como *flap* demasiado fino, incompleto o irregular, amputación del *flap*, y ya de forma excepcional la perforación corneal, en la mayoría de los casos debido a que se trata de una técnica manual.

Para evitar todos estos riesgos la tecnología LASIK ha ido evolucionando, y hoy en día, en general, en su lugar se emplea el láser femtosegundo para la realización del *flap*.



Figura 10.- Microqueratomo.

Esta técnica trabaja con luz infrarroja, mediante un proceso denominado fotodisrupción. Este método evita la transferencia de calor o impactos al tejido adyacente. Este fenómeno se produce cuando un haz de pulsos de láser de muy corta duración genera un plasma (partícula de gas microscópica). Tras los impactos confluyentes, este plasma se expande a gran velocidad creando un plano de separación intraestromal. En la Figura 11 se muestran imágenes del proceso de fotodisrupción.

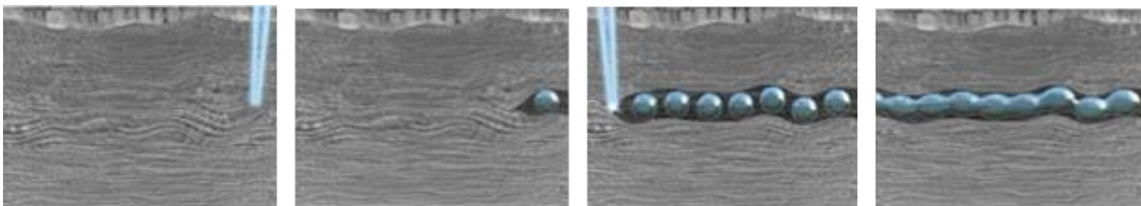


Figura 11.- Proceso de la fotodisrupción en el tejido corneal para realizar el *flap* corneal (30).

Esta última técnica proporciona tamaños y profundidades más predecibles y precisas que el microqueratomo (31) (32) (33). Aún así, se han realizado estudios comparando ambas técnicas, pero no se han encontrado diferencias visuales ni refractivas a corto plazo (33) (34) (35).

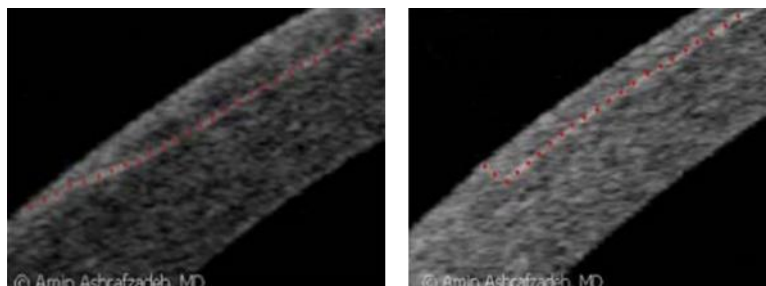


Figura 12.- En estas imágenes realizadas a través de OCT puede verse la interfase correspondiente al *flap* (línea con puntos rojos) tras la aplicación del láser femtosegundo (36).

Una vez realizado el *flap*, el tejido que queda expuesto se ablaiona mediante laser excimer. El nombre del láser proviene del término "dímero excitado" (EXCIteddiMER). Estos

láseres actúan con pulsos extremadamente cortos en los que prácticamente no hay transferencia de calor al tejido circundante y trabajan por fotoablación o fotoerosión. Este proceso tiene lugar mediante una descarga eléctrica de alto voltaje, de un gas inerte (Argón) y un halógeno (Flúor) que se encuentran mezclados en pequeñas cantidades con Helio. Los gases se combinan formando un compuesto inestable que rápidamente se disocia liberando energía en forma de un fotón, los cuales transmiten una alta energía que provoca la ruptura de los enlaces intramoleculares. Tras la ruptura de estos enlaces, los fragmentos moleculares son lanzados al exterior de la córnea a alta velocidad y sin producir un efecto térmico o ablativo para la zona adyacente al área tratada (Figura 14) y como resultado, el tejido será eliminado de manera uniforme, como se muestra en la Figura 12 y Figura 13.



Figura 13.- El *flap* generado por un microqueratomo mecánico es más fino en el centro y mayor espesor en la periferia adoptando una forma de menisco. El *flap* generado mediante láser femtosegundo tiene una profundidad más constante (37).

Según los gases que se empleen, se puede conseguir la emisión de luz ultravioleta de diferentes longitudes de onda. Los láseres excimeros oftálmicos utilizan, como ya hemos expuesto antes, Argon y Fluor, por lo que la radiación ultravioleta generada será de una longitud de onda de 193 nanómetros.

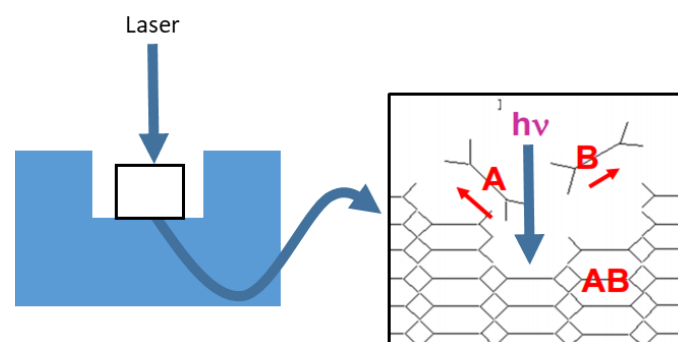


Figura 14.- La eliminación de tejido se produce por la ruptura de los enlaces intramoleculares debido a la alta energía transmitida por el láser excimer.

A pesar del potencial de este procedimiento quirúrgico también se le han asociado complicaciones, especialmente cuando no se realiza la indicación quirúrgica adecuada (29).



### 1.3 ECTASIA CORNEAL ASOCIADA A LASIK

La ectasia corneal es una de las complicaciones más graves asociadas a LASIK (29), debido a su dificultad a la hora de ser tratada, no solo clínicamente, sino también emocionalmente, pero afortunadamente su incidencia no es muy común. Según los estudios publicados hasta la fecha, la incidencia es variable, se estima que sean del 0,04% al 0,90% de los casos (29) (38) (39). Puede acontecer desde pasados unos días, a pasados unos años tras el procedimiento quirúrgico.

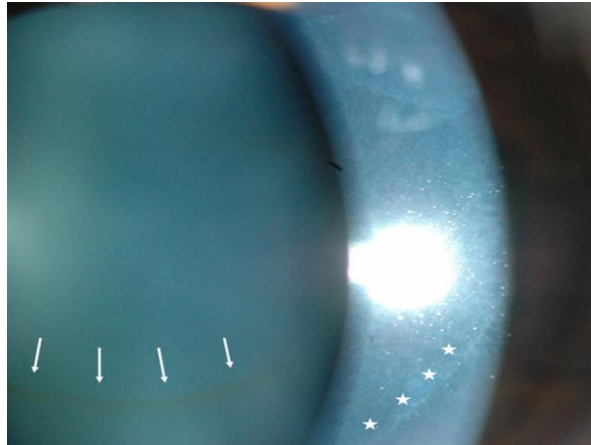


Figura 15.- Imagen a la lámpara de hendidura de paciente con ectasia corneal. Las flechas se corresponden con el anillo férrico de Fleischer y la línea de asteriscos con el borde del colgajo o flap corneal. Foto cedida por la Dra. Cristina Peris.

La ectasia post-LASIK comparte signos topográficos y clínicos con el queratocono, como el adelgazamiento inferior del estroma, protrusión de la córnea central acompañado de una elevación progresiva y anómala de la cara posterior córnea, estrías de Vogt (Figura 4), anillo de Fleischer (Figura 15) o cicatrices en el estroma posterior (40) pero hay discrepancia en cuanto a lo que ocurre en la capa de Bowman.

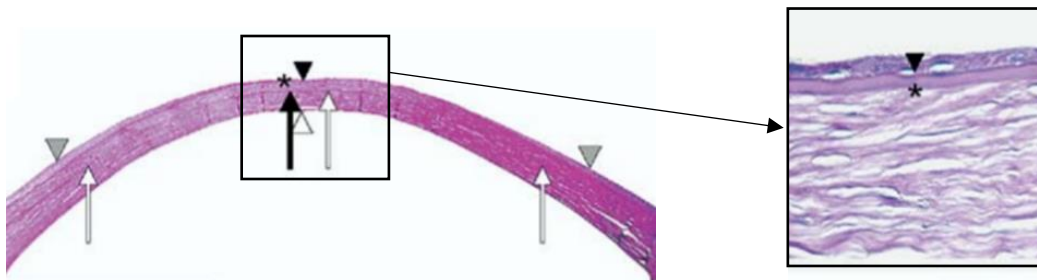


Figura 16.- Botón corneal con ectasia post-LASIK. La flecha negra muestra la presencia de hipoplasia epitelial sobre una región ectásica y las flechas de punta grises una hipoplasia en la córnea periférica. El asterisco negro indica la rotura en la capa de Bowman. El recuadro muestra vistas de mayor aumento de la hipoplasia epitelial y roturas en la capa de Bowman (41).

Algunos autores han detectado aquí diferencias histológicas (40), ya que no hay ruptura de la capa de Bowman tal y como ocurre en el caso de queratocono, aunque en la mayoría de los casos descritos sí que se han podido observar alteraciones en esta capa.

Meghpara *et al.* (40) realizó un estudio con cinco botones corneales de los cuales únicamente encontró alteraciones en la capa de Bowman en uno de ellos. Por otro lado, Kim *et*

al. (42) sólo evaluaron un botón que sí que contaba con alteraciones de la capa. Por su lado Dawson *et al.* (41) volvieron encontrar roturas pequeñas y focalizadas, aunque muy pocas, en la capa de Bowman en todas las córneas que evaluaron, que fueron un total de doce, como se observa en Figura 16. En 2014 Akhtar *et al.* (43) hallaron que la capa de Bowman estaba adelgazada y se encontraba separada del epitelio en algunas zonas, pero no menciona que hubiese roturas. En el estudio realizado por Argento *et al.* en 2001 (44) al evaluar dos botones corneales, se encontraron con que una de las córneas tenía esta capa alterada mientras que en la otra continuaba intacta, independientemente del estadio de la ectasia. En la Tabla 3 se describe el diagnóstico diferencial de las ectasias corneales más comunes.

Tabla 3.- Diagnóstico diferencial de las ectasias corneales más frecuentes (45).

	QUERATOCONO	DEGENERACIÓN MARGINAL PELÚCIDA	QUERATOGLOBO	IATROGÉNICA
<b>Frecuencia</b>	Frecuente	Menos frecuente	Poco frecuente	Poco frecuente
<b>Lateralidad</b>	Generalmente bilateral	Generalmente bilateral	Generalmente bilateral	Generalmente bilateral
<b>Edad de inicio</b>	Pubertad	20-40 años	Generalmente en el nacimiento	Desde días hasta años después de la cirugía
<b>Adelgazamiento</b>	Central o Inferior paracentral	Periférico, usualmente banda inferior de 1-2mm de ancho	Difuso en todo el estroma, pero mayor en la periferia	Central o paracentral
<b>Protusión</b>	Más delgada en el ápex	Superior a la franja de adelgazamiento	Generalizada	Generalizada
<b>Línea de hierro</b>	Anillo de Fleischer	Algunas veces	Ninguna	A veces, sin patrón definido
<b>Cicatriz</b>	Frecuente	Solo tras hidropesía	Infrecuente	Infrecuente
<b>Estrias</b>	Frecuente (de Vogt)	Infrecuente	Infrecuente	Infrecuente

Existen tres posibilidades diferentes por las que puede aparecer la ectasia iatrogénica, secundaria a cirugía LASIK:

- a) Que previamente existiera una debilidad corneal preoperatoria que tras la cirugía se ha visto exacerbada.
- b) Que la realización del *flap* o colgajo y el hecho de haber sustraído parte del estroma corneal, hayan causado un debilitamiento de la córnea preoperatoriamente sana.
- c) La córnea va a manifestar ectasia de cualquier manera.

El debilitamiento corneal que se da en los dos primeros casos es debido a ruptura de las lamelas de colágeno que componen el estroma corneal, y hace que la córnea sea más susceptible a factores intraoculares, así como extraoculares (enfermedades o factores medioambientales). Si se dan los factores adecuados y existe una susceptibilidad determinada,

la debilidad corneal puede volverse progresivamente ectásica en el área más débil. El detonante que pone en marcha el proceso desestabilizador de una córnea biomecánicamente estable en otra inestable permanece todavía sin resolver (40). En la Figura 17 se muestra una clasificación de los posibles factores de desestabilización de la córnea.

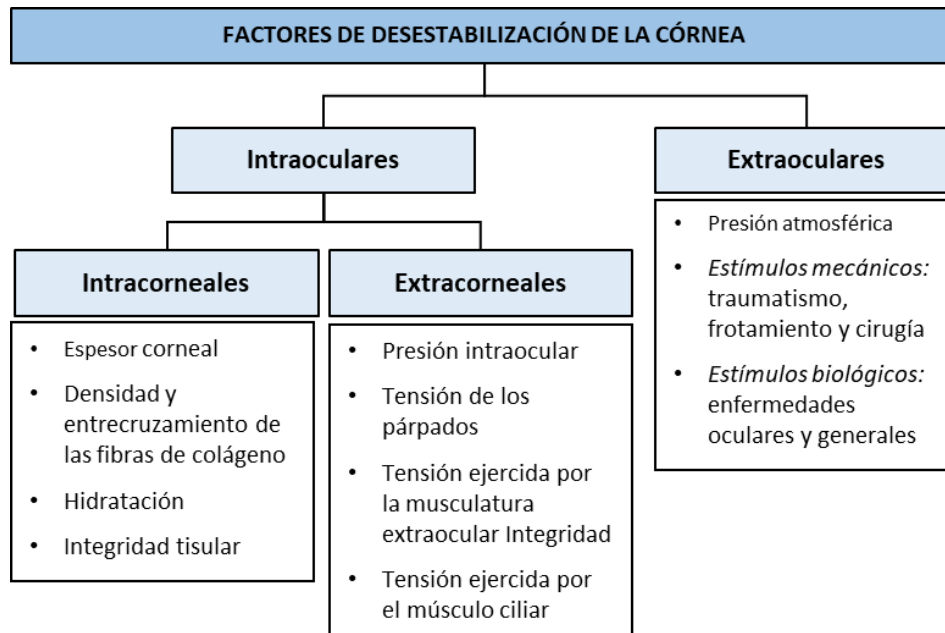


Figura 17.- Posibles factores de desestabilización corneal.

A pesar de que hay factores de riesgo para desarrollar ectasia todavía por resolver (46), existen condiciones con mayor probabilidad de aparición de ectasia corneal tras la intervención refractiva. Las diez principales causas son:

### 1. Lecho estromal residual (LER) escaso

La mayoría de los casos cuentan con un lecho estromal reducido, menor de 250µm, que puede deberse a la realización de un *flap* excesivamente grueso o una ablación excesiva, por eso se recomienda que el colgajo sea menor de 25% del espesor corneal y ablacionar menos del 20% del espesor corneal total (47) (48).

### 2. Espesor corneal preoperatorio reducido

Si se parte de córneas que no son patológicas, pero son muy delgadas y se someten a cirugía refractiva, aunque no se elimine excesivo tejido, se puede producir un debilitamiento precoz de la córnea (49). Según el estudio realizado por Bohac *et al.* (38) una paquimetría corneal preoperatoriamente delgada resultó ser el factor de riesgo más común.

### 3. Flap Grueso

Se ha observado que el 40% anterior de la córnea muestra una mayor resistencia a la tracción que el 60% posterior de la córnea en una córnea sana y sin tocar debido a que hay una mayor cantidad de cruces entre las fibras de colágeno y mayor densidad de queratocitos (50). Al realizar LASIK se introduce un debilitamiento, ya que al someter al paciente a la cirugía se está modificando la contribución relativa del estroma corneal anterior a la fuerza total, ya que el *flap* no tiene la cohesión ni la fuerza inicial (51) (52).

### **4. Errores refractivos altos ( $\pm 8,00D$ )**

Cuanto mayor sea el número de dioptrías que se le deban corregir al paciente, mayor tejido estromal habrá que ablacionar, por lo que el espesor residual será menor (49) (53).

### **5. Retratamientos**

Se realizan en casos en los que hay regresión tanto miópica como hipermetrópica. Esto causa un debilitamiento aún mayor del lecho corneal residual y más en caso de las regresiones miópicas, teniendo en cuenta que puede deberse a la presencia de una ectasia no diagnosticada que justifique la progresión.

### **6. Presencia de patrones topográficos preoperatorios alterados**

La presencia de alteraciones en el mapa topográfico preoperatorio de los pacientes constituye un gran riesgo de padecer ectasia post LASIK, ya que evidencia un comportamiento anómalo de la córnea. En estos casos la intervención está contraindicada ya que puede tratarse de córneas estables preoperatoriamente y producirse una desestabilización de ésta debido a la cirugía LASIK (38) (54).

### **7. Edad temprana de los sujetos (25 años o menos)**

Se debe tener en cuenta que el queratonocono aparece entre la segunda y tercera década e inicialmente presentan topografías aparentemente normales por lo que puede pasar desapercibido en pacientes jóvenes en los exámenes preoperatorios (49).

### **8. Aumento de la presión intraocular (PIO)**

La córnea después de ser sometida a LASIK presenta un debilitamiento, haciendo que sea menos resistente a la PIO y tienda más a deformarse pudiendo dar lugar a una ectasia. Debido a esto el hecho de que el paciente presente una PIO alta incrementa el riesgo.

### **9. Frotamiento ocular frecuente**

Al igual que ocurre en las ectasias primarias, el frotamiento continuo del ojo puede generar el desarrollo de una ectasia. Si la córnea está debilitada, al manipularla mecánicamente, mediante el frotamiento, puede desestabilizarse (55) (56) (38).

### **10. Queratometría preoperatoria superior a 47,00D**

Una queratometría preoperatoria superior a 47,00D puede estar indicando la presencia de una ectasia (56) (38).

### 1.3.1 CARACTERÍSTICAS BIOMECÁNICAS DE LA CÓRNEA CON ECTASIA IATROGÉNICA

La existencia de pacientes con patrones topográficos aparentemente normalizados y ausencia de factores de riesgo que posteriormente desarrollan ectasia conlleva a la necesidad de encontrar herramientas de diagnóstico que sean capaces de proporcionar información adicional, ya que las ectasias corneales no presentan signos topográficos en sus fases precoces o subclínicas, pero su diagnóstico precoz es crucial.

La biomecánica de la córnea es una ciencia que estudia el modo dinámico de la córnea, el equilibrio y la deformación del tejido corneal sometido a una fuerza. Explora su función y estructura, e intenta establecer bases físico-matemáticas para predecir su respuesta (57).

Las características biomecánicas de la córnea se describen a través de la elasticidad, la viscosidad y la amortiguación.

#### Elasticidad

Es la capacidad de un material de recuperar su forma inicial después de sufrir una deformación en respuesta a una fuerza externa. Un material elástico una vez que la fuerza cesa completamente recupera su forma original. La manera de medirlo viene dada por el módulo de Young o módulo de elasticidad. Corresponde a la pendiente del gráfico que se puede observar en la Figura 18.



Figura 18.- Representación del módulo de Young en distintos materiales.

El módulo de Young representa la relación entre la deformación en base a la fuerza aplicada. Un valor bajo se asocia a un material más elástico o blando y un módulo alto en cambio significa que es más rígido, se requiere un mayor esfuerzo para deformarlo.

En cuanto a las propiedades elásticas corneales, estudios *ex vivo* han demostrado que la córnea responde a un comportamiento no lineal, el módulo de Young incrementa al aumentar la fuerza que se aplica sobre el tejido (58). Se ha podido observar, a su vez, que la respuesta varía según la dirección y la región donde se aplica la fuerza, siendo el módulo mayor en zonas centrales, paracentrales y circularmente en el limbo. A su vez, es mayor en la zona anterior del estroma, debido a que aquí las uniones entre las lamelas de colágeno son mayores. Esto se debe a la organización de las fibrillas de colágeno que se muestra en la Figura 3 (50) (59) (60).

### **Viscosidad**

Mientras que la elasticidad es más propia de los sólidos, la viscosidad es una propiedad de los líquidos. Es la resistencia que tienen las moléculas que conforman un líquido para separarse unas de otras. Los líquidos a diferencia de los sólidos tienen la capacidad de poder fluir, es decir, si se pone en movimiento a un líquido, éste al moverse trata de permanecer todo junto, y es precisamente atribuida su virtud de ser viscosos. Al aplicar una fuerza a líquidos muy viscosos, como el aceite, por ejemplo, estos fluyen lentamente, en cambio los caracterizados por una baja viscosidad, como el agua, fluyen rápidamente. Los materiales viscosos, a diferencia de los elásticos no recobran su forma original una vez que la fuerza cesa.

### **Amortiguación**

La amortiguación o amortiguamiento se define como la capacidad de un sistema o cuerpo para disipar energía cinética en otro tipo de energía. En el caso de la córnea esa energía es absorbida parcialmente por sus tejidos de modo que el movimiento inducido por la fuerza aplicada se ve reducida, amortiguada.

El tejido corneal no se comporta ni como un sólido ni como un líquido, no es elástico ni viscoso, la córnea se comporta como un material viscoelástico (61) (62). Estos materiales tienen ambos elementos, viscosidad y elasticidad. Un material viscoelástico tras cesar la fuerza que lo deforma recupera su forma original, pero lo hace más lentamente. Esto se produce a costa de una cantidad de energía que se disipa en forma de calor. Esta pérdida de energía en forma de calor, conocido como histéresis, es un parámetro relacionado con la capacidad de amortiguamiento viscoso de la córnea que se explica más adelante.

La respuesta biomecánica de la córnea a una fuerza externa dependerá en parte de tres factores intracorneales: la densidad de las fibras de colágeno, el espesor cornea y el entrecruzamiento de las fibras de colágeno. Cuando es sometida a compresión o estiramiento, la córnea reorganiza sus láminas e incrementa su elasticidad hasta llegar a un nuevo estado de equilibrio. Esta red presenta diferencias regionales: las láminas dispuestas oblicuamente a la superficie corneal se entrecruzan más densamente en el tercio estromal anterior que en los dos tercios posteriores. En estudios recientes se ha encontrado también una mayor rigidez corneal siguiendo la dirección de las fibrillas de colágeno (eje longitudinal X e Y) que perpendicular a ellas (corte, radial o eje Z) (63). Como ya hemos explicado en el módulo de Young, esto deriva en que presentará propiedades físicas diferentes cuando la fuerzas se apliquen en diferentes direcciones. Por eso la córnea se considera un material anisótropo.

Estas propiedades no son constantes, varían con la edad, la existencia de enfermedades corneales y el grado de hidratación (1) (48). La pérdida de la organización de las lamelas también altera la biomecánica corneal (16).

Estudios recientes han demostrado que los parámetros biomecánicos desempeñan un papel relevante en distintos campos de la oftalmología, como es la detección precoz de patologías corneales, en la medida de la PIO o para valorar las propiedades de la córnea a la hora de realizar cirugía refractiva. Por ahora los dispositivos que existen para medir las propiedades biomecánicas de la córnea que todavía no están del todo validados, pero pueden servir como herramienta adicional (21) (29).

Estos instrumentos son el “Ocular Response Analyzer” (ORA<sup>®</sup>, Reichert Ophthalmic Instruments Inc. Depew, NY) y el Corvis<sup>®</sup> ST (Oculus, Wetzlar, Germany). Ambos utilizan un procedimiento de aplanación bi-direccional tras aplicar un soplo de aire y ver cómo se deforma la córnea, para después volver a su posición original y así obtener valores de biomecánica corneal y presión intraocular.

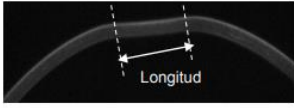

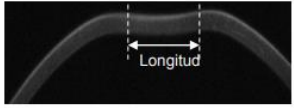
Primera aplanación			Mayor concavidad				Segunda aplanación		
									
Tiempo	Longitud	Velocidad	Deformación máxima (DA <sub>máx</sub> )	Tiempo	Distancia entre picos	Radio	Tiempo	Longitud	Velocidad

Figura 19.- El Corvis<sup>®</sup> ST graba la reacción de la córnea a un definido pulso de aire con una cámara de Scheimpflug de alta-velocidad que recoge hasta 4,300 imágenes por segundo.

Ambos instrumentos registran dos acontecimientos como respuesta al cambio de presión del pulso de aire. El primero, cuando el estímulo va hacia la córnea y hace que esta cambie su forma de convexa a cóncava. El segundo, cuando cesa el pulso de aire y la córnea restaura su forma original, pasando de cóncava a convexa. Los valores de la presión del pulso de aire son distintos en las dos situaciones de aplanamiento (corresponden a los picos de la señal de aplanamiento P1 y P2 en el ORA<sup>®</sup>) que se pueden ver en la Figura 19 y Figura 20. Esto es debido a las propiedades viscoelásticas de la córnea. Durante la primera fase la córnea resiste la fuerza del pulso del aire debido tanto a su elasticidad como a su viscosidad, pero durante la segunda fase, la fuerza viscosa se contrapone a la elástica. Este es el motivo por el cual se registra una diferencia entre las dos presiones. La diferencia entre ambas presiones es lo que se define como Histéresis Corneal.

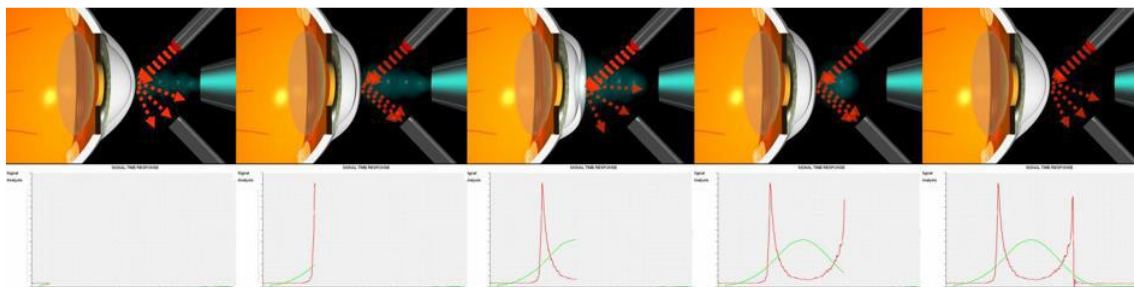


Figura 20.- Esquema del funcionamiento del ORA y el registro gráfico del proceso durante una exploración.

El estado de la biomecánica corneal viene dado en el ORA<sup>®</sup>, el más frecuente, mediante los parámetros CH (Histéresis corneal) y CRF (Factor de resistencia corneal), los cuales representan respectivamente cómo amortigua la deformación el tejido corneal (capacidad para absorber y disipar energía, propiedades viscosas) y la resistencia de la córnea ante una fuerza aplicada (propiedades elásticas) (Figura 21).

Las contribuciones exactas de los componentes de estos parámetros aún no se comprenden completamente, se necesita una investigación más exhaustiva sobre esto para extraer conclusiones consistentes sobre el significado físico de CH y CRF.



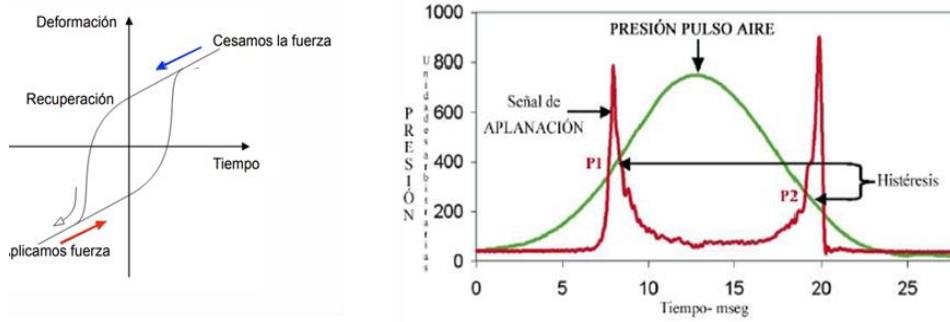


Figura 21.- *Izquierda*: representación de la Histéresis. *Derecha*: representación gráfica del registro que hace el ORA® durante la exploración, donde la curva verde representa el pulso de aire y la roja los puntos de aplanación y tomas de tensión.

Valores reducidos en el parámetro CH sugieren que esas córneas son menos capaces de absorber la energía procedente del pulso de aire. Valores reducidos en el CRF indican que la rigidez global (resistencia) de esas córneas es inferior de lo normal (16).

Las ectasias son la patología ocular donde más se pone de manifiesto la insuficiencia biomecánica de la córnea. El colágeno está tan alterado que no es capaz de mantener la arquitectura de la córnea. Los trabajos publicados referentes a valores de CH y CRF en queratocono son bastante homogéneos entre sí, encontrándose valores disminuidos comparando con controles normales (64). Este dato numérico debe tenerse en cuenta en el contexto clínico adecuado y no considerarse de manera aislada, sino complementaria.

### 1.3.1.1 BIOMECÁNICA EN CÓRNEAS TRATADAS

Se ha demostrado un descenso tanto de CH como de CRF tras un procedimiento LASIK (Figura 22). Lo que sugiere que ambas propiedades, las viscosas y las elásticas se ven modificadas. El valor final dependerá de la profundidad de ablación, de las dioptrías ablacionadas y del espesor del *flap*, así como la forma y las propiedades viscoelásticas preoperatorias de la córnea. Desde el punto de vista biomecánico, se ha demostrado que en una córnea operada de LASIK el espesor corneal útil es el del lecho estromal residual (48) (51) (52).

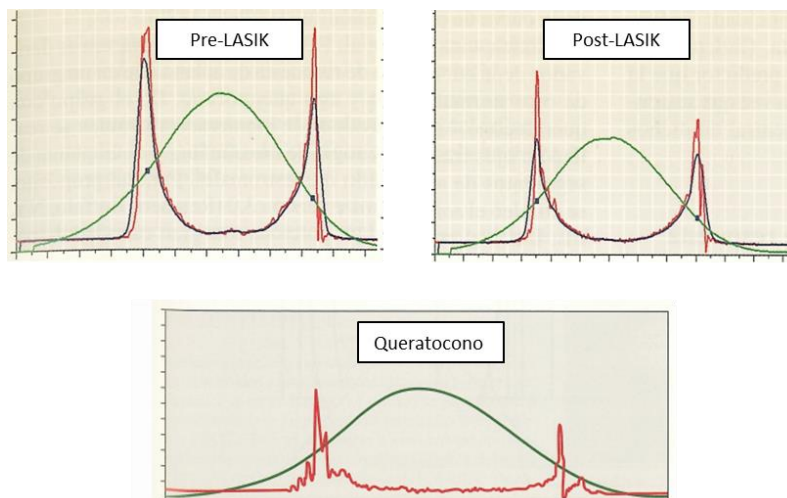


Figura 22.- Señales emitidas por el ORA®. *Superior-Izquierda*: señal correcta de un paciente con una córnea dentro de la normalidad. *Superior-Derecha*: paciente post-LASIK donde se puede observar una disminución de las señales. *Inferior*: paciente con queratocono (16).



La causa de esta alteración puede ser debido a que la tracción de cohesión no es uniforme en todo el estroma de una córnea intacta. El 40% de la zona anterior del estroma confiere significativamente mayor resistencia, gracias a que hay mayor cantidad de cruces entre las fibras de colágeno, como se observa en la Figura 23 (50) (59) (60). Al realizar la cirugía LASIK se induce un debilitamiento, ya que al someter al paciente a la cirugía se está modificando la contribución relativa del estroma corneal anterior a la fuerza total. Esto es debido a la creación del *flap*, una vez realizado el colgajo esa porción corneal se vuelve biomecánicamente inútil porque las uniones de las fibras de colágeno de la interfase entre el lecho estromal restante y el *flap* no tienen la cohesión ni la fuerza inicial por lo que no contribuirá de igual manera en el mantenimiento de la estructura corneal (48) (41).

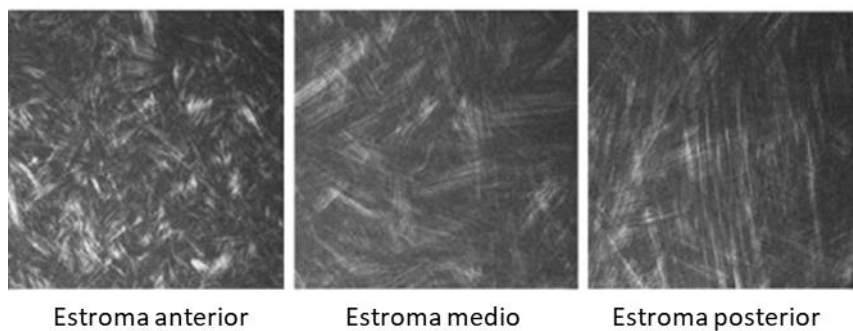


Figura 23.- Imágenes de microscopia de segundo armónico de las fibras de colágeno del estroma de una córnea humana, para tres capas diferentes según su posición respecto al epitelio (60).

Además, la cirugía no solo afecta únicamente a la zona tratada, sino que también se modifica el resto del tejido. Al modificar la tensión de las fibras de colágeno a nivel central con la ablación, se produce una contracción del resto de la fibra hacia la periferia, generando un engrosamiento en esa zona, como se muestra en la Figura 24 (65). El efecto es menor en ablaciones hipermetrópicas (37).

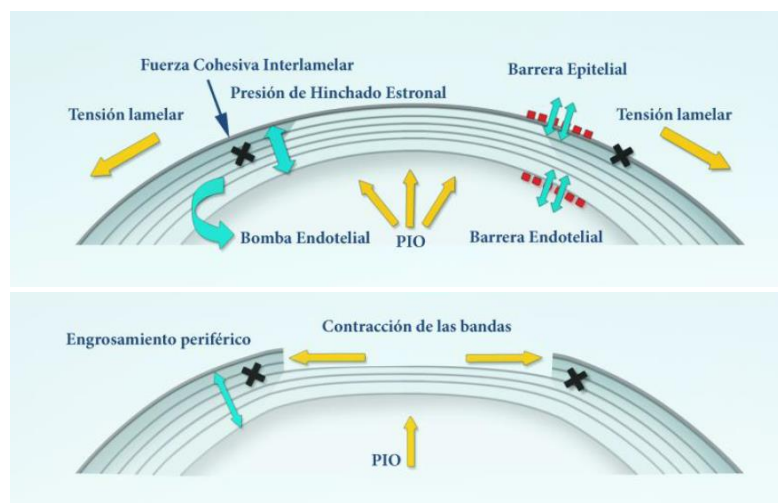


Figura 24.- Esquema de los cambios en la estructura corneal durante la cirugía refractiva corneal. (Basado en el modelo de Dupps) *Superior*: córnea preoperatoria. *Inferior*: córnea postoperatoria (37).

Debido al compromiso sobre la integridad biomecánica originada por la cirugía LASIK, convierte a la córnea en una estructura mucho más susceptible al efecto de factores externos,

descritos en la Figura 17, de manera que existe un mayor riesgo a que la córnea degenera, produciendo una protrusión anterior allí donde se encuentra disminuida la resistencia, en forma de ectasia corneal.

En casos de ectasias post-LASIK, esta condición se encuentra exacerbada, ya que por un lado en córneas ectásicas la biomecánica se encuentra reducida (66) (67) y por el otro la misma cirugía ha inducido también un debilitamiento que ha causado la desestabilización de la córnea dificultando la capacidad de esta para mantener la forma y la curvatura corneal (68).

### 1.3.2 CARACTERÍSTICAS DEL FRENTE DE ONDA CORNEAL EN LA ECTASIA IATROGÉNICA

El frente onda es una métrica excepcional de la calidad óptica del sistema visual, capaz de aportar información del grado de deterioro de la imagen retiniana más allá del defecto esferocilíndrico. Dada la capacidad que presenta para describir la geometría de las superficies, presentará un papel protagonista en la caracterización precoz de cualquier alteración que se produzca sobre la morfología de la superficie de la córnea.

Un frente de onda es una superficie imaginaria que une todos los puntos del espacio que están en fase (que son alcanzados por una onda que se propaga en el mismo instante) (69).

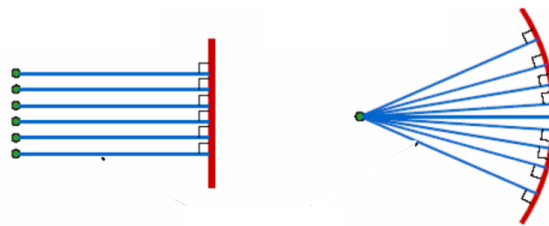


Figura 25.- Se puede observar dos frentes de onda, el primero plano (rayos provenientes del infinito) y el segundo esférico (rayos provenientes de un foco cercano).

Si se asume que un cuerpo que emite luz lo hace de forma pulsátil, las ondas que emite a la vez siempre están en fase. Por lo tanto, si se quiere obtener una buena imagen en la retina de este pequeño punto emisor de luz, se tiene que conseguir que esas ondas en fase converjan en un sólo punto en la retina. El problema es que del punto luminoso salen las ondas en todas direcciones. Es tarea del ojo hacer converger a las ondas en un lugar de la retina lo más pequeño posible. Cuando el objeto luminoso está lo suficientemente lejos los rayos llegan paralelos. Eso significa que el frente de onda es un plano recto. En un ojo perfecto, tras atravesar la primera lente, que es la córnea, los rayos se curvan, por lo que el frente de onda deja de ser un plano recto y se convierte en un plano esférico como se muestra en la Figura 25. Aun así, se sabe que un ojo real no es perfecto, por lo que el frente de onda tampoco lo va a ser. Una aberración es cualquier fenómeno que impide que un sistema óptico genere un frente de onda perfecto. Un ojo se considera aberrado cuando cumple alguna de las siguientes características:

- Los rayos no se enfocan en un punto común (retina).
- La longitud del camino óptico de la trayectoria de un punto del objeto a la imagen no es igual para todos los rayos que pasan a través de la pupila.
- Los frentes de onda dentro del ojo no son esféricos, por el contrario, están distorsionados.

La córnea y el cristalino son los componentes que más aberraciones inducen en el sistema visual. Generalmente se define un frente de onda esférico como el que se muestra en la Figura 26, denominado esfera gaussiana de referencia, que como su nombre lo indica sirve de referencia para medir el frente de onda aberrado. Por lo tanto, existe un error que se define como la diferencia entre la esfera gaussiana y el frente de onda aberrado.

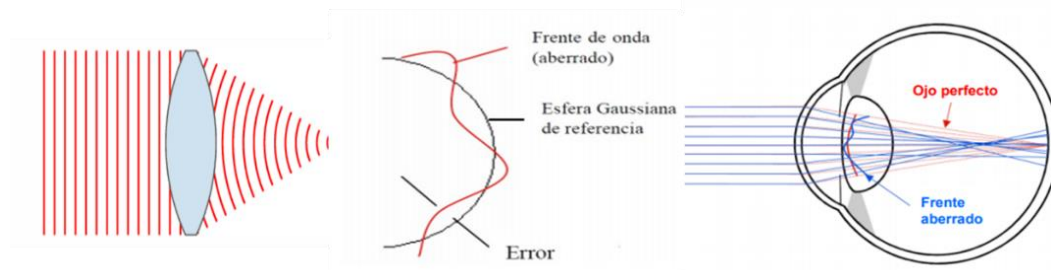


Figura 26.- *Izquierda*: frente de onda perfecto. *Centro*: Frente de onda aberrado. *Derecha*: comparación entre un frente de onda perfecto (color rojo) y un frente de onda aberrado color azul).

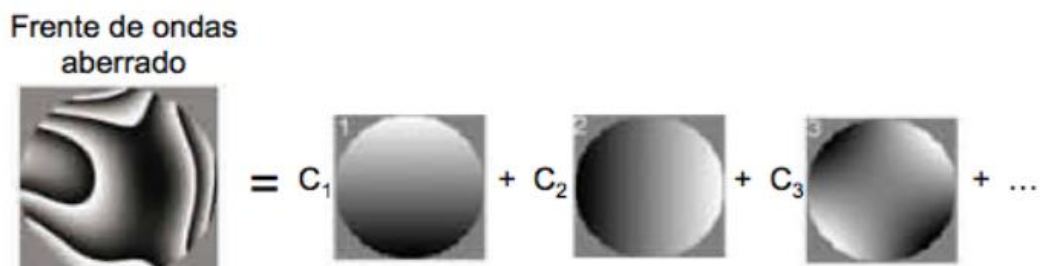


Figura 27.- Vista 2D de la contribución de cada polinomio de Zernike ( $C_j$ ) en un frente de ondas aberrado. Los colores más claros son zonas adelantadas y los más oscuras las retrasadas.

La definición matemática del frente de onda aberrado permite cuantificar la aberración, y se hace mediante los polinomios de Zernike, Figura 27 (70). Las aberraciones oculares pueden dividirse en monocromáticas y cromáticas. Las primeras pueden ser a su vez aberraciones de bajo orden, en las cuales se incluyen los errores refractivos (esfera y cilindro), y aberraciones de alto orden, que no pueden corregirse con lentes oftálmicas como sucede con las aberraciones de bajo orden.

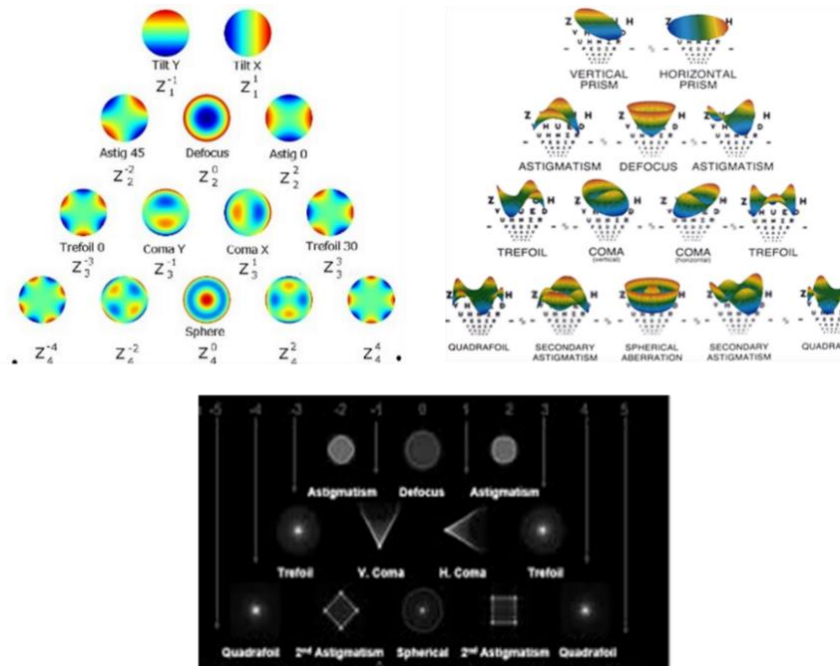


Figura 28.- Pirámide de aberraciones. *Superior-Izquierda*: imagen en 2D de cada aberración. *Superior-Derecha*: imágenes en 3D de cada aberración. *Inferior*: PSF de cada aberración.

Según en qué posición esté la aberración dentro de la pirámide de la Figura 28, tenderá a deteriorar en mayor o menor medida la calidad de la imagen retiniana, considerándose que cuanto más arriba de la pirámide y más central al eje esté ubicada una aberración, mayor impacto tendrá en la calidad visual del paciente, disminuyendo por lo tanto cuanto más alejada del eje se encuentre la aberración y más abajo. Los colores fríos muestran el frente de onda atrasado en micras con respecto al plano ideal, mientras que los colores cálidos representan un frente de onda avanzado respecto al frente de onda ideal. Cada componente presenta una forma geométrica característica. Cada fila de la pirámide corresponde así mismo a un orden  $n$  y cada columna a una frecuencia  $m$  diferente.

De las de alto orden, las que más afectan a la visión son la aberración esférica y el coma. La aberración esférica afecta a puntos u objetos situados en eje. Tiene como particularidad que se producirán distintos focos en función de la altura de incidencia de los rayos. En la Figura 29 se puede ver que los rayos que entran más periféricos al eje focalizan antes que los centrales. Para el paciente, en cuanto a calidad visual se refiere, son imágenes borrosas por la multiplicidad de focos producida.

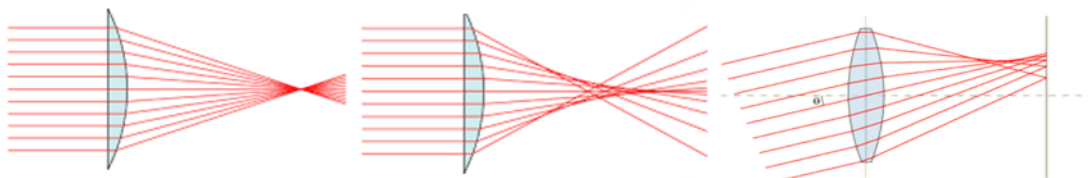


Figura 29.- En esta imagen se puede ver cómo sería la focalización de los rayos en una lente sin aberraciones, con aberración esférica y con coma.

En función de la geometría de la superficie óptica se pueden distinguir dos tipos de aberración esférica longitudinal, la positiva y la negativa.

Una cornea sin alterar cuenta con una geometría se denomina prolata. Esto significa que la potencia dióptrica en esa zona periférica es menor que en la central, por lo que cuantos más periféricos entren los rayos al sistema ocular focalizarán más tarde, generando una aberración esférica longitudinal positiva. Cuando la córnea se ve alterada por alguna patología, un traumatismo o es sometida a algún procedimiento quirúrgico esa condición puede verse alterada, dando lugar a veces a córneas con geometrías oblatas. En corneas oblatas, donde la potencia marginal es mayor que la central, ocurrirá lo contrario, cuanto más periféricos entren los rayos antes focalizan generando una aberración esférica longitudinal negativa.

El coma es importante para puntos fuera de eje, objetos extensos, sistemas descentrados y aperturas grandes. Se llama así porque la forma de la PSF que genera es similar a un cometa como se puede ver en la Figura 28 esto se debe a que los rayos que salen de un punto origen con un determinado ángulo crea una imagen de ese punto en el plano imagen pero desplazada respecto a un punto paraxial. El desplazamiento es mayor cuanto más alejado esté del eje el punto origen. A nivel ocular se pueden caracterizar dos perfiles de frente de onda: el generado a nivel total por todas las superficies ópticas del ojo (frente de onda total) y el generado únicamente por la superficie corneal anterior (frente de onda corneal). El primero es proporcionado por dispositivos clínicos de medida denominados aberrómetros o sensores de frente de onda y el segundo lo suelen aportar directamente los topógrafos mediante el análisis apropiado de los datos de elevación. Respecto a la preferencia en el uso de uno u otro en la caracterización de la patología ectásica, el estudio del frente de onda corneal tiene ciertas ventajas sobre el total, especialmente en los casos más precoces o subclínicos de la ectasia. Los más evidentes son: aporta información únicamente de la estructura donde acontece la patología (la córnea), permite analizar una mayor área ya que se considera toda la córnea y no está acotada al tamaño pupilar, y finalmente, puede realizarse también en ojos altamente aberrados.

La ectasia corneal es una de las entidades clínicas que más puede llegar a deteriorar la calidad óptica del sistema visual. En córneas afectas de ectasia los valores de las aberraciones de alto orden son, en la mayoría de los casos, significativamente superiores a los que presenta una población normal, sobre todo en estadios avanzados (70). La aberración esférica y la comática serán aquellas que se vean más agravadas, difiriendo su magnitud en función del tipo de ectasia considerada y de la localización de la protrusión. Dado que la presencia de una patología ectásica es una contraindicación para la cirugía refractiva, el diagnóstico precoz de esta entidad se antoja imprescindible para salvaguardar la integridad estructural de los pacientes intervenidos.

El frente de onda puede ser un método de medida muy adecuado en estos casos, ya que resulta muy sensible a los cambios sutiles que experimenta la córnea. Cualquier alteración que origine un mínimo cambio en la superficie corneal dará lugar a una consecuente variación del frente de onda corneal (21). En cualquier caso, es importante destacar que la medida del frente de onda aporta una información más sólida cuando actúa como coadyuvante de otras pruebas muy sensibles que han sido consideradas como el Gold-standard en la caracterización de la córnea, como la topografía corneal.

El mapa aberrométrico corneal característico de las ectasias primarias cuenta con la presencia de dos regiones contrarias, una muy adelantada y la otra retrasada. La orientación dependerá de la localización del cono, aunque generalmente suelen ser superior e inferior. Este mapa, representado en la Figura 30, corresponde a la aberración comática (21) (71).

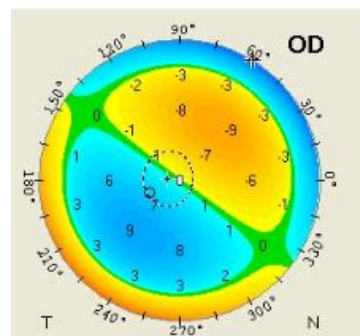


Figura 30.- Mapa aberrométrico tras ectasia iatrogénica.

Debido también al encurvamiento corneal producido por la ectasia, asociado a un adelgazamiento corneal y a un aumento de la elevación de la cara anterior y posterior de la misma, se generará una aberración esférica negativa de la córnea, invirtiendo el signo positivo con el que cuenta una córnea en condiciones normales (72).

En las corneas con ectasias post-LASIK el resultado final dependerá a su vez también de la cirugía a la que ha sido sometida. La cirugía miópica dada la localización central de la ablación, originará un aumento de la aberración esférica positiva, por lo que se encuentra una aberración esférica corneal positiva que con la aparición de la ectasia se irá reduciendo. Por el contrario, la cirugía hipertrópica, al ser la ablación medio periférica induce aberración esférica negativa sobre la córnea, al sumarse con la también negativa de la ectasia, el resultado será probablemente una aberración esférica muy pronunciada. La cantidad de aberración inducida es directamente proporcional al grado del defecto tratado (21) (73).

Mientras la aberración esférica depende del tipo de patrón de ablación utilizado, el del coma se debe a pequeños errores de centrado, y aumentará según menor sea la zona óptica tratada, que está asociado a la corrección de graduaciones de mayor magnitud (74) (75). Los cambios son individuales en cada sujeto, pero sí que parece haber una tendencia hacia el aumento de este valor en la córnea tras la cirugía LASIK hipertrópica (76).

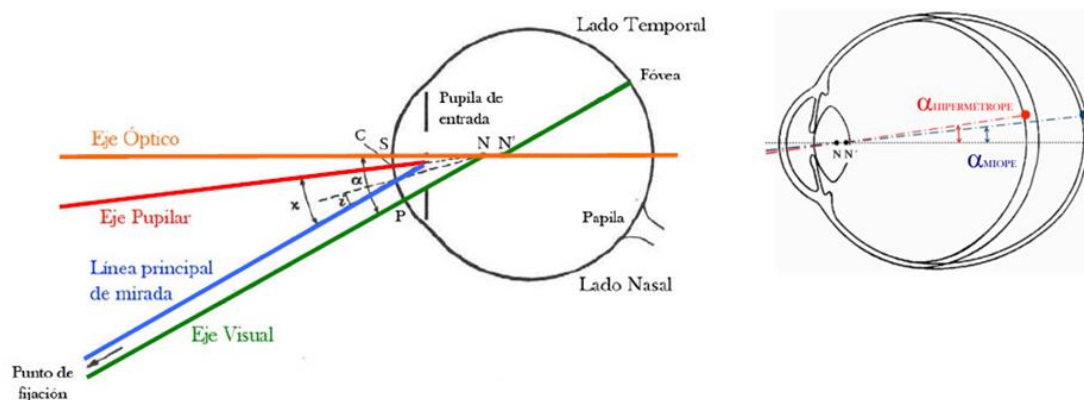


Figura 31.- Izquierda: esquema de los ejes y ángulos fundamentales del ojo humano (77). Derecha: ángulo alpha ( $\alpha$ ) para un ojo miope e hipertrópico (78).

La inclinación de la línea principal de mirada (eje visual) respecto al eje óptico tiene de media unos  $5^\circ$  en dirección temporal en el espacio objeto, lo cual corresponde a una desviación aproximada de 2,5mm, el valor exacto dependerá de la longitud axial del ojo (79) (80). Tal y como se puede observar en la Figura 31, a la izquierda, el ángulo viene representado por  $\alpha$ , en los ojos de menor tamaño, como suelen ser los hipertrópicos, ese valor puede llegar hasta  $10^\circ$ ,



mientras que ojos más grandes, como tienden a ser los miopes, ese ángulo es de menor tamaño, incluso puede llegar a ser negativo en los ojos con gran longitud axial.

Ciertos estudios (81) (76) han demostrado que un incremento del ángulo repercute en un aumento de las aberraciones corneales, sobre todo la comática horizontal. Los medios intraoculares (primordialmente el cristalino) ofrecen cierta compensación de estas aberraciones corneales naturales, sobre todo el coma horizontal y la aberración esférica. La compensación del coma corneal es de mayor relevancia cuanto mayor es el ángulo. En un ojo hipermetrope el valor a compensar es mayor, por lo cual el valor del coma horizontal interno será también mayor. Este mecanismo de compensación se puede alterar tras procedimientos como la cirugía queratofractiva (81) (76).

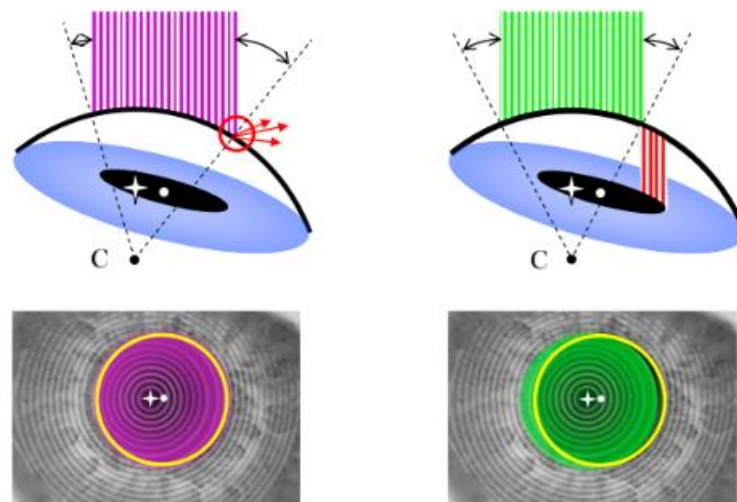


Figura 32.- Opciones de centrado de la ablación hipertrópica: en la imagen de la izquierda la referencia sería el centro de la pupila de entrada y la línea de mirada. En la imagen de la derecha, la referencia sería el reflejo corneal y el eje queratométrico (eje óptico), que corresponde al centro de la curvatura corneal (76).

Teniendo en cuenta esta desviación entre el eje óptico y la línea de mirada (eje visual) a la hora de realizar la cirugía refractiva la opción que a priori parece más adecuada es la de utilizar como eje de referencia para la ablación corneal la línea de mirada del paciente, buscando que la corrección cubra toda el área pupilar (abajo-izquierda, Figura 32). Pero la existencia del ángulo  $\alpha$ , provoca una diferencia en el ángulo de incidencia del láser entre las zonas nasal y temporal de la córnea (izquierda-arriba, Figura 32). El mayor ángulo de incidencia del láser en el área temporal de la zona óptica puede causar una caída en la eficiencia del láser a la hora de ablacinar esa zona, reduciendo la profundidad de la excavación, lo cual provocará distintas profundidades a cada lado del anillo de tratamiento (82). Este problema de asimetría en la ablación corneal se puede evitar utilizando el reflejo corneal como referencia para el centrado. Eso supondría utilizar como eje de referencia para la ablación el queratométrico (eje óptico). Pero centrar en el vértice corneal también tiene sus desventajas, pues si la zona óptica no cubre toda la pupila, es posible que parte del área temporal de la pupila quede cubierta por la zona periférica de la ablación o incluso sin tratar, tal y como se muestra en la Figura 32, arriba a la derecha. En el caso de LASIK miópicos esta diferencia es poca por lo que no es tan crucial decidirse entre uno u otro, en cambio en el caso de los hipermetroses se suele realizar en el

punto más intermedio posible (83). Por lo tanto, un ojo tratado con LASIK hipermetrópico es más susceptible de sufrir aberraciones corneales de forma no controlada.

Después de la cirugía LASIK hipermetrópica la diferencia de profundidad de ablación entre la zona nasal y temporal en la córnea genera un patrón aberrométrico de tipo comático horizontal.

La causa de las diferencias en el incremento del coma, entre los sujetos sometidos a LASIK miópico, no está tan clara. En las personas más miopes, el centro de la pupila de entrada y el reflejo corneal suelen estar cercanos o incluso pueden llegar a coincidir. La córnea queda aproximadamente perpendicular al láser, por lo que no se esperan errores en el centrado de la ablación más allá de los habituales durante la intervención, que puedan justificar el mayor aumento del coma.

El incremento de la aberración esférica se puede corregir utilizando perfiles de ablación esféricos (84). Pero el aumento del coma persiste incluso cuando se realiza un tratamiento personalizado (73).

Aparte de las teorías descritas anteriormente otros factores clínicos pueden haber inducido también la aparición de aberraciones (84) (85) (86) (87). Entre otros:

- Diámetro de la zona óptica.
- El descentramiento de la ablación debido a la falta de fijación: durante una fijación perfecta, el ojo humano realiza pequeños movimientos apenas perceptibles. El uso de un *eye-tracker*, aunque no asegura un centrado perfecto, parece disminuir las aberraciones.
- La ciclotorsión ocular durante la cirugía también se reconoce como uno de los causantes del incremento de las aberraciones de alto orden.
- Las irregularidades corneales.
- La transparencia de la córnea.
- La respuesta de los pacientes a la cicatrización.



### 1.3.3 TRATAMIENTO DE LAS ECTASIAS SECUNDARIAS A LASIK

La actuación sobre estos casos es diversa dependiendo del grado de severidad que presente. La más invasiva sería el trasplante de córnea o queratoplastia, bien sea de toda la córnea (penetrante) o de las capas dañadas, sin endotelio (lamelar anterior profunda). Entre las menos invasivas se encuentran las siguientes:

#### 1.3.3.1 MEDICACIÓN PARA REDUCIR LA PIO

La córnea tras el tratamiento LASIK y la ectasia ha sufrido un debilitamiento, por lo que será menos resistente a la fuerza que debe realizar frente a la PIO para mantener la estructura, lo cual puede ayudar a la deformación. Mediante la aplicación de hipotensores la intención es reducir esa fuerza proveniente de la PIO (88) (89).

#### 1.3.3.2 AYUDAS ÓPTICAS

La refracción del paciente con ectasia es uno de los desafíos con que suele encontrarse el especialista durante el manejo de esta patología. Para hacer una refracción ajustada, hay que tener en cuenta algunas consideraciones. Por eso es importante utilizar un test de agudeza visual que permita valorar de manera precisa variaciones de la visión y realizar un seguimiento del paciente. Utilizar un test logarítmico, preferentemente retroiluminado, mejorará el contraste y permitirá hacer un seguimiento preciso de su evolución. Dependiendo del diámetro pupilar, se obtendrá una refracción diferente por lo que habrá que realizarla con la mayor iluminación ambiental para reducir el tamaño de la pupila y para que las aberraciones de alto orden interfieran lo menos posible. Se puede utilizar un estenopeico para predecir la AV ya que esto consigue que las aberraciones de alto orden interfieran en menor medida (90) (91).

A continuación, se van a describir las distintas ayudas ópticas:

##### a) Lentes de contacto blandas y gafas

La corrección en gafa o con lente de contacto blanda convencional sólo resulta apropiada en aquellos casos incipientes, es decir, cuando la irregularidad corneal no es lo suficientemente pronunciada como para inducir una disminución de la agudeza visual incluso con la mejor corrección esferocilíndrica.

En casos más avanzados o con mayor irregularidad la adaptación se debería hacer preferiblemente con lentes torneadas o con lentes de alto espesor en las que se puedan personalizar parámetros para mejorar la función visual. Las lentes de contacto de elevado espesor tienen como característica principal el alto grosor central, que puede llegar a 400µm, con el objetivo de evitar en la medida de lo posible la deformación de la cara anterior de la lente de contacto al adaptarse a la superficie anterior del ojo y así poder compensar en mayor proporción las aberraciones de alto orden (92). Por otro lado, están las lentes de diseño sofisticado, que son aquellas en las que se talla un patrón aberrométrico inverso al del ojo con el propósito de compensar los valores aberrométricos de alto y bajo orden; no obstante, ese sistema cuenta con la desventaja de que en gran medida depende de la no existencia de rotación o traslación y por esa razón no se utilizan de forma habitual.

Puede que la refracción definitiva de la lente de contacto no coincida con la refracción de la gafa del paciente, ni siquiera el eje del astigmatismo (93).

### b) Lentes de contacto RPG corneales

La RPG permiten la compensación de los valores aberrométricos de bajo y de alto orden de la cara anterior de la córnea. Las RPG corneales tienen un diámetro total inferior al de la córnea, por lo que apoyan plenamente en esta.

Es habitual que en conos centrados se utilicen lentes con menor diámetro total, menor diámetro de la zona óptica y mayor asfericidad, mientras que en conos descentrados se usan lentes de mayor diámetro total, mayor diámetro de la zona óptica y menor asfericidad (94).

El primer paso en la adaptación consiste en la selección del radio base inicial. Existen diferentes criterios, como cerrar 0,20 sobre el valor queratométrico K2 o utilizar los datos recomendados por los programas de simulación de algunos topógrafos. Independiente de la opción elegida, en caso de duda entre dos radios es conveniente en comenzar por la lente más cerrada, ya que la primera impresión será más cómoda para el paciente. Una vez seleccionada la primera lente, la adaptación se hará basándonos en el fluorograma de la lente sobre la córnea.

Tradicionalmente, el apoyo sobre el vértice se adaptaba exageradamente plano, con la equívoca idea de frenar de forma mecánica el avance del queratocono. Ese tipo de adaptaciones deben ser evitadas, ya que pueden comprometer la integridad corneal. No obstante, si se evita el apoyo sobre el vértice cerrando la lente en exceso disminuirá la AV. La situación ideal es un ligero toque sobre el punto más elevado (vértice) (95).

Cuando la adaptación con lentes RPG corneales no es posible por afectar la integridad superficial o a la comodidad, se puede utilizar como protección una lente hidrofílica de potencia neutra entre la córnea y la RPG. Este sistema es conocido como *piggyback*. Al utilizar una lente hidrofílica, será necesario el uso de fluoresceína de alto peso molecular para la valoración del apoyo entre ambas lentes y con coeficiente de fricción bajo que permitan que ambas lentes tengan movimientos independientes (96).

### c) Lentes RPG esclerales

Estas lentes no solo están indicadas en aquellos pacientes con córnea irregular que precisan de una mejora de la calidad visual y comodidad, sino que además también pueden ser consideradas parte del tratamiento de ojo seco severo, en los casos que hayan sufrido ese efecto secundario después de la cirugía (97) (98).

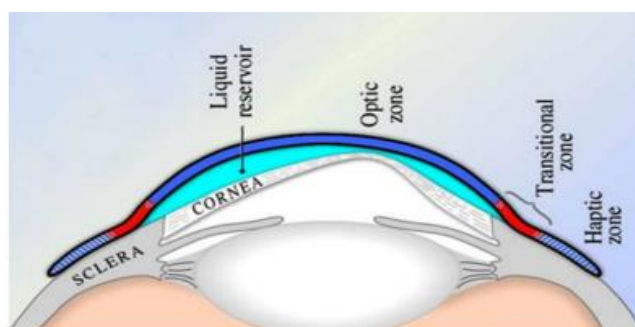


Figura 33.- Lente escleral apoyada sobre córnea ectásica (99).

La *Scleral Lens Education Society* clasifica las lentes esclerales en base a su diámetro en:

- Las lentes **esclerales** son aquellas que apoyan completamente en la esclera y dejan una separación apical completa sobre la córnea. Estas lentes se subdividen a su vez en:
  - Miniesclerales: 15,00-18,00 mm
  - Esclerales grandes: 18,10-25,00mm
- Las lentes **corneoesclerales** tienen un diámetro comprendido entre 12,50mm y 15,00mm aproximadamente. La diferencia de esta familia de lentes respecto a las esclerales totales es que el apoyo no es totalmente escleral, sino que también hay parte corneal.

A la hora de adaptar lentes de contacto esclerales se tienen que elegir parámetros tanto para el centro como para la periferia (100). Un aspecto importante a tener en cuenta es que con las horas de uso de las lentes esclerales se crea compresión conjuntival, por lo que el espesor del menisco entre la lente y la córnea descenderá, y si la lente llega a apoyar en la córnea provoca tinciones y molestias. Por tanto, la altura ideal de una lente escleral nada más ser insertada variará entre 250 $\mu$ m-400 $\mu$ m, en función de la lente adaptada. El objetivo es que después de horas de uso, la compresión conjuntival sitúe la lente a una distancia entre 100 $\mu$ m y 200 $\mu$ m del vértice corneal. En los casos de ectasias se debe tener en cuenta que en la zona del cono ese espacio siempre va a ser menor que el resto de la superficie corneal (101). En la Figura 33 y la Figura 34 se muestra una adaptación de la una lente escleral en una córnea con queratocono.

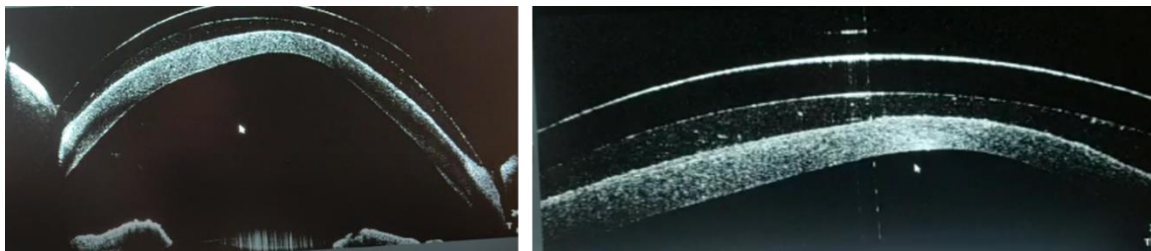


Figura 34.- *Izquierda*: adaptación de LC escleral en córnea ectásica. *Derecha*: adaptación central .

Existen diseños individualizados en lentes de contacto, con el objetivo de compensar las aberraciones en pacientes con ectasias corneales. Aun así, hace falta seguir estudiando más en esta línea antes de confirmar su efectividad (102).

En la Tabla 4 se muestran las diferentes características de las lentes hidrofílicas y RPG corneales y esclerales.

Tabla 4.- Características de las lentes de contacto anteriormente descritas.

	HIDROFÍLICA	HIDROFÍLICA TÓRICA	RPG CORNEAL	RPG ESCLERALES
Calidad óptica			✓	✓
Comodidad	✓	✓		✓
Corrección de astigmatismo		✓	✓	✓
Sin afectación del parpadeo				✓

### **d) Lentes de contacto híbridas**

Las lentes de contacto híbridas cuentan con una zona central de un material RPG que proporciona calidad visual y una zona periférica de material hidrofílico o hidrogel de silicona, que proporciona comodidad al usuario. Existen diseños específicos para ectasias cuya adaptación se basa en evitar el apoyo de la porción rígida de la lente sobre la córnea, repartiendo el apoyo de la porción hidrofílico entre la córnea y la esclera. Los resultados visuales alcanzados son satisfactorios (103).

### 1.3.3.3 CROSS-LINKING (CXL) MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA Y RIBOFLAVINA

El objetivo del CXL corneal es aumentar la rigidez de la córnea y estabilizar la ectasia. Además, según algunos estudios publicados puede llegar a inducir aplanamiento corneal, reduciendo la miopía y el astigmatismo. Esta técnica está indicada, por tanto, en ectasias progresivas, tanto primarias, como secundarias como son las ectasias post-quirúrgicas (104) (105) (106).

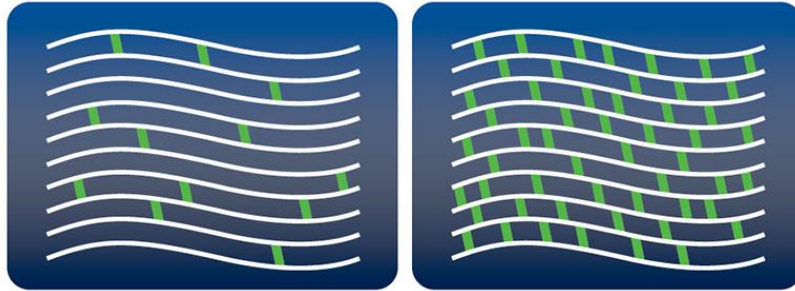


Figura 35.- En estas dos imágenes se puede ver la diferencia de enlaces entre las lamelas de colágeno en una córnea antes de practicarle CXL (*izquierda*) y después (*derecha*). Se han creado numerosos enlaces covalentes entre las fibras de colágeno, que refuerzan la estructura corneal.

#### Bases del funcionamiento de cross-linking corneal

Mediante el CXL corneal se busca generar un aumento de los enlaces covalentes entre las diferentes lamelas de colágeno del estroma corneal generando así un aumento de la rigidez biomecánica de la córnea (Figura 35). Está basado en el uso de la riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>) al 0,10% con o sin dextrano al 20%) y luz ultravioleta tipo A (UVA) a 365nm.

La riboflavina es un fotoactivado con una sensibilidad característica a la radiación UV, con picos de absorción a 221-227, 265-207, 365-370 y 445-460nm. Se utiliza el tercer pico para el CXL. Esta longitud de onda de 365nm tiene la ventaja de que puede penetrar más profundamente en el estroma corneal y, por tanto, puede producir un endurecimiento más profundo de los tejidos.

Tras la aplicación de la luz UVA, se produce una foto polimerización del estroma corneal debido a la fotooxidación y liberación de O<sub>2</sub> y radicales libres, que generan la formación de nuevos enlaces covalentes dentro de las fibras de colágeno, permitiendo el efecto del CXL corneal.

El dextrano al 20% por su parte permite la estabilización osmolar y el mantenimiento del espesor de la córnea durante el procedimiento.

Se ha evidenciado que el CXL aumenta la resistencia a la digestión enzimática, incrementa el módulo elástico de tensión y comporta el aumento de diámetro de las fibrillas de colágeno. Esto último ocurre porque los nuevos entrecruzamientos del colágeno separan las fibras e inducen un aumento en los espacios intermoleculares, permitiendo ese aumento en el diámetro del colágeno (107) (108) (109).

La seguridad del tratamiento con CXL solo está garantizada si el estroma corneal está totalmente empapado de riboflavina. Esto se debe a que cuanto mayor sea la concentración en el estroma de riboflavina, mayor será la absorción de UV en el estroma.

Los principales factores responsables de las complicaciones son la falta de integridad del epitelio y las alteraciones en el espesor corneal:

### a) Infiltrados estromales corneales estériles

La incidencia de esta complicación es de 2,50%. Los casos publicados, descritos tras 2,5 días desde la aplicación del procedimiento, se localizan en la periferia corneal, coincidiendo con el borde de la desepitelización. Es probable que estos infiltrados aparezcan como consecuencia de una respuesta de inmunidad celular a antígenos estafilocócicos acumulados en los bordes de la desepitelización (110) (111).

### b) Alteración en la epitelización

Aquí se incluye el retraso de la epitelización de más de treinta días, cicatrización epitelial hipertrófica o queratitis puntactas superficiales severas entre otras. Los mecanismos que pueden explicarlo son la neurotoxicidad o el daño a nivel de células precursoras (*stem cells*) del limbo entre otros.

### c) Queratitis infecciosas

Se han descrito abscesos corneales de causa bacteriana por virus herpes, por *Acanthamoeba* y por hongos. Entre los factores implicados en la producción de queratitis infecciosas están la falta de integridad del epitelio corneal, las lentes de contacto, el uso de anestésicos y corticoides tópicos, así como el raspado ocular. De todos ellos, la desepitelización es el fundamental y afecta sobre todo a pacientes atópicos y diabéticos (112) (113).

### d) Daño endotelial

La técnica CXL estándar, está limitada a ojos con espesor corneal superior a 400µm, a causa de su efecto cicotóxico a nivel del endotelio corneal, cristalino y de otros tejidos oculares. Además del espesor corneal hay otros factores implicados como la correcta impregnación con riboflavina de la córnea o de la técnica de enfoque adecuada, ya que el acercamiento excesivo de la fuente de irradiación puede producir niveles de irradiación que superen el umbral.

### e) Reticulado corneal

Tras CXL se produce un fenómeno de reticulado, o *haze*, de incidencia muy variable, puede oscilar entre el 10% y el 90%. Se han propuesto como factores de riesgo asociados a este fenómeno contar con una edad por encima de los treinta y cinco años y queratocono avanzado acompañado de una AV adecuada con corrección.

### f) Pérdida de AV de lejos con corrección

Se considera que un procedimiento es seguro si la incidencia de pérdida de AV de lejos con corrección de dos o más líneas de Snellen en un tiempo aproximado de seis meses a un año es del 5%. En el caso del CXL, los datos publicados sitúan la incidencia de pérdida de AV con corrección en un 12,4% y como principales factores de riesgo intervienen: edad >35 años, K máxima >58,00D o AV con corrección preoperatoria > 20/25 (114).

### g) Otras complicaciones

A tenor de los estudios publicados se han identificado en otros casos aislados procesos como tumores de superficie (115) o queratitis lamelar difusa (114).

### 1.3.4 ANILLOS INTRAESTROMALES (ICRS)

Los ICRS son pequeños dispositivos fabricados a partir del polimetilmetacrilato (PMMA), material inerte y biocompatible, con un índice de refracción de 1,49 (116). Son implantados en el estroma corneal e inducen cambios en la estructura o geometría de la córnea. Mediante la colocación de los implantes de PMMA se produce un incremento del espesor corneal en la periferia y se induce un aplanamiento central. Por este motivo los ICRS fueron diseñados inicialmente para la corrección de la miopía, pero sus resultados eran muy inciertos, por lo que cayeron en desuso (117). En 2000 se propuso el implante de estos ICRS como opción terapéutica en ectasias corneales, ya que se dieron cuenta de que aparte de aplanar la córnea central también regularizaban las asimetrías del tejido (118). Existe un especial interés en los ICRS corneales, al tratarse de una alternativa de tratamiento más conservadora que el trasplante corneal.

La principal función de los ICRS no es detener la ectasia, sino recentrar el ápice del cono y por ende disminuir las aberraciones de alto orden, algunas veces incluso mejorando las de bajo orden. Por esta razón se consideran como opción terapéutica en pacientes con ectasias estables y visión insatisfactoria con gafas y lentes de contacto o intolerancia a las mismas, que presentan miopía moderada, grosor corneal adecuado y ausencia de cicatrización (leucoma) corneal.



Figura 36.- Imagen realizada mediante lámpara de hendidura y con retroiluminación de paciente con queratocono al que se le han implantados dos ICRS (16).

Con el fin de implantar los ICRS en la córnea, es necesario realizar canales en el estroma para insertar en ellos los segmentos. La incisión principal se realiza en el meridiano más curvo con un bisturí calibrado de diamante, como el de la Figura 36. Tras comprobar que la incisión ha alcanzado una profundidad adecuada, 70-80%, se inicia la tunelización donde se introduce el segmento hasta la posición deseada. Para este propósito hay dos intervenciones quirúrgicas diferentes: manual o automatizada, guiado por láser femtosegundo. La técnica manual consiste en la realización del túnel de modo mecánico.

En el caso del laser de femtosegundo, es el mismo que se utiliza para la realización de *flap* en la cirugía LASIK. Se trata de un laser infrarojo (1053 $\mu$ m), que mediante fotodisrupción creará los túneles donde luego se colocarán los ICRS. Esta última técnica proporciona tamaños y profundidades más predecibles y precisas que mediante los disectores (119). Por esta razón se han realizado estudios comparando ambas técnicas, pero no se han encontrado diferencias visuales ni refractivas a corto plazo (120) (121) (122) (123). Eso si, la precisión en la profundidad que se obtiene realizando la técnica láser, la hace especialmente útil en ectasias post-LASIK, en los que es fácil crear vías falsas a través *flap* corneal previo.

Estos implantes se utilizan principalmente para cinco casos (52) (124) (125):

- a) Queratocono de baja expresión (frustre) o topografía anómala
- b) Queratocono clínico
- c) Degeneración marginal pelúcida
- d) Ectasias corneales post cirugía refractiva (PRK, LASIK)
- e) Astigmatismos irregulares tras queratoplastia (lamelar o penetrante)

En la Tabla 5 se muestran las indicaciones y contraindicaciones para la selección de pacientes a los que implantar ICRS.

Tabla 5.- Indicaciones y contraindicaciones para el implante de ICRS.

INDICACIONES	CONTRAINDICACIONES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pacientes con visión en gafas deficitaria (&lt; 0,8-0,9) que todavía no son candidatos óptimos para queratoplastia.</li> <li>• Intolerancia a las lentes de contacto.</li> <li>• Queratocono leve-moderado (estadio de <i>Krumeich</i> I o II).</li> <li>• Diámetro pupilar &lt;7mm.</li> <li>• Ausencia de leucoma u opacidad corneal (<i>haze</i>) central significativa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteraciones palpebrales.</li> <li>• Alteración de la película lagrimal no tratada.</li> <li>• Antecedentes de queratitis herpética.</li> <li>• Síndrome de erosión corneal recidivante.</li> <li>• Afecciones del colágeno.</li> <li>• Distrofias corneales.</li> <li>• Alteraciones retinianas previas que limiten el potencial visual.</li> <li>• Enfermedades autoinmunitarias o del colágeno (atopía, diabetes mellitus, síndrome de Steven Johnson).</li> <li>• Fármacos sistémicos (Isotretinoína, Amiodarona sumatriptan).</li> <li>• Después queratoplastia penetrante cuando el botón donador está descentrado.</li> <li>• Mujeres embarazadas o en periodo de lactancia.</li> <li>• Queratocono avanzado con queratometría mayor de 70 D.</li> <li>• Paquimetría central inferior a 400µm.</li> <li>• Presión intraocular superior a 21mmHg o glaucoma.</li> <li>• Cualquier proceso infeccioso activo.</li> </ul>

### 1.3.4.1 MECANISMO DE ACCIÓN DE LOS ICRS

El mecanismo de los ICRS comprende gran controversia, existen diferentes teorías. Inicialmente, a la hora de entender el funcionamiento se tenían en cuenta “ley de espesores de Barraquer” y la “ley de Blavatskaya” (126) (127). Cuando se añade material a la periferia de la córnea (ICRS en este caso) o se sustrae tejido del centro de la córnea, se consigue un efecto de aplanamiento central, y viceversa, se encorva al añadir tejido al centro o sustraerlo de la periferia (Ley de espesores de Barraquer) (126). Al implantar los segmentos en la periferia, es el diámetro del ICRS quién determina la cuantía de este aplanamiento, cuanto menor sea el diámetro (cuanto más cerca esté del centro), mayor será el aplanamiento (Ley de Blavatskaya) (127).



Según estas dos teorías los resultados varían de manera directamente proporcional al espesor del ICRS inversamente al diámetro. Cuanto más grueso y pequeño sea el dispositivo mayor será su efecto de aplanamiento.

Sin embargo, los implantes actuales no se basan exclusivamente en estas leyes (128). En el estudio realizado por Barraquer en 1966 (126) los implantes eran muy superficiales y anulares (360°), por lo que esta teoría proponía un cambio global en la curvatura corneal. Hoy en día en cambio se colocan a una profundidad del 70-80% y su longitud de arco es casi de la mitad, son sectoriales en vez de anulares. Por la profundidad a la que se implantan, su efecto es principalmente hacia el endotelio y no hacia la cara anterior de la córnea. Cuanto más superficial es, se obtiene más efecto, pero existe más riesgo de complicaciones, como por ejemplo extrusión del segmento (119). En la Figura 37 se muestra una córnea antes y después de haber introducido los ICRS.

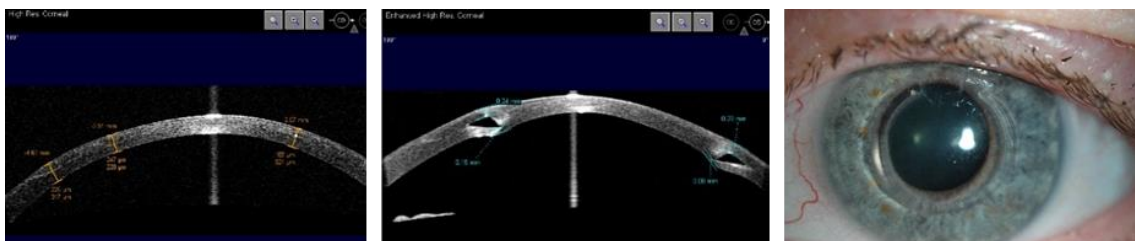


Figura 37.- *Izquierda:* córnea con ectasia post-LASIK. *Centro y derecha:* misma córnea tras el implante de ICRS. Fotos cedidas por la Dra. Cristina Peris.

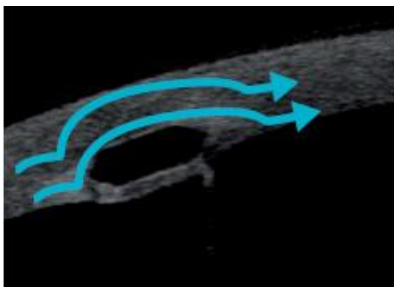


Figura 38.- Segmento de sección hexagonal y su posible efecto de la ocupación de espacio que fuerza la desviación de las lamelas corneales (*líneas azules*), lo cual provoca un aumento de su recorrido y, por tanto, de la tensión (16).

Al implantar los ICRS se da un movimiento vascular de los mismos, esto significa que los extremos del segmento se proyectan hacia el epitelio mientras que el cuerpo del ICRS va hacia abajo. La tensión que se produce en los dos extremos del segmento hace que se aplane el eje de la córnea que se encuentra por delante de ellos y se incurve el perpendicular, el que pasa por el cuerpo del segmento. Para comprender eso se debe tener cuenta la teoría de acortamiento de arco, propuesta por Silvestrini *et al.* en 1994 (129), que considera que el aplanamiento corneal se daría debido a que el implante ocupa un espacio en el estroma, haciendo que las lamelas tengan que rodearlo siguiendo un camino más largo, como se muestra en la Figura 38. Esto desplaza de manera localizada las láminas más superficiales hacia la cara anterior, lo que aumenta la tensión de sus fibras y debido a que están ancladas en el limbo y a su relativa falta de elasticidad, el resultado es un aplanamiento de la curvatura de la córnea central. Por este motivo el centro del ICRS debe implantarse en el eje más plano de la córnea, para que aplane el eje perpendicular más curvo y compensar así la diferencia. Otra terminología para expresar esta misma idea sería colocar el segmento de forma paralela al eje más curvo quedando los extremos por debajo de él. Por otro lado, las lamelas que pasan por detrás del implante se relajan, dado

que pierden curvatura. Aunque se reconozca esta explicación como la más lógica para entender el efecto de los segmentos sobre la curvatura corneal, existen otros factores que influyen en el resultado final.

Todo lo explicado hasta ahora avalaría el comportamiento que parece seguir (falsamente) la ley de espesores: cuanto mayor sea el grosor del implante, mayor esfuerzo tensil inducirá en las lamelas anteriores, y cuanto menor sea su diámetro, más se concentrará el efecto sobre el área óptica central (130) (129).

La anchura del túnel debe tener también influencia en los resultados finales. Se puede imaginar que, en un túnel muy ancho, el efecto del segmento será menor, y en uno muy estrecho la tensión que se origina y su efecto será mayor. Con la técnica de implante manual, el túnel siempre es estándar, independientemente del espesor del segmento. Sin embargo, con la técnica asistida por láser femtosegundo, se puede seleccionar su anchura en función del tipo y el grosor del segmento a implantar. Aun así, todavía no se conocen con exactitud las ventajas e inconvenientes (121) (131).

### 1.3.4.2 INFLUENCIA DE LA LONGITUD DE ARCO

Según distintos estudios cuanto mayor sea la longitud de arco del ICRS el efecto será mayor sobre la esfera y menor sobre el astigmatismo, representada por la relación entre una mayor disminución en la asfericidad, pero sin alterar demasiado la queratometría (K). En cambio si lo que se quiere es corregir astigmatismo altos, sin tocar casi la esfera se hará uso de arcos medios (120°, 140° y 160°) o pequeños (90°) y de los diseños de sección triangular, por un efecto llamado torsión que se describirán más adelante (132). Biomecánicamente podría explicarse como que la tensión que se produce en el estroma es más general si los dos extremos del segmento están más cerca. En la Figura 39 se muestran ICRS de distinta longitud.

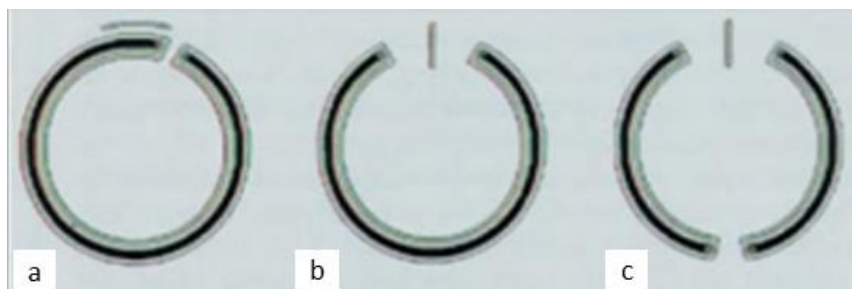


Figura 39.- a) ICRS de 360° b) ICRS de 310° c) Dos ICRS de 150° (diseño más utilizado actualmente)

Los primeros modelos utilizados, por el Dr. Paulo Ferrara, a finales del siglo pasado, eran únicos y grandes (355°). La dificultad para su introducción hizo que fuesen sustituidos por uno o dos segmentos menores. Pero el avance tecnológico ha contribuido a resolver este problema, permitiendo la creación de canales largos y perfectos mediante el láser femtosegundo, de manera que el ICRS se desliza más fácilmente, por eso es que se han vuelto a introducir los ICRS de arco completo en la práctica clínica.

Debido a que con las nuevas tecnologías esos riesgos ya no existen, se puede pensar que existen diversas ventajas del uso de un ICRS grande respecto a los dos segmentos tradicionales. En primer lugar, simplifica la cirugía. Por otro lado, al haber dos segmentos se pueden encontrar con complicaciones relacionadas con un mal posicionamiento de un segmento respecto al otro,

como, por ejemplo, que estén implantados uno muy cerca del otro, o muy distantes, o desalineados. También puede ocurrir que uno de los segmentos puede entrar en el túnel del otro segmento y quedar uno sobre otro. La última ventaja, y quizá la más importante, es que el segmento único garantiza que todo el implante este en el mismo plano, lo que proporciona mayor regularidad de la superficie corneal post-operatoria.

El primero en volver a sacar al mercado uno fue Medhipacos en 2013, con un Keraring® de 355°. Sin embargo, aparecieron varias complicaciones (133), por lo que se propuso una reducción de la longitud de arco a 340°. El efecto del Keraring® 340 debía ser similar al de 355 pero asociado a una implantación más fácil y con menos complicaciones relacionadas con la proximidad del segmento a la incisión quirúrgica, como la neovascularización o los depósitos corneales (134) (135). Para aumentar aún más la seguridad de este nuevo ICRS, esta vez otro fabricante, AJL, se desarrolló un anillo de Ferrara de 320° (136). El uso de estos ICRS a pesar de sus supuestas ventajas no es muy común.

### 1.3.4.3 INFLUENCIA DEL DIÁMETRO

Cuanto menor sea el diámetro interno del segmento, o lo que es lo mismo, la zona óptica, más se concentrará su efecto en la córnea central tal y como decía la “ley de Blavatskaya” (127). Este es la razón por la que se suelen emplear segmentos de 5,00mm en los queratoconos centrales.

En general, zonas ópticas pequeñas (5,00mm) pueden ser origen de más fenómenos difotopsicos y zonas ópticas grandes (7,00mm) pueden originar zonas inflamatorias en el limbo esclero-corneal. Por estos motivos se tiende a trabajar en la mayoría de las ocasiones en zonas ópticas intermedias (6,00mm).

### 1.3.4.4 ELECCIÓN DE LOS ICRS A IMPLANTAR

Las ectasias post-LASIK suelen ser centrales o inferiores. Cuando es central se suele manifestar en general con altas miopías y en las inferiores en cambio, con altos astigmatismos. Cuando se implantan dos segmentos simétricos o uno de gran longitud de arco se actúa más sobre la miopía, y el efecto en el astigmatismo es menor. En cambio, cuando se introduce un único ICRS o dos asimétricos sucede lo contrario, el efecto sobre el astigmatismo será mayor que el de la miopía. Por lo tanto, se recomienda el uso de dos segmentos simétricos o uno de gran longitud de arco en conos centrales, y asimétricos o un único ICRS en la zona inferior, en los casos periféricos. De todas formas, el número de segmentos, el tamaño y la simetría varían según el paciente, el cirujano y el tipo de ICRS.

En el caso de que sean necesarios dos ICRS asimétricos en las ectasias post-LASIK, el más grueso se localiza en la zona inferior y el más delgado en la superior (137) (138) (139) (140) (141).

En resumen, en cuanto al efecto de los ICRS se puede decir que se sabe que cuanto mayor sea el espesor del segmento y cuanto menor sea el arco, mayor tensión se produce en el estroma y más astigmatismo corrige, y que cuanto menor sea el diámetro del segmento, más se concentra su efecto en la córnea central.

En pacientes con ectasia, la disposición de las fibras de colágeno se encuentra alterada, por lo que la respuesta de estos ICRS será bastante más impredecible. No hay en la literatura científica aún trabajos que traten de desarrollar un modelo matemático adecuado que permita

optimizar los nomogramas de implantación de los ICRS en córneas ectásicas primarias, y menos todavía en córneas ectásicas previamente sometidas a cirugía LASIK, en las que se utilizan nomogramas para córneas con ectasias primarias (130).

### 1.3.4.5 PROFUNDIDAD DEL IMPLANTE

La profundidad de implante es muy importante, sobre todo por evitar la extrusión en implantes muy superficiales o que se desprenda hacia la cámara posterior en los implantes demasiado profundos. Para evitar esto es importante medir la paquimetría en el lugar de implantación.

En corneas intervenidas se ha podido comprobar que el epitelio situado encima del implante se adelgaza y que el situado a los lados se hipertrofia, en un intento de compensar la acción del segmento sobre la cara anterior de la córnea. Este hecho puede ser el motivo de las queratitis y úlceras que dan lugar a la extrusión del segmento en implantes demasiado superficiales. Por eso es por lo que en los últimos años se ha establecido como profundidad ideal de implante el 70%-80% del mínimo espesor de la córnea medido en la zona óptica escogida (119) (142).

En la Tabla 6 se describen los límites de seguridad requeridos en cuanto a espesor a la hora de implantar los ICRS.

Tabla 6.- Límites de seguridad en el espesor corneal para el implante de los ICRS (16).

LÍMITES DE SEGURIDAD					
Espesor del segmento propuesto	150µm	200µm	250µm	300µm	350µm
Espesor córneoal mínimo requerido	250µm	335µm	420µm	500µm	580µm

### 1.3.4.6 INFLUENCIA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL






En los ICRS se pueden encontrar con distintas secciones transversales: hexagonal, elíptica y triangular, como se puede observar en la Tabla 7.

Existe la evidencia clínica de que los segmentos de sección transversal triangular y base plana producen más efecto sobre la corrección del astigmatismo que los segmentos de sección hexagonal o elíptica y base angulada. Esto es probablemente debido a que los primeros ejercen más tensión sobre el estroma corneal que los segundos al no seguir la curvatura natural de la córnea. En los ICRS de sección triangular, la cara posterior se dispone paralela al plano del iris. En el postoperatorio inmediato se produce un giro del implante, que posiblemente conlleva un efecto de torsión sobre las lamelas circundantes como se muestra en la Figura 40.

En realidad, no es una torsión verdadera, viene dado por el implante de un segmento plano en un túnel curvo en una cornea "blanda". Por el contrario, los ICRS de sección hexagonal y elíptica, las caras principales se disponen paralelas, aproximadamente, a la dirección de las lamelas corneales, por lo que los efectos de torsión sobre estas no son de esperar (143) (144).

Si se observan imágenes de una córnea en la que se han implantado ICRS a través de una imagen obtenida mediante OCT, se puede intuir este giro, tal y como se ve en la Figura 40.

Tabla 7.- Comparativa de los distintos modelos de ICRS intracorneales más habituales.

MODELO (Fabricante)	Intacs® estándar	Intacs® SK	Anillos de Ferrara	Keraring®	Cornealring®
Compañía	AJL (España)	AJL (España)	AJL (España)	Mediphacos (Brasil)	Visiontech (Brasil)
Sección transversal	 Hexagonal	 Elíptico	 Triangular	 Triangular	 Triangular
Objetivo	Miopía y ectasias	Ectasias avanzadas	Miopía y ectasias	Ectasias	Ectasias
Material	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA
Zona óptica (mm)	7-8	6	5-6	5-6	7
Longitud de arco (°)	150 y 210	90-150	90-320	90-355	90-220
Espesor (µm)	210-450	250-500	150-350	150-350	150-350

Este efecto de la torsión hace que los ICRS de sección triangular sean más efectivos a la hora de corregir el astigmatismo, debido a que hace que tiendan a disminuir más la K alta, mientras que los hexagonales y ovalados por su ángulo respecto al plano corneal producen más efecto en miopía. Este efecto torsional es además aún mayor en segmentos con arcos cortos (90°).

Por otro lado, la sección transversal triangular genera un efecto prismático gracias a que la luz que llega a los implantes es reflejada, disminuyendo así el deslumbramiento y los halos.

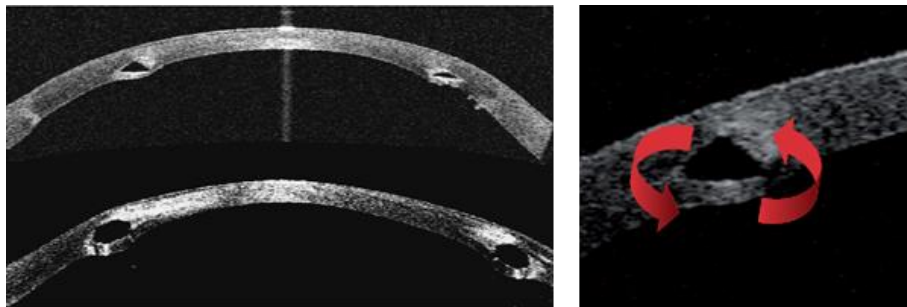


Figura 40.- Imagen de OCT donde se observa el efecto torsional de un ICRS de sección triangular (16).

### SEGMENTOS INTRACORNEALES DE SECCIÓN TRIANGULAR

Los ICRS de sección transversal triangular empezaron a utilizarse para ectasias en 1996, y desde entonces se han ido perfeccionando con sucesivas modificaciones. Actualmente existen diferentes compañías que fabrican ICRS con este diseño, entre otros están los anillos de Ferrara, Keraring® y Cornealring®.

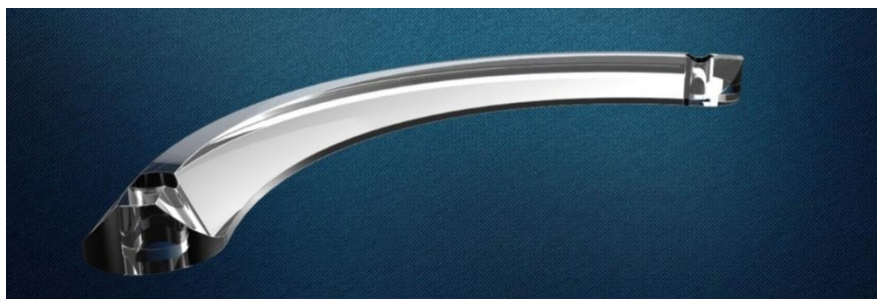


Figura 41.- ICRS con diseño actual de sección triangular.

#### **Clasificación morfológica Ferrara para el implante de ICRS se sección triangular.**

Ferrara fue el primero en definir un patrón para las ectasias en el momento de su diagnóstico con intención quirúrgica. Para ello diseñó un nomograma de tratamiento que dependía de la evolución de la enfermedad (145), trabajaba con un solo segmento aumentando su espesor en función de lo avanzado de la ectasia. El siguiente nomograma tuvo en cuenta la refracción previa del paciente a la hora de decidir el tamaño y espesor del segmento. Cuanto mayor era el equivalente esférico, aumentaba el espesor del segmento implantado. Sin embargo, se comprobó que en muchos casos de queratocono, la miopía o el astigmatismo no están relacionados con la ectasia, y por eso se desestimó este segundo nomograma. La consecuencia era que se producían casos de hipercorrección secundarios al mayor espesor del segmento (145). En el tercera y actual generación de nomograma, publicada en 2006, Ferrara consideró la cirugía con implante de segmentos intracorneales como un procedimiento ortopédico y la refracción pasa a ser un parámetro secundario. La selección del ICRS dependería del tipo de queratocono, de su localización en la córnea, del astigmatismo corneal, la paquimetría; pero no es hasta 2009 cuando empieza a incluir la asfericidad en su estrategia de tratamiento. En la Tabla 8 se muestran los pasos a seguir para la selección de los ICRS.

Tabla 8.- Pasos diseñados por Ferrara para la selección del ICRL a implantar (146).

<b>Clasificación de Ferrara paso a paso:</b>	
<b>1.</b>	Definir el eje de referencia.
<b>2.</b>	Definir el tipo de cono.
<b>3.</b>	Distribución de la superficie ectásica en la córnea: 0/100% , 20/80%, 40/80% 50/50% (Tabla 9).
<b>4.</b>	Asfericidad corneal (Q).
<b>5.</b>	Astigmatismo topográfico.
<b>6.</b>	Paquimetría en el lugar de la incisión y la zona de actuación del ICRS.

Paulo Ferrara pretendía delimitar el área queratométrica más curva de la córnea y relacionarla con el denominado eje de referencia (Refractivo (ER) o topográfico (ET), comático (EC)). El primer paso para elaborar esta clasificación es seleccionar el eje de referencia. Si  $AV_{cc} \geq 0,5$  (Snellen), se selecciona el ER curvo; si la  $AV_{cc} \leq 0,50$ , se selecciona el EC o el ET más curvo.








A la hora de escoger el ET o EC se debe tener en cuenta la divergencia entre los ejes de referencia:

- Entre  $0^\circ$  y  $30^\circ$  se consideran coincidentes
- Entre  $30^\circ$  y  $60^\circ$  se consideran no coincidentes
- Entre  $60^\circ$  y  $90^\circ$  se consideran perpendiculares

Se escoge siempre el EC de referencia menos cuando estos dos sean perpendiculares (patrón ectásico tipo *Snowman*). Con el implante en el EC se pretende reforzar la córnea en la dirección en la que puede evolucionar la ectasia.

El segundo paso consiste en determinar el tipo de asimetría corneal, es decir, según la zona donde se encuentre la irregularidad. Para ello, se considera el eje de referencia escogido y el mapa de curvatura axial. Así debe determinarse el área queratométrica más curva o el área de desnivel que se encuentra a un lado del eje de referencia seleccionado. Se pueden encontrar cuatro tipos tal y como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9.- Representación de los cuatro tipos de asimetrías corneales delimitados por Ferrara (146).

			
<b>Tipo 1</b>	<b>Tipo 2</b>	<b>Tipo 3</b>	<b>Tipo 4</b>
100% de la ectasia se encuentra en un lado del eje de referencia.	La distribución del área ectásica es de aproximadamente 20%/80%.	La distribución del área ectásica es de aproximadamente el 40%/80%.	La distribución del área ectásica es del 50%/50%.
 La superficie azul representa el mapa queratométrico.  La línea representa el meridiano de referencia que elegimos.  La superficie roja representa la zona de área más curva (ectásica).			

Posteriormente debe determinarse la localización del cono:

- **Central** (alta asfericidad): cuando la distancia con respecto al centro de la pupila es menor o igual de 1,25mm. Incluye queratoconos de tipo 4 de la Tabla 9 (*Nipple* o *Bowtie*).
- **Paracentral** (baja asfericidad): cuando distancia con respecto al centro de la pupila es mayor de 1,25mm. Abarca los tipos 1, 2 y 3 y presentan astigmatismo irregular (*Croissant*, *Snowman* o *Duck*).



- **Pericentral:** hace referencia a los casos en el límite o diagnosticados de degeneración marginal pelúcida o pseudopelúcidas.

En cuanto a la asfericidad (Q) se considera alta cuando es menor de -1,25 en una zona óptica de 4,50mm o en el caso de considerar una zona óptica de 8,00mm será alta cuando la Q sea menor de -1,00.

Finalmente, se debe definir la paquimetría en la zona de la incisión (eje más curvo de la córnea). Como regla se ha establecido que el espesor de los ICRS no supere en 50% del espesor de la córnea en la zona del implante.

Esta clasificación se utiliza en todos los tipos de ICRS de sección triangular, después en base a esto cada uno utilizará su propio nomograma.

### Anillos de Ferrara (AJL, Vitoria, España)

En los años 1980, Ferrara comenzó a implantar ICRS de PMMA modificados en córneas de conejo. A partir de 1986, y en colaboración con Mediphacos, probaron diferentes formas anulares y diámetros diversos cuyo objetivo inicial iba dirigido a la corrección de miopías moderadas y elevadas para así poder constatar la tolerancia de la córnea a estos segmentos. Fue a partir de 1991 cuando estos fueron implantados en córneas humanas, como un procedimiento refractivo, para la corrección de altas miopías y en 1996 para la corrección de queratocono. Inicialmente se utilizaba un único ICRS 355°, posteriormente comenzaron a utilizarse dos, llegando a la conclusión de que el mejor diseño era el que todavía hoy se utiliza, fabricados en PMMA con un diámetro total de 5,00 mm y un espesor entre 100 y 400µm. Actualmente se conocen con dos nombres comerciales diferentes: **Keraring®** y **Ferrara**. En los últimos diseños de los anillos de Ferrara se han añadido filtro azul y filtro ultravioleta que podrían reducir los posibles efectos disfotopsicos en visión nocturna. Cada segmento tiene un orificio de 0,2mm en cada extremo para facilitar su implantación.

<b>AFR:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• El efecto es más central</li><li>• Corrigen más esfera que cilindro</li><li>• Mejor en correcciones altas</li><li>• Útiles en casos asimétricos</li></ul>	<b>AFR6:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mayor efecto periférico</li><li>• Corrigen astigmatismos altos</li><li>• Producen menos halos</li></ul>
---	--

Figura 42.- Diferencias entre los ICRS tipo Ferrara ARF y AFR6.

Estos segmentos están disponibles en dos diámetros, 6,00mm (**AFR6**) para la miopía de hasta -7,00D y 5,00mm (**AFR**) para un mayor grado de miopía. La diferencia entre ambos segmentos se puede observar en la Figura 42, en la Figura 43 y en la Tabla 10.



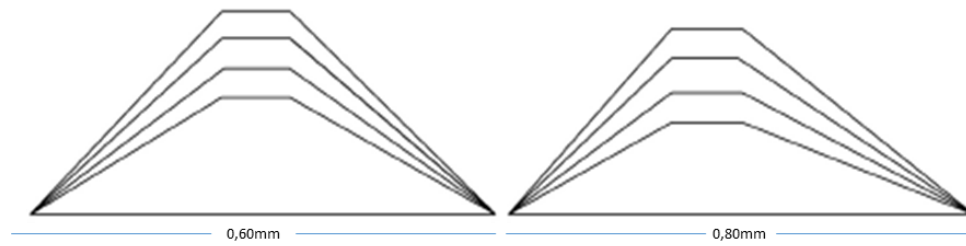


Figura 43.- Diseño prismático de los segmentos de Ferrara de zona óptica de 5,00mm y 6,00mm.

Tabla 10.- Características de los ICRS ARF y AFR6.

Modelos	AFR	AFR6
Sección transversal	Triangulo isósceles	Triangulo escaleno
Diámetro externo	5,60	6,60
Diámetro interno/ zona óptica (mm)	4,40/ 5,00-6	5,40/ 6,00-7,00
Grosos disponibles ( $\mu\text{m}$ )	150,200,250,300 y 350.	150,200,250,300,350
Longitud de arco ( $^{\circ}$ )	90,120,140,150,160,180,210 y 320 *Otras longitudes a petición de 60° a 210° en pasos de 10°	90,120,140,150,160,180,210 y 320 *Otras longitudes a petición de 60° a 210° en pasos de 10°
Base ( $\mu\text{m}$ )	600	800
Ápex truncado ( $\mu\text{m}$ )	40	120

### Nomograma de Anillos de Ferrara

Hay muchos nomogramas para estos ICRS, y lo más probable es que sigan apareciendo más perfeccionando el creado por Ferrara.

El último es el publicado por Fernández *et al.* en septiembre de 2021 (147). Este nomograma está validado para valores obtenidos de Pentacam® y se basa en la diferencia de ejes del cilindro refractivo y el eje corneal más plano, y el mapa de la aberración comática con el uso del topógrafo Pentacam®.

En la Tabla 11 se representa en el nomograma diseñado por Fernández *et al.* (147) para los conos centrales y en la Tabla 12 para conos periféricos.

## 1. INTRODUCCIÓN

Tabla 11.- Nomograma diseñado por Fernández *et al.* (147) para conos centrales.

CONOS CENTRALES		
Baja asfericidad (Q > -0,80) Aberración comática alta	Asfericidad media (Q ente -0,80 y -1,20) Aberración comática baja	Alta asfericidad (Q < -1,20) Aberración comática baja
<b>Astigmatismo bajo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eje topográfico entre 80-110°: 2 ICRS de 150° (6,00mm)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Km &lt; 45,00D: 200µm</li> <li>Km &gt; 45,00D: 250µm</li> </ul> </li> <li>Eje topográfico fuera de 80-110°: 1 ICRS de 150° (6,00mm)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Km &lt; 45,00D: 200µm</li> <li>Km &gt; 45,00D: 250µm</li> </ul> </li> </ul>	<b>Astigmatismo bajo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 ICRS de 210° (5,00mm)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Q entre -0,80 y -1,00: 200µm</li> <li>Q entre -1,00 y -1,20: 250µm</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espesor corneal &lt; 450µm: 1 ICRS: 320° y 200µm (5,00mm)</li> <li>Espesor corneal &gt; 450µm: 1 ICRS: 320° y 250µm (5,00mm)</li> </ul>
<b>Astigmatismo alto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Astigmatismo topográfico entre 5,00-6,00D: 2 ICRS de 150° (6,00mm)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Km &lt; 45,00D: 200µm</li> <li>Km &gt; 45,00D: 250µm</li> </ul> </li> <li>Astigmatismo superior a 6,00D: 2 ICRS de 120° (6,00mm)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Astigmatismo entre 6,00-8,00D: 200µm</li> <li>Astigmatismo superior a 8,00D: 250µm</li> </ul> </li> </ul>	<b>Astigmatismo alto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2 ICRS de 140° (5,00mm)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Q entre -0,8 y -1,00: 200µm</li> <li>Q entre -1,00 y -1,20: 250µm</li> </ul> </li> </ul>	

Tabla 12.- Nomograma diseñado por Fernández *et al.* (147) para conos periféricos.

CONOS PERIFÉRICOS			
Baja asfericidad (Q > -0,8) Aberración comática alta			Alta asfericidad (Q < -1,2) Aberración comática alta
EJE TOPOGRÁFICO Y COMÁTICO COINCIDENTES	EJE TOPOGRÁFICO Y COMÁTICO NO COINCIDENTES	EJE TOPOGRÁFICO Y COMÁTICO PERPENDICULARES:	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espesor corneal &lt; 450µm: 1 ICRS: 320° y 200µm (5,00mm)</li> <li>Espesor corneal &gt; 450µm: 1 ICRS: 320° y 250µm (5,00mm)</li> </ul>
<b>Astigmatismo bajo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 ICRS de 150° (6,00mm)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Km &lt; 45,00D: 200µm</li> <li>Km &gt; 45,00D: 250µm</li> </ul> </li> </ul>	<b>Astigmatismo bajo y alto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 ICRS de 210° (6,00mm)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Km &lt; 45,00D: 200µm</li> <li>Km &gt; 45,00D: 250µm</li> </ul> </li> </ul>	<b>Astigmatismo bajo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 ICRS de 210° (6,00mm)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Km &lt; 45,00D: 200µm</li> <li>Km &gt; 45,00D: 250µm</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Astigmatismo alto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 ICRS de 150° (6,00mm) 1 ICRS de 90° (6,00mm)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Astigmatismo entre 6,00-8,00D: 200µm</li> <li>Astigmatismo superior a 8,00D: 250µm</li> </ul> </li> </ul>		<b>Astigmatismo alto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2 ICRS de 140° (5,00mm)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Astigmatismo entre 6,00-8,00D: 150µm</li> <li>Astigmatismo entre 8,00-10,00D: 150µm</li> <li>Astigmatismo superior a 10,00D: 250µm</li> </ul> </li> </ul>	

AJL ha comercializado en 2021 un nuevo ICRS, llamado AJL pro+, con características similares a los anillos de Ferrara, pero con una variación del espesor de un extremo a otro del ICRS. La progresión puede ir en sentido horario u antihorario y están indicados de manera específica para corneas con quertocono asimétrico y ectasias secundarias a cirugía refractiva LASIK.

### Keraring® (Mediphacos, Belo Horizonte, Brasil)

Estos ICRS llevan el mismo diseño que los anillos de Ferrara por lo que las características son iguales. En este caso, los que tienen una zona óptica de 5,00mm denominados SI-5 y los SI-6 que cuentan con una zona óptica de 5,50-6,00mm. La diferencia con el otro fabricante es que los Keraring® no llevan filtro para la luz azul. Recientemente se han diseñado segmentos de 35° y 340° de arco en zona de 5,00mm, con un espesor variable entre 150 y 350  $\mu\text{m}$  en pasos de 50 $\mu\text{m}$  para el primero y de 200-300 $\mu\text{m}$  para el de 340°.

Existen también los segmentos llamados de Keraring®AS. Se diferencian por ser asimétricos, tienen un espesor progresivo que ejerce un efecto de aplanamiento gradual permitiendo una remodelación corneal personalizada para cada caso específico.

El espesor puede incrementar en el sentido de las agujas del reloj o contrariamente. El extremo de la flecha indica la dirección de este aumento (Figura 44). Los ICRS corneales Keraring®AS de 5,00mm de diámetro y 160° presentan espesores progresivos de 150 a 250 $\mu\text{m}$  y de 200 a 300 $\mu\text{m}$ .



Figura 44.- Keraring® AS.

### Nomograma de Keraring® y Keraring®AS

Mediphacos, ha desarrollado un nomograma basado en la clasificación morfológica de Ferrara, fruto de su trabajo conjunto en el pasado. La selección de los segmentos (arco y espesor) dependen de la relación entre la esfera y el cilindro (con signo negativo) obtenidos en la refracción subjetiva. Para el implante de Keraring® se emplean tres tipos de Nomograma (A, B y C) que se dividen en función al tipo de asimetría corneal como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13.- Nomograma a utilizar en base a la asimetría corneal definida por Ferrara.

Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Se aplica el nomograma A	Se aplica el nomograma A	Se aplica el nomograma B.	Se aplica el nomograma C.

En la Figura 45, Figura 46 y Figura 47 se describen los tres nomogramas. El nomograma descodifica los ICRS por XXX/YYY, la longitud de arco viene dado por XXX, mientras que las YYY hacen referencia al espesor del segmento en micras

**Nomograma A:** ectasias muy excéntricas. Gran parte de la ectasia se encuentra a un lado del meridiano más curvo. Coma alto, pero cerca del eje del astigmatismo más plano. En este tipo de queratoconos irregulares, la implantación de un solo ICRS inferior del mayor calibre posible es la que consigue los mejores resultados, con disminución de la esfera e incremento de la paquimetría en la zona de mayor adelgazamiento corneal. La implantación de un segundo ICRS de menor calibre en la zona superior se colocará si hay un alto grado de cilindro o esfera.



**Nomograma A**  
Asimetría corneal tipo 1 y 2



Cilindro con signo negativo (D)	≥ -8	90 / 200 160 / 300	90 / 200 160 / 300	90 / 200 160 / 300	90 / 200 160 / 300	90 / 200 160 / 300	90 / 200 160 / 300	90 / 200 160 / 300	90 / 250 160 / 300	90 / 250 160 / 300	90 / 250 160 / 350	90 / 250 160 / 350	90 / 250 160 / 350	
	-7	90 / 200 160 / 300	90 / 200 160 / 300	90 / 200 160 / 300	90 / 200 160 / 300	90 / 200 160 / 300	90 / 200 160 / 300	90 / 200 160 / 300	90 / 200 160 / 300	90 / 200 160 / 300	90 / 200 160 / 350	90 / 200 160 / 350	90 / 200 160 / 350	
	-6	90 / 150 160 / 300	90 / 150 160 / 300	90 / 150 160 / 300	90 / 150 160 / 300	90 / 150 160 / 300	90 / 150 160 / 300	90 / 150 160 / 300	90 / 150 160 / 300	90 / 150 160 / 300	90 / 200 160 / 300	90 / 150 160 / 350	90 / 150 160 / 350	
	-5	160 / 300	160 / 300	160 / 300	160 / 300	160 / 300	160 / 300	90 / 150 160 / 300	90 / 150 160 / 300	90 / 150 160 / 300	90 / 150 160 / 300	120 / 200 160 / 350	120 / 200 160 / 350	
	-4	160 / 250	160 / 250	160 / 250	160 / 250	160 / 250	160 / 250	160 / 300	120 / 150 160 / 300	120 / 150 160 / 300	120 / 150 160 / 300	120 / 250 160 / 350	120 / 250 160 / 350	
	-3	160 / 200	160 / 200	160 / 200	160 / 200	160 / 200	160 / 200	210 / 200	210 / 250	210 / 250	210 / 250	210 / 300	210 / 300	210 / 300
	-2	160 / 150	160 / 150	160 / 150	160 / 150	160 / 150	160 / 150	210 / 200	210 / 200	160 / 150 160 / 250	160 / 200 160 / 300	160 / 200 160 / 300	160 / 250 160 / 300	160 / 250 160 / 350
	-1	160 / 150	160 / 150	160 / 150	160 / 150	160 / 150	160 / 150	210 / 200	160 / 150 160 / 200	160 / 200 160 / 250	160 / 250 160 / 300	160 / 250 160 / 300	160 / 250 160 / 300	160 / 250 160 / 350
		+3	+2	+1	Plano	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	≥ -8	
		Esfera manifiesta (D)												

Figura 45.- Nomograma A

**Nomograma B:** este tipo de ectasias son las más difíciles debido a que el coma está lejos del eje curvo, incluso cerca del eje más plano, EC Y ET son no coincidentes o perpendiculares. En este tipo de ectasias se colocan dos ICRS, con una separación inferior de unos 15°-30°. En aquellos casos con un coma elevado se podría plantear la colocación de los ICRS en el eje comático. Esto podría empeorar el astigmatismo, pero mejoraría la AV corregida.



**Nomograma B**  
Asimetría corneal tipo 3



Cilindro con signo negativo (D)	IV -8	90/200 120/300	90/200 120/300	90/200 120/300	120/200 120/300	120/200 120/300	120/200 120/300	160/200 160/300	160/200 160/300	160/200 160/300	160/200 160/300	160/250 160/350	90/250 160/350	
	-7	90/200 120/300	90/200 120/300	90/200 120/300	120/200 120/300	120/200 120/300	120/200 120/300	160/200 160/300	160/200 160/300	160/200 160/300	160/200 160/300	160/250 160/350	90/200 160/350	
	-6	90/200 120/300	90/200 120/300	90/200 120/300	120/200 120/300	120/200 120/300	120/200 120/300	160/200 160/300	160/200 160/300	160/200 160/300	160/200 160/300	160/250 160/350	90/150 160/350	
	-5	90/200 90/250	90/200 90/250	90/200 90/250	120/200 120/250	120/200 120/250	120/200 120/250	160/150 160/250	160/200 160/300	160/200 160/300	160/200 160/300	160/200 160/300	160/250 160/350	120/200 160/350
	-4	90/150 90/200	90/150 90/200	90/150 90/200	120/150 120/200	120/150 120/200	120/200 120/250	160/150 160/250	160/150 160/250	160/150 160/250	160/150 160/250	160/200 160/300	160/250 160/350	120/250 160/350
	-3	90/150 90/200	90/150 90/200	90/150 90/200	120/150 120/200	120/150 120/200	120/150 120/200	160/150 160/250	160/150 160/250	160/150 160/250	160/150 160/250	160/200 160/300	160/250 160/350	160/250 210/300
	-2	160/150	160/150	160/150	160/150	160/150	160/200	160/150	160/150	160/200	160/200	160/200	160/250	160/250 160/350
	-1	160/150	160/150	160/150	160/150	160/150	160/200	160/150	160/150	160/200	160/200	160/250	160/250	160/300
		+3	+2	+1	Plano	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	≥ -8	
	Esfera manifiesta (D)													

Figura 46.- Nomograma B

**Nomograma C:** la ectasia se distribuye por igual a ambos lados del meridiano más curvo, ya tenga forma oval o de pajarita. Cuentan con un valor de aberración comática bajo. En este tipo de queratoconos, con simetría regular, siempre se introducen dos ICRS simétricos.



**Nomograma C**  
Asimetría corneal tipo 4



Cilindro con signo negativo (D)	≥ -8	120/250 120/250	120/250 120/250	120/250 120/250	120/250 120/250	120/300 120/300	160/250 160/300	160/300 160/300	160/300 160/300	160/300 160/300	160/350 160/350	160/350 160/350	160/350 160/350	
	-7	120/250 120/250	120/250 120/250	120/250 120/250	120/250 120/250	120/300 120/300	160/250 160/300	160/300 160/300	160/300 160/300	160/300 160/300	160/350 160/350	160/350 160/350	160/350 160/350	
	-6	90/300 90/300	90/300 90/300	90/300 90/300	120/250 120/250	120/250 120/250	160/250 160/300	160/300 160/300	160/300 160/300	160/300 160/300	160/300 160/300	160/350 160/350	160/350 160/350	
	-5	90/300 90/300	90/300 90/300	90/300 90/300	120/250 120/250	120/250 120/250	160/250 160/250	160/250 160/300	160/300 160/300	160/300 160/300	160/300 160/300	160/350 160/350	160/350 160/350	
	-4	90/250 90/250	90/250 90/250	90/250 90/250	120/200 120/200	120/200 120/200	160/200 160/250	160/250 160/250	160/300 160/250	160/300 160/300	160/300 160/300	160/350 160/350	160/350 160/350	
	-3	90/200 90/200	90/200 90/200	90/200 90/200	120/200 120/200	120/200 120/200	160/200 160/200	160/200 160/250	160/250 160/250	160/250 160/250	160/300 160/300	160/350 160/350	160/350 160/350	
	-2	90/150 90/150	90/150 90/150	90/150 90/150	120/150 120/150	120/150 120/150	160/150 160/200	160/200 160/200	160/200 160/250	160/200 160/250	160/250 160/250	160/300 160/300	160/300 160/300	
	-1	90/150 90/150	90/150 90/150	90/150 90/150	120/150 120/150	120/150 120/150	160/150 160/150	160/150 160/200	160/200 160/200	160/200 160/250	160/250 160/250	160/300 160/300	160/300 160/300	
		+3	+2	+1	Plano	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	≥ -8	
	Esfera manifiesta (D)													

Figura 47.- Nomograma C

Quando el nomograma sugiere dos segmentos, aquel escrito en la línea superior debe ser implantado en la zona más plana, y el ICRS descrito en la línea inferior debe ser implantado en la zona más curva, como se puede observar en el ejemplo 1 de la Figura 48. En los casos en los que solo haya un segmento descrito será implantado en la zona más curva de la córnea, donde la deformación ectásica es mayor (Ejemplo 2 y 3). En el ejemplo 4 a diferencia del resto la selección del eje está basada en la aberración comática.



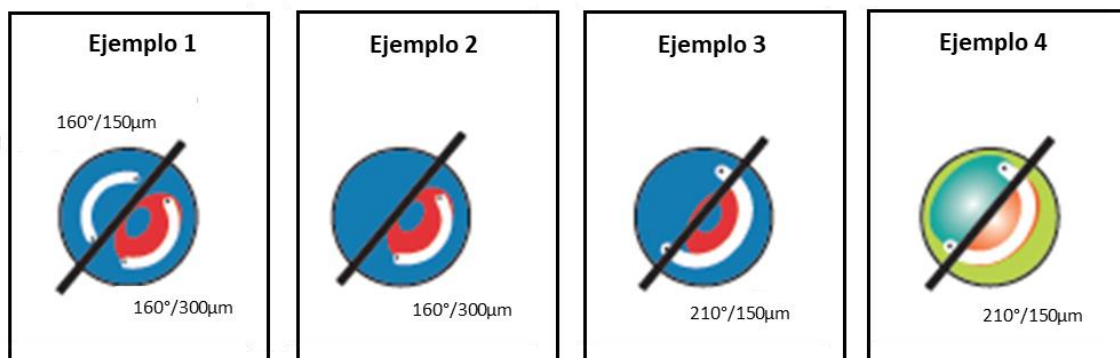


Figura 48.- Ejemplos de casos del nomograma de Keraring®.

Los nomogramas están definidos para el modelo de ICRS SI-5 (zona óptica de 5mm). Se podría considerar para el modelo SI-6 (zona óptica de 6mm) en los siguientes casos:

- $AV_{cc} > 0,7$  y pupila mesópica  $> 5,00\text{mm}$
- $AV_{cc} > 0,6$  y el valor del cilindro  $< 5,00\text{D}$

En los casos que no se den esas condiciones para poder utilizar los nomogramas para el modelo SI-6 debe añadirse  $50\mu\text{m}$  al espesor dado (hasta  $300\mu\text{m}$ ). Si la longitud de arco correspondiente en el nomograma es de  $160^\circ$ , se sustituye por  $150^\circ$ .

### **Cornealring® (Visiontech) Boss**

Los Cornealring® son ICRS de sección triangular. Para que sean efectivos la córnea se deben implantar en córneas con queratometría inferior a  $60,00\text{D}$ . Con este tipo de ICRS se obtienen buenos resultados en astigmatismos altos, superiores a  $3,00\text{D}$ .

En los Cornealring® han intentado mejorar los fallos de los modelos de sección triangular anteriores, Ferrara y Keraring®. Por un lado, la sección transversal triangular es redondeada (triángulo fusiforme) como se puede observar en la Figura 49. El principal objetivo de este diseño es que las lamelas de colágeno corneal se separen de una forma más fisiológica, que provoquen menos espacios libres en los límites del segmento y así disminuir la aparición de depósitos en esos espacios y mejorar la cicatrización estromal.

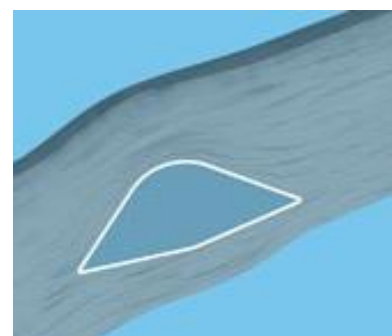


Figura 49.- Imagen de Cornealring®

Por otro lado, otro beneficio de esta superficie curva es que reducirá la presión que produce en el resto de los ICRS en el ápice afilado sobre las células. La superficie curva del ICRS distribuye las fuerzas de compresión a lo largo de una superficie corneal más grande, evitando así la creación de un sufrimiento metabólico significativo y, por lo tanto, menos riesgo de una desepitelización suprayacente.

### Nomograma de Cornealring®

La empresa Visiontech (Brasil) que comercializa los segmentos Cornealring®, también basa su estrategia de implantación en la clasificación de Ferrara. No se ha podido tener acceso a su nomograma, pero a través de su página web se puede acceder a la programación quirúrgica que aconsejan en cada caso:

- 90°/120°: corrección de astigmatismo con poca alteración esférica.
- 155°: corrección de astigmatismo.
- 220°: astigmatismo inferior a 1,50D.

### SEGMENTOS INTRACORNEALES DE SECCIÓN HEXAGONAL Y ELÍPTICA

#### Intacs® (AJL, España)

Los segmentos de sección hexagonal fueron los primeros en aparecer en el mercado, en 1990 (Figura 50), y los primeros en ser aprobados por la Food and Drug Administration (FDA) en 1999 para la corrección de la miopía leve de -1,00D a -3,00D asociada a 1,00D o menos de astigmatismo. Posteriormente en 2006, este organismo aprobó su uso para la reducción o la eliminación de la miopía y astigmatismo en pacientes con queratocono en los que no se podía obtener una adecuada visión funcional con gafas o lentes de contacto. A diferencia de los ICRS que han aparecido hasta ahora, la sección transversal de estos ICRS es hexagonal. La compañía que originalmente los fabricaba, AdditionTechnology (USA) fue adquirida recientemente por la compañía AJL (España).

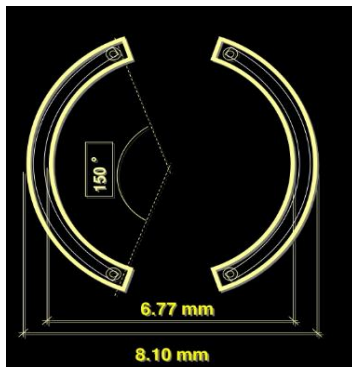


Figura 50.- Parámetros del Intacs® actual que siguen siendo los mismos que el del aprobado por la FDA en 1999.

Al igual que los descritos anteriormente también poseen un orificio de colocación situado en los dos extremos de cada segmento, que facilitan su manipulación durante la intervención. Por otro lado, para que estos ICRS funcionen bien deben ser implantados en córneas con grosor de 450µm o mayor en el punto de incisión propuesto.

En 2007 se introdujeron en el mercado los Intacs®SK (Severe Keratoconus). Están indicados para ectasias severas, con valores de  $K > 55,00$  D y cilindros  $> 5,00$  D. Se diferencian de los anteriores por su sección transversal elíptica, redondeada, y por contar con un diámetro interno menor que los Intacs® estándar. El cambio de la morfología de la sección sirve para adaptarse mejor al estroma corneal, y el menor diámetro ayuda a reducir potencialmente la incidencia de síntomas visuales, puesto que están colocados más cerca de la zona óptica central del paciente que los segmentos estándar. En la Figura 51 se muestran los dos tipos de ICRS.

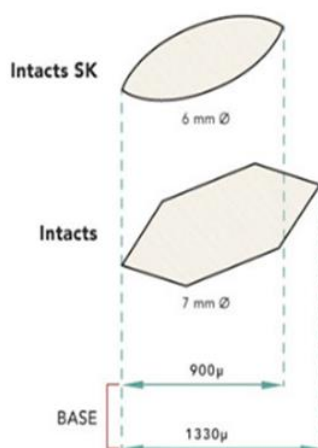


Figura 51.- Diferencia entre Intacs® e Intacs® SK.

### Nomograma de Intacs® e Intacs SK®

En cuanto a los Intacs®, se aconseja elegir entre segmentos simétricos o asimétricos en función del área ectásica y de potencia refractiva esférica y cilíndrica.

A la hora de elegir el ICRS se tiene en cuenta el centrado del cono, el equivalente esférico y la queratometría. En la localización del cono no se utiliza la clasificación de Ferrara, sino que se basa en el porcentaje de cono que se encuentra dentro de los 3,00mm centrales del mapa de elevación. Un cono centrado tiene más del 50% dentro de esos 3,00mm el resto son descentrados. La K más curva decidirá si elegir un Intacs® estándar o SK, el corte está en 55,00D, si el  $K < 55,00D$  se eligen los primeros y  $K > 55,00D$  los segundos.

- Se utilizan dos segmentos simétricos en casos con:
  - Conos centrados
  - Conos descentrados con astigmatismos menores a 2,00D.
- Se utilizan dos segmentos asimétricos en casos con:
  - Conos descentrados (asimetría inferior/superior baja en los 3,00mm centrales)
- Se utilizan un solo segmento en casos con:
  - Conos descentrados (asimetría inferior/superior alta en los 3,00mm centrales)

Finalmente, el espesor del segmento se decide en función del equivalente esférico preoperatorio en base a la Tabla 14 y la Tabla 15.

Tabla 14.- Espesor correspondiente a los dos Intacs® simétricos a implantar en base a la esfera preoperatoria de la refracción manifiesta.

2 segmentos SIMÉTRICOS		
Potencia esférica (D)	Intacs® Inferior (μm)	Intacs® Superior (μm)
0,00 a -1,00	210	210
-1,00 a -1,75	250	250
-2,00 a -2,75	300	300
-3,00 a -3,75	350	350
-4,00 a -4,75	400	400
>5,00	450	450



Tabla 15.- Espesor correspondiente a los dos Intacs® asimétricos a implantar en base al cilindro preoperatorio de la refracción manifiesta.

2 segmentos ASIMÉTRICOS		
Potencia cilíndrica (D)	Intacs® Inferior (μm)	Intacs® superior(μm)
2,00 a 3,00	350	210
3,00 a 4,00	400	210
>4,00	450	210

Para casos de conos descentrados con astigmatismos inferiores a 2,00D, se tiene en cuenta esta tabla, pero añadiendo 0,50μm al valor correspondiente al espesor del ICRS a partir de 1,00D.

En el caso de que el paciente precise Intacs®SK, siempre se pondrán dos ICRS simétricos y el grosor y la longitud de ICRS dependerán del astigmatismo topográfico y de la asfericidad (Q) tal y como se describe en la Tabla 16 y en la Tabla 17.

Tabla 16.- Longitud de arco correspondiente a los dos Intacs® SK a implantar en base al astigmatismo topográfico preoperatorio.

Astigmatismo topográfico (D)	Arco ICRS inferior (°)	Arco ICRS superior (°)
<6	150	150
>6	130	130

Tabla 17.- Espesor correspondiente a los dos Intacs®SK a implantar en base a la asfericidad.

Asfericidad	Espesor ICRS inferior (μm)	Espesor ICRS superior (μm)
<-1,25	450	450
≥-1,25	400	400

AJL pone a disposición de los cirujanos una página web (<https://ajlsa.com/nomograma/p3.php>) en la que te calculan todos los datos sobre el ICRS, tan solo hace falta rellenar todos los parámetros sobre los ICRS. El manual de uso está dividido en tres partes:

**Primera parte:** se debe introducir el ojo a operar y el tipo de ICRS que se quieren implantar: Ferrara 5-6, Intacs® o Intacs®SK.

**Segunda parte:** se introducen los parámetros correspondientes al paciente: queratometría, paquimetría, eje comático, tipo de cono etc.).

**Tercera parte:** el programa proporciona los datos necesarios para la cirugía: características de los ICRS, profundidad de implante correcta para la técnica manual, eje de incisión etc.

### 1.3.4.7 COMPLICACIONES DE LOS ICRS

La incidencia de complicaciones es baja, siendo mayor en el caso de ectasias avanzadas en las que la córnea es más fina y hay más riesgo de extrusión de los ICRS.

Las complicaciones intraoperatorias ocurren aproximadamente en un 2% de los casos, y las más comunes que se pueden encontrar son (119) (148) (149) (150):

- Descentramiento de los ICRS o asimetría en la implantación
- Disección o profundidad inapropiada de los túneles
- Daño epitelial en el lugar de la incisión
- Perforación de la superficie anterior de la córnea
- Microperforaciones posteriores a la cámara anterior
- Extensión de la incisión hacia el eje visual o el limbo

En comparación con el láser femtosegundo, la disección mecánica presenta una mayor incidencia de complicaciones, así como una menor predictibilidad y reproducibilidad de la profundidad de implantación. Las complicaciones asociadas a la técnica manual de canal serían los defectos epiteliales las perforaciones anteriores y posteriores, extensión de la incisión, y la colocación de los ICRS asimétricos o superficiales asociados en mayor o menor medida a la curva de aprendizaje del cirujano.

Las complicaciones postoperatorias más comunes que se pueden encontrar son:

- Extrusión o subluxación de los ICRS
- Queratitis infecciosa
- Depósitos en el canal
- Neovascularización corneal
- *Haze*
- Desplazamiento de los ICRS
- Reblandecimiento corneal (*melting*)
- Dificultad en visión nocturna

La extrusión o migración de los segmentos se observa sobre todo en casos en los que se ha utilizado la técnica manual para la realización del canal. Para prevenir la extrusión de los dispositivos, es muy importante su implante profundo. Según algunos investigadores esto puede estar asociado a la curva de aprendizaje del cirujano, pero también a una mayor irregularidad corneal (122). Tanto en el desplazamiento como en la extrusión de los segmentos, en los casos en los que esta migración induce un defecto epitelial y una inflamación del estroma puede conducir a complicaciones más graves como la queratitis infecciosa o reblandecimiento de la córnea. Una de las complicaciones más graves, aunque muy poco frecuentes, que puede aparecer después de la implantación de los ICRS es la queratitis infecciosa. Esta complicación puede estar presente un día después de la operación o incluso semanas o meses después del procedimiento. La literatura informa una incidencia de 0,20% al 0,63% (151) (152) de pacientes que tienen queratitis infecciosa después del implante de ICRS. En algunos casos la vía tópica no es suficiente para tratarla, sino que se precisa irrigación del canal con antibióticos, además de la extracción del ICRS. Los depósitos que pueden aparecer en el canal se relacionan con el estrés mecánico que los segmentos producen sobre las lamelas de colágeno y suelen ser asintomáticos.

En cuanto a la migración de los ICRS parece que es una etapa temprana de la extrusión, que puede deberse a un grosor excesivo del ICRS en una córnea delgada, a la implantación de los segmentos cerca de la incisión o al reblandecimiento corneal. En estos casos se debe explantar el ICRS inmediatamente. Las dificultades visuales en la visión nocturna son consecuencia del deslumbramiento y los halos, por eso es muy importante que los ICRS se encuentren centrados ya que en casos de descentramientos estos síntomas con los que un ICRS bien situado ya cuenta de per se, incrementan (148) (153) (154).

Una de las mayores ventajas de los ICRS es su reversibilidad. Cuando aparece una de las complicaciones mencionadas anteriormente se ha demostrado que una vez extraídos los ICRS esos signos desaparecen y la córnea vuelve a presentar las mismas propiedades refractivas y topográficas con las que contaba antes del implante (155).



## *2 JUSTIFICACIÓN*

---



Las ectasias corneales, ya sean primarias o secundarias, aparecen como un conjunto de alteraciones morfológicas y estructurales que tienen lugar en la córnea y que conllevan un deterioro de la calidad visual. Suelen presentarse en pacientes jóvenes, generalmente activos tanto laboral como socialmente, que tienen grandes demandas de calidad visual. Su baja laboral provocaría un gran impacto socioeconómico, por lo que precisan de una solución que les permita mantener el mismo ritmo de vida (29).

A pesar de los avances en el conocimiento de la enfermedad y en el control de los factores de riesgo, los pacientes con queratocono, y más en concreto con ectasia asociada a LASIK, no tienen un tratamiento médico definitivo y las medidas ópticas no siempre consiguen una mejoría de la agudeza visual suficiente como para realizar sus actividades habituales. Hasta hace relativamente poco la única solución que podía ofrecer a los pacientes en esta situación era el trasplante corneal (156).

Con la aparición de los ICRS se consigue retrasar la cirugía de trasplante, llegando incluso a evitarla en algunos casos. Su función consiste en regularizar la córnea con el fin de mejorar las condiciones visuales de estos pacientes.

En la literatura se encuentran pocos estudios clínicos a largo plazo que evalúen la funcionalidad de los ICRS en córneas con ectasia iatrogénica secundaria a LASIK, y los que lo hacen tienen en cuenta muy pocos parámetros oculares, por ello es por lo que mediante este trabajo se pretende realizar una evaluación más exhaustiva de los ICRS.





## *3 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS*

---



### 3.1 HIPÓTESIS

Con todo lo expuesto anteriormente, la hipótesis fundamental que se formula para la presente Tesis Doctoral es la siguiente:

El implante de ICRS intraestromales en pacientes con ectasias asociadas a LASIK mejora los resultados visuales.

### 3.2 OBJETIVO

El objetivo **PRINCIPAL** de esta tesis doctoral consiste en evaluar los cambios producidos por los ICRS en pacientes diagnosticados de ectasias secundarias a cirugía refractiva LASIK. Para ello se han evaluado los cambios en parámetros refractivos, topográficos (de ambas superficies corneales), aberrométricos (de ambas superficies corneales), morfológicos y biomecánicos.

Del objetivo principal se derivan los siguientes objetivos **SECUNDARIOS**:

- Evaluar si existe alguna relación entre la AVcc y los parámetros refractivos, topográficos, aberrométricos, morfológicos y biomecánicos a lo largo del estudio.
- Analizar si existe alguna relación entre los cambios topográficos con los parámetros aberrométricos y morfológicos.
- Estudiar los cambios de los parámetros refractivos, topográficos, aberrométricos, morfológicos por grupos de pacientes:
  - En base al número de ICRS implantados al paciente.
  - En base a la K máxima preoperatoria de los pacientes.
  - En base a la asfericidad (Q) anterior preoperatoria de los pacientes.
  - En base a la diferencia entre el eje topográfico (ET) y eje comático (EC) preoperatorio de los pacientes.



## *4 MATERIAL Y MÉTODOS*

---



## 4.1 METODOLOGÍA

Este proyecto es un análisis retrospectivo longitudinal en el cual se ha llevado a cabo en pacientes diagnosticados de ectasia corneal iatrogénica secundaria a cirugía con láser excimer, *laser in situ keratomileusis* (LASIK) y posteriormente intervenidos mediante implante de anillos intraestromales (ICRS) de sección triangular de tipo Ferrara intervenidos durante el periodo de abril de 2012 a diciembre de 2014 en la unidad de córnea y segmento anterior de Fisabio Oftalmología Médica (FOM), los túneles para insertar los ICRS se realizaron mediante Laser Femtosegundo (Intralase® FS Laser System-60 Hz).

El periodo de seguimiento de los pacientes se prolongó hasta cinco años después de la cirugía, disponiendo de datos basales, pre-operatorios y post-operatorios al mes, a los seis meses, al año y a los cinco años de haber implantado los ICRS.

El estudio ha seguido los principios éticos de la declaración Helsinki y el estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación (CEI) de FISABIO Oftalmología Médica y la Universidad de Valencia. Todos los sujetos incluidos en el estudio firmaron previamente un consentimiento informado de la cirugía.

## 4.2 SUJETOS DE ESTUDIO

En este estudio se evaluaron veintiséis ojos de diecinueve pacientes con ectasia asociada a LASIK, siete de ellos afectos bilateralmente y doce de manera unilateral. Los pacientes se dividieron en cuatro grupos diferentes de acuerdo con el sistema de clasificación basado la AVcc preoperatoria (Tabla 18) (157) (158). De los veintiséis ojos incluidos en el estudio tres contaban con una ectasia de grado 1 (11,53%), once de grado 2 (42,30%), siete de grado 3 (26,92%) y cinco de grado 4 (19,20%).

Tabla 18.- Clasificación de las ectasias en base a la AVcc preoperatoria.

Grado de ectasia	1	2	3	4
AVcc logMAR	<0,04	0,04-0,15	0,15-0,35	>0,35

## 4.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

### CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Se incluyeron en el estudio todos aquellos pacientes que cumplían los siguientes requisitos:

- Hombres y mujeres mayores de 18 años.
- Pacientes con ectasia iatrogénica y intervenidos de cirugía LASIK.
- Pacientes que hayan cumplido todas las revisiones, pre y post de la intervención.

### CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Los pacientes que presentaban una o más de las siguientes condiciones se excluyeron del estudio:

- Opacificación de medios (catarata, edema corneal, etc.).
- Ojos con antecedentes o presentando cualquier tipo de distrofia corneal.
- Historia de traumatismo ocular, infección, inflamación ocular, etc.
- Ojos sometidos a cirugía corneal previa a LASIK (incluyendo otras cirugías refractivas, intraocular o cirugías palpebrales).
- Ojos con ectasias no derivadas de cirugía LASIK, incluyendo las primarias, secundarias a otro tipo de intervención o traumáticas.
- Pacientes sometidos a Cross-linking.
- Cualquier patología ocular o sistémica con repercusión ocular.

### 4.4 PROTOCOLO EXPLORATORIO

El protocolo incluía las siguientes pruebas:

- Datos de agudeza visual y refractivos.
- Evaluación topográfica.
- Evaluación morfológica.
- Análisis aberrométrico.
- Análisis biomecánico.

#### 4.4.1 PRUEBAS REFRACTIVAS

- a. Agudeza visual con corrección (AVcc)
- b. Refracción subjetiva

Se ha tomado la AVcc para visión lejana de manera monocular y binocular, con la escala Snellen considerando AV=1 una AV del 100% y se han después a su equivalente logarítmico de mínimo ángulo de resolución (logMAR) para obtener una escala lineal de AV, con el fin de poder realizar un estudio estadístico. A la AV cuenta dedos a un metro se le asignó un valor de 0,01 (escala de Snellen) para poder realizar el cálculo.

#### 4.4.2 EVALUACIÓN TOPOGRÁFICA, ABERROMÉTRICA Y MORFOLÓGICA

Estas medidas se tomaron con el topógrafo Pentacam®HR (Oculus Optikgeräte GmbH, Wetzlar, Germany). El Pentacam® que consta de una cámara de Scheimflug rotacional que construye imágenes tridimensionales de alta resolución del polo anterior del ojo. Para ello toma hasta 50 imágenes en dos segundos, detectando 500 puntos de elevación en cada imagen, desde la superficie anterior de la córnea hasta la posterior del cristalino. A partir de esos 25,000 (50 x 500) puntos de elevación real calcula un modelo tridimensional del segmento anterior del globo ocular.

Los datos proporcionados por el topógrafo Pentacam® son los siguientes:



a) Análisis queratométrico.

La superficie anterior y posterior de la córnea son descritas en términos del radio central, astigmatismo incluyendo el eje y asfericidad (Q). La representación del radio central puede ser escogida en valores de dioptrías (D) o curvatura (mm).

Los valores queratométricos proporcionados por el Pentacam® que se van a evaluar en el presente estudio son:

**K1:** potencia de del meridiano más plano del centro de la córnea.

**K2:** potencia de del meridiano más curvo del centro de la córnea.

**K máxima (Front):** potencia queratométrica en el centro del ápex de la ectasia

**Eje 1:** eje del meridiano más plano de la córnea central.

**Q:** asfericidad de la córnea

En la Figura 52 se muestran los datos proporcionados por el Pentacam®. A la derecha se representan cuatro mapas, uno de la curvatura de la cara anterior, otro de la posterior, de elevación y paquimétrico, obtenidos a través de las cincuenta fotos realizadas por la cámara de Scheimflug.

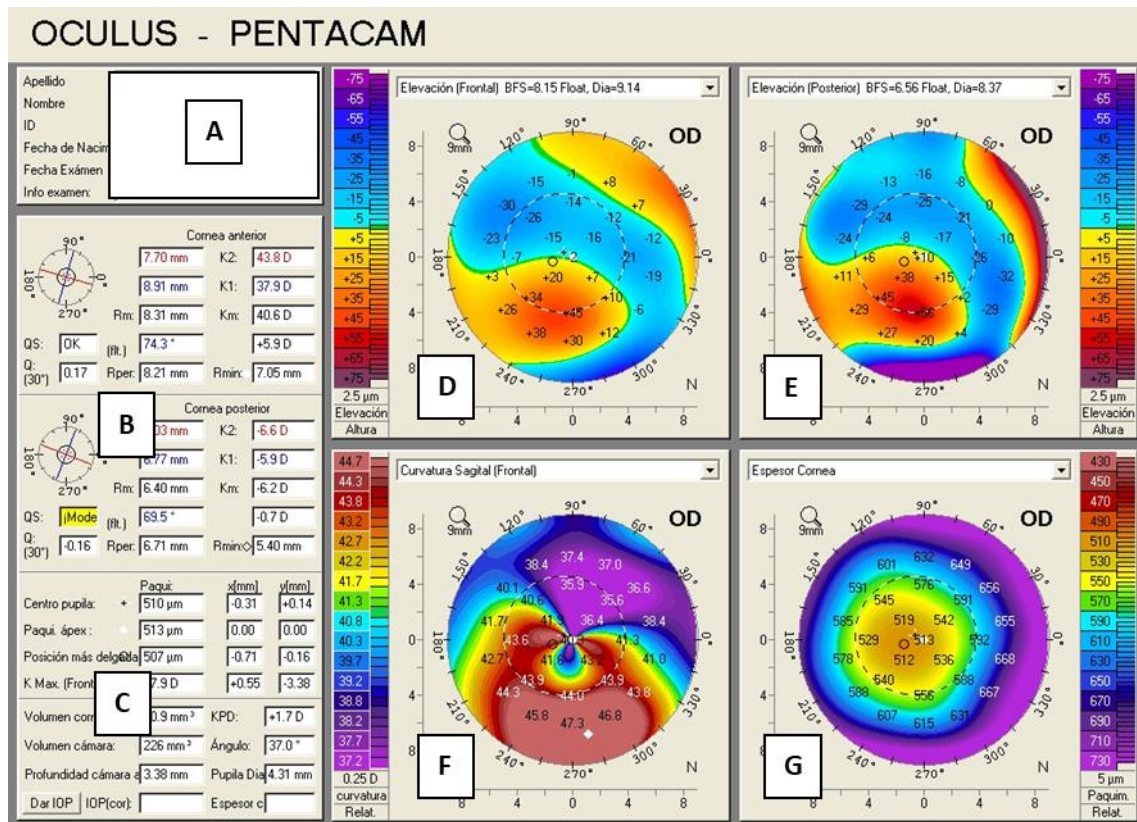


Figura 52.- A) Datos del paciente B) Valores queratométricos de la cara anterior y posterior de la córnea C) Análisis de la morfología de la cámara anterior D) Mapa de elevación de la cara anterior de la córnea E) Mapa de elevación de la cara posterior de la córnea F) Mapa queratométrico de la cara anterior de la córnea G) Mapa paquimétrico.

### b) Análisis aberrométrico corneal.

El Pentacam también realiza el análisis de los polinomios de Zernike basándose en las mediciones del mapa de elevación.

De las aberraciones se han seleccionado únicamente la aberración esférica primaria, coma horizontal y vertical primario y trefoil 1 y 2 primario.

### c) Análisis de cámara anterior y espesor corneal.

El Pentacam® nos da información sobre el grosor de la córnea en el centro de la pupila, en el ápex y en el punto de mínima paquimetría. Las coordenadas x(mm) e y(mm) muestran la distancia con el ápex. El volumen de la córnea es calculado en un anillo alrededor del ápex con un diámetro de 10,00mm.

Por su parte el volumen de la cámara anterior, entre la cara posterior de la córnea y el iris, es calculado mediante integración en un diámetro de 12,00mm alrededor del ápex. La profundidad de la cámara anterior puede elegirse desde epitelio o desde endotelio. En cuanto al ángulo de la cámara, se muestra la sección horizontal. La pupila influirá en la evaluación del análisis de la cámara.

### 4.4.3 ANÁLISIS BIOMECÁNICO

Se realizó mediante el Ocular Response Analyzer de Reichert-DePew, NY, Inc. (ORA®), versión del software 2:04, que permite medir las propiedades biomecánicas de la córnea “in vivo” y de forma no invasiva. El ORA® actúa como un tonómetro de aire. Se basa en un proceso de aplanación bidireccional, evaluando las propiedades biomecánicas de la córnea cuando está sometida a una fuerza inducida por un soplo de aire, que provoca un movimiento de la curvatura corneal hacia dentro. Primero se observa un aplanamiento de la misma (P1) hasta alcanzar un determinado nivel de concavidad. Tras este primer proceso de aplanación que dura milisegundos, la presión del pulso de aire decrece y la córnea va recuperando su configuración normal pasando por un segundo estado de aplanación (P2) (159).

Los dos valores del primer aplanamiento (P1) y del segundo aplanamiento (P2) que corresponden a la presión intraocular, no coinciden debido a la naturaleza dinámica del flujo de aire y a las propiedades viscosas de la córnea. Tras la deformación, la córnea sufre un retraso en su capacidad para recuperar su forma original e incluso tras alcanzar la presión del punto de primera aplanación la córnea continúa siendo ligeramente cóncava. A este retraso se le denomina Histéresis corneal (CH).

La biomecánica se representa por los siguientes parámetros:

- *Histeresis corneal (CH)*: la histéresis es la tendencia de un material conservar sus propiedades, en ausencia del estímulo que la ha generado. La fuerza ejercida al aplanar la córnea es distinta de la necesaria para que vuelva a su estado normal de reposo. Se calcula de la diferencia absoluta entre las dos presiones de aplanación P1 y P2.
- *Factor de resistencia corneal (CRF)*: es la medida de la rigidez total de la córnea y significa que la córnea está tardando más de lo esperado en recuperar su forma original que si

fuese perfectamente elástica. Este retraso se asocia a las propiedades corneales que rigen su capacidad de deformación y recuperación. Utiliza la fórmula CRT:  $P1 - 0,7P2$ .

- *Presión intraocular relacionada con Goldman (PIOg)*: se corresponde con la presión de Goldman. Se calcula con el promedio de P1 y P2.
- *Presión intraocular compensada (PIOcc)*: es un indicador más preciso de la PIO, ya que se encuentra menos afectada por la paquimetría y por el grado de rigidez corneal. Viene dada por  $PIOcc = P2 - KP1$ , donde K es una constante cuyo valor es 0,43 (160).

En la Figura 53 se muestran un ejemplo de los datos proporcionados por el ORA®

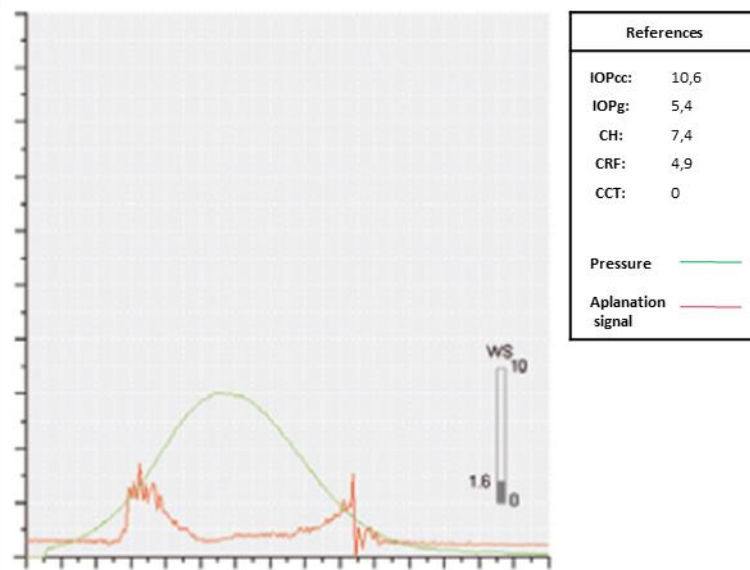


Figura 53.- Resultados ORA® de un paciente con ectasia post-LASIK.

## 4.5 TÉCNICA QUIRÚRGICA

El procedimiento quirúrgico fue realizado en todos los pacientes por la misma cirujana (CPM) en FISABIO Oftalmología Médica (Valencia). La cirugía se realizó bajo anestesia tópica (aplicación de dos gotas de proparacaína diez minutos antes de la cirugía). En todos los casos el eje de la incisión se realizó en el eje más curvo de acuerdo con el mapa topográfico.

Para la realización de los túneles donde se iban a insertar los ICRS, se empleó Laser Femtosegundo (Intralase® 60 Hz Corp, Johnson and Johnson Surgical Vision, Groningen, Países Bajos).

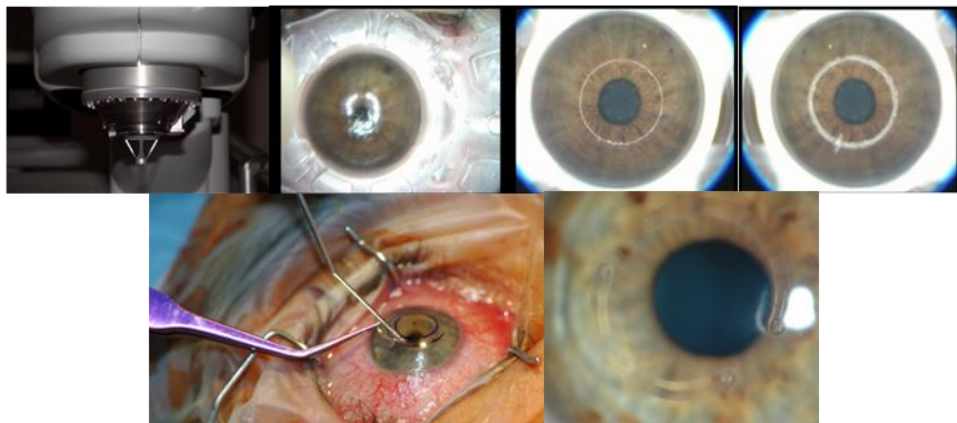


Figura 54.- Imágenes secuenciales de la realización del canal e incisión corneal para el implante de ICRS intracorneales con la técnica automatizada (Intralase®). *Imagen cedida por la Dr. Cristina Peris.*

La preparación inicial se realizó de la siguiente manera: en primer lugar, antes de que el paciente se tumbase, se marcaron los ejes de referencia de la córnea. Una vez tendido, se marcó el centro de la córnea. Se siguió con la realización de vacío mediante un anillo de succión aplicado a la superficie ocular. Se descendió “el cono desechable” del Intralase® y se creó el canal en ambas direcciones (Figura 54) (Figura 56). Una vez terminado el proceso se colocó un anillo de Méndez (Figura 55) para tener la referencia de los grados en toda la circunferencia, que dispuso de un marcador tintado que servirán de guía para la incisión y para la posición de los segmentos. Se realizó la incisión, en el meridiano más curvo, con un bisturí calibrado de diamante y se comprobó que hubiese llegado hasta el túnel.

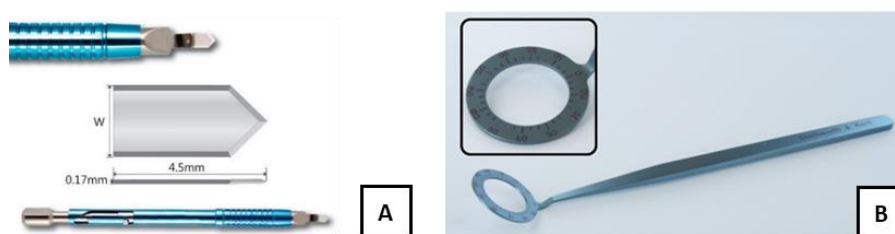


Figura 55.- A) Bisturí de diamante B) Anillo de Mendez.

Finalmente, se introdujo el segmento hasta la posición deseada. Si hay que colocar un segundo segmento, este generalmente suele ser el nasal o el superior y se repite el

procedimiento anterior. Una vez introducidos los segmentos en los túneles se cerró la incisión mediante la hidratación con cefuroxima intraestromal.

Se prescribió un tratamiento profiláctico postoperatorio que consistió en la aplicación de tobramicina-dexametasona cada seis horas durante una semana y el uso de lubricante tópico que contiene polietilenglicol al 0,40% y propilenglicol al 0,30% cada seis horas durante un mes.

Para la selección del número de ICRS, de la longitud de arco y el espesor de los segmentos se utilizó el nomograma definido por el fabricante (161).

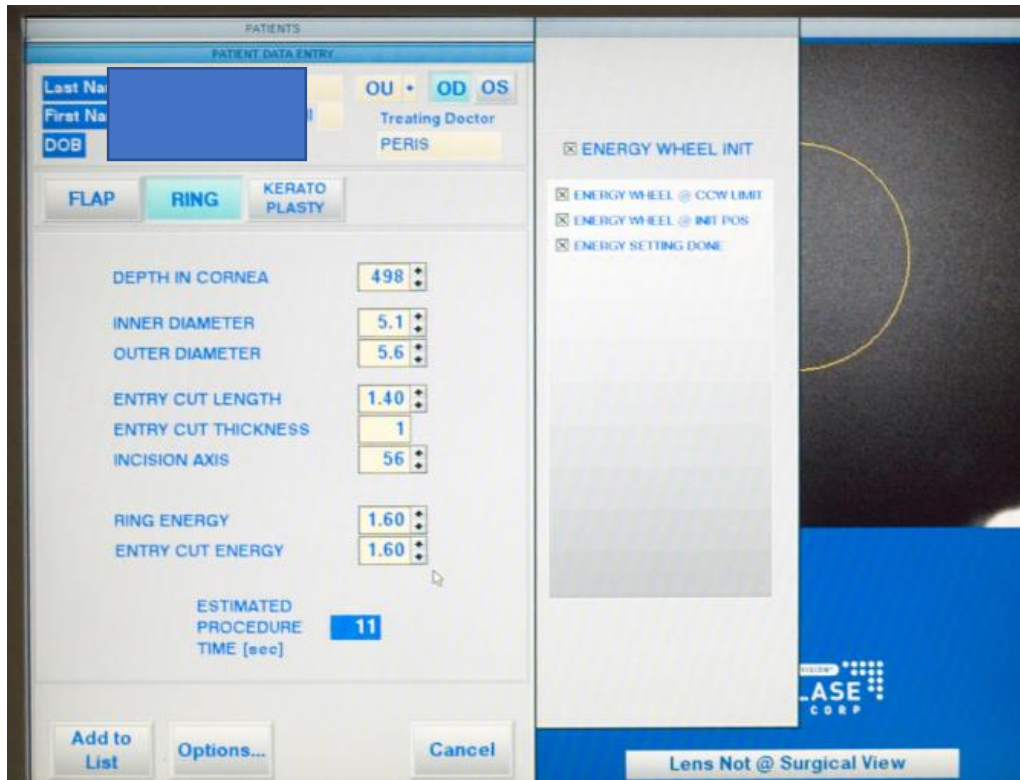


Figura 56.- Pantalla del ordenador del Intralase® donde se introducen los datos de cada paciente y los parámetros personalizados para la realización del canal en cada paciente. **\*NOTA:** los datos que aparecen en la pantalla no se corresponden con la realidad.



### 4.6 DESCRIPCIÓN DE LOS ICRS

En este estudio se han utilizado los ICRS de sección triangular tipo Ferrara. El espesor de estos ha variado desde un mínimo de  $150\mu\text{m}$  hasta un máximo de  $300\mu\text{m}$ . En cuanto a la longitud de arco, el más pequeño es de  $90^\circ$  y el más grande de  $210^\circ$ . En veintitrés de veintiséis ojos el diámetro de los ICRS fue de  $6,00\text{mm}$  (AFR6) y en los tres restantes de  $5,00\text{mm}$  (AFR). A ocho de ellos se les implantaron dos ICRS y a los otros dieciocho un único ICRS.

En la Figura 57 se muestran imágenes de uno de nuestros pacientes.

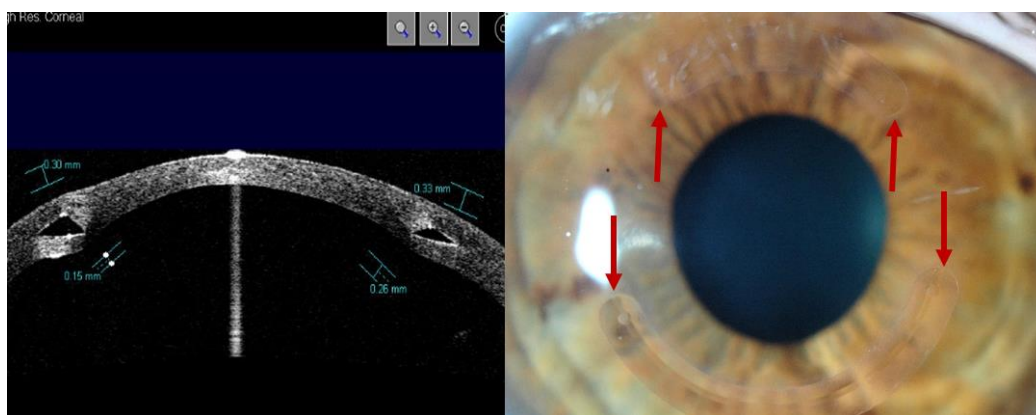


Figura 57.- *Izquierda*. Imagen mediante tomografía óptica de segmento anterior (OCT-Visante™) Paciente intervenida con dos ICRS, uno de  $250\mu\text{m}$  y el otro de  $150\mu\text{m}$ . *Derecha*. Misma paciente con imagen mediante lámpara de hendidura. Se puede observar la diferencia de longitud de arco entre el ICRS superior, de  $90^\circ$  y el inferior de  $150^\circ$ .

### 4.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de los datos, se ha utilizado el software estadístico *R* (versión 4.0.2).

El proceso de análisis se divide en una serie de pasos. En primer lugar, se ha realizado una descripción del perfil demográfico y clínico de los pacientes y un análisis descriptivo de las características de los ICRS implantados. Las variables cuantitativas se han descrito con la mediana y las variables categóricas mediante frecuencias absolutas y relativas.

En segundo lugar, se resumen los parámetros medidos (refractivos, topográficos, aberrométricos, morfológicos y biomecánicos) según el momento de seguimiento (antes de la cirugía y las revisiones posteriores: un mes, seis meses, un año y cinco años) mediante el mínimo, el máximo, la media, desviación típica, la mediana, cuartil 1 y cuartil 3. Se representan gráficos para observar la evolución de los parámetros con la mediana y el rango intercuartilico de los parámetros.

También se analiza globalmente si hay diferencias estadísticamente significativas en algún momento del seguimiento mediante la prueba de Friedman.

En tercer lugar, se estudia la relación entre diferentes parámetros mediante modelos de regresión lineal mixtos. Primero, se analiza el efecto de los parámetros refractivos, topográficos, aberrométricos, morfológicos y biomecánicos sobre AV con corrección. Por otro lado, se mide el efecto de los parámetros topográficos sobre las aberraciones de los pacientes. En esta última

parte, debido a la presencia de observaciones atípicas, los modelos desarrollados se construyen mediante técnicas de estimación robusta.

Finalmente, se dividen los pacientes por grupos, según el número de ICRS implantados, el valor de K máxima preoperatoria, el valor de asfericidad preoperatoria y la diferencia entre el eje topográfico y eje comático preoperatorio. Una vez separados los pacientes por grupos se realiza un análisis descriptivo de los parámetros (refractivos, topográficos, aberrométricos, morfológicos y biomecánicos) en cada grupo según el momento de seguimiento mediante la mediana. Posteriormente, se realiza un test estadístico para comparar si los parámetros de cada grupo en un determinado momento del seguimiento son significativamente diferentes. En caso de cumplirse las hipótesis de aplicabilidad, se emplea el test t de Student para muestras independientes. De no ser así, se hace uso de la prueba U de Mann-Whitney.

Cualquier p-valor menor a 0,05 es indicativo de una relación estadísticamente significativa. Por contra, un p-valor mayor o igual a 0,05 indica ausencia de relación.





## *5 RESULTADOS*

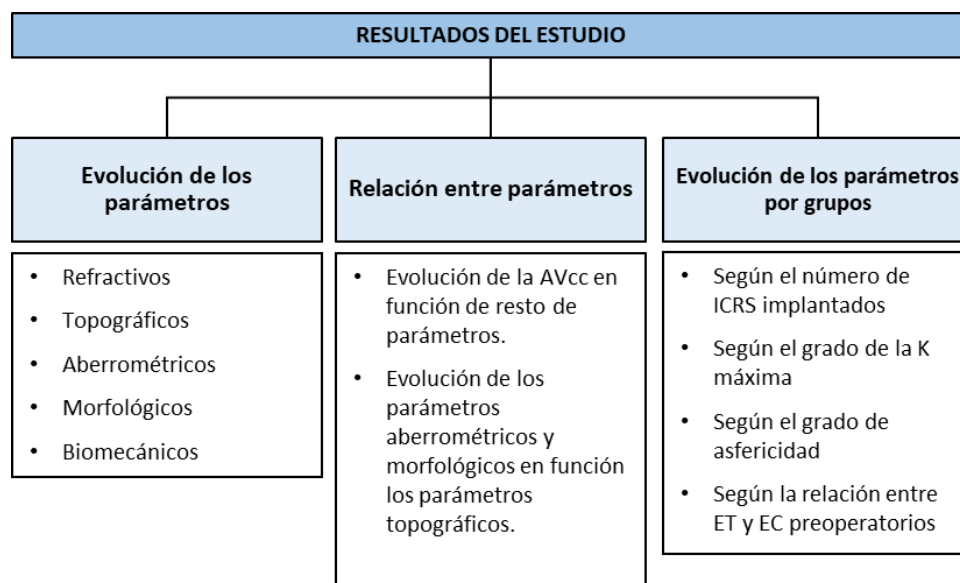
---



## 5.1 INTRODUCCIÓN A LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio se van a detallar en este capítulo. En la Tabla 19 se muestra un resumen de cómo se van a presentar. Se comienza con la evaluación de los parámetros (refractivos, topográficos, aberrométricos, morfológicos y biomecánicos) a lo largo de los cinco años que ha durado el estudio. A continuación, se analiza la relación de los cambios ocurridos en la AVcc con los parámetros evaluados. Posteriormente, se realiza la evaluación de la influencia de los parámetros topográficos sobre los aberrométricos, topográficos y morfológicos. Para finalizar, se separarán los pacientes en grupos y se evalúan los cambios ocurridos en cada uno de estos a lo largo de los cinco años.

Tabla 19.- Clasificación de los resultados.



En este estudio evalúan veintiseis ojos de pacientes con una edad mediana de 36,5 en un rango de 28 a 51 años en el momento del implante. Todos ellos habían sido diagnosticados de ectasia post-LASIK, siete de ellos afectos bilateralmente y doce de manera unilateral (Tabla 20).

Tabla 20.- Resumen del perfil demográfico y clínico de los sujetos.

<b>Edad momento cirugía</b>	36,50 (33,50; 41)
<b>Sexo</b>	
• <b>Hombres</b>	8 (30,80%)
• <b>Mujeres</b>	18 (69,20%)
<b>Ojo</b>	
• <b>Derecho</b>	12 (46,20%)
• <b>Izquierdo</b>	14 (53,80%)

Todos los ICRS utilizados son de sección triangular tipo Ferrara. El espesor de estos ha variado desde un mínimo de 150µm hasta un máximo de 300µm. En cuanto a la longitud de arco el más pequeño es de 90° y el más grande de 210°. En veintitrés de veintiseis ojos el diámetro de los ICRS es de 6,00mm (AFR6) y en los tres restantes de 5,00mm (AFR). A ocho de ellos se les

implantaron dos ICRS y los otros dieciocho un único ICRS. En la Tabla 21 se describen las características de los ICRS implantados.

Tabla 21.- Resumen descriptivo de los ICRS implantados.

Variable	Mediana (1r; 3r Q.)
Espesor ( $\mu\text{m}$ )	200 (175; 231)
Longitud arco ( $^{\circ}$ )	140 (120; 155)
Eje de incisión ( $^{\circ}$ )	91 (46,20; 150)
Profundidad ( $\mu\text{m}$ )	340 (320; 353)

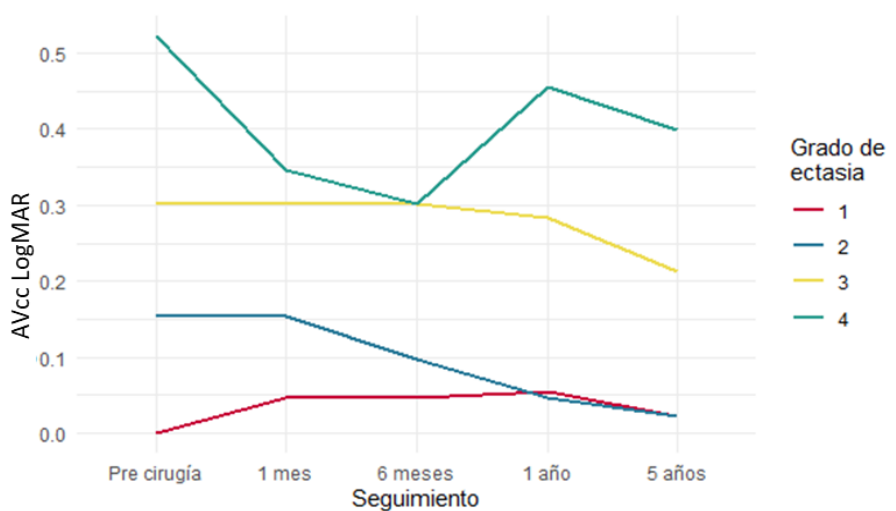
Los pacientes se dividieron en cuatro grupos diferentes de acuerdo con el sistema de calificación basado en la limitación de la AVcc preoperatoria, Tabla 18 (157) (158). De los veintiséis ojos incluidos en el estudio tres contaban con una ectasia al grado 1 (11,53%), 11 de grado 2 (42,30%), siete de grado 3 (26,92%) y cinco de grado 5 (19,20%).

En la Tabla 22, se va a evaluar el cambio de la AVcc de los pacientes según el grado de ectasia. En el Gráfico 1 puede observarse la evolución de la AVcc en cada uno de los grupos.

Tabla 22.- Descripción de la AVcc logMAR de los pacientes según el grado de ectasia.

	Grado: 1 n=3	Grado: 2 n=11	Grado: 3 n=7	Grado: 4 n=5
(D)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)
Pre	0,00 (0; 0,01)	0,15 (0,09; 0,15)	0,30 (0,20; 0,30)	0,52 (0,45; 0,69)
1 mes	0,04 (0,022; 0,045)	0,15 (0,09; 0,26)	0,30 (0,21; 0,30)	0,34 (0,30; 0,39)
6 meses	0,04 (0,02; 0,05)	0,09 (0,01; 0,14)	0,30 (0,15; 0,34)	0,30 (0,30; 0,34)
1 año	0,05 (0,05; 0,06)	0,04 (0,00; 0,09)	0,28 (0,08; 0,37)	0,45 (0,30; 0,48)
5 años	0,02 (0,01; 0,03)	0,02 (0,00; 0,04)	0,21 (0,11; 0,30)	0,39 (0,26; 0,39)

Gráfico 1.- Evolución de la mediana de la AVcc logMAR de los pacientes según el grado de ectasia.



En todos los grupos se observa una mejora en el tiempo de la AVcc tras el implante, menos en los pacientes con el grado 1. El mayor cambio se encuentra en el grupo 2, pero a partir del primer año post implante de ICRS. A partir del primer mes continúan mejorando hasta la revisión del quinto año.

En el primer grupo disminuye el valor de la AVcc durante el primer mes, manteniéndose disminuida durante el primer año. A partir de los cinco años vuelve a aumentar, pero sin llegar a valores preoperatorios. En la última revisión la mediana es 0,02 unidades logMAR superior al preoperatorio.

En los otros tres grupos el valor de la AVcc logMAR disminuye de manera progresiva salvo en el grupo de grado 4 (tienen peor visión inicialmente), en el cual se observa una disminución de la AVcc en la revisión de los seis meses hasta el primer año. A partir del primer año vuelven a mejorar hasta la revisión del quinto año con AVcc mejor que preoperatoriamente. A los cinco años el grupo de grado 2 es 0,13 unidades inferior al preoperatorio, el grupo de grado 3, 0,08 unidades y el último 0,12.

## 5.2 EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS

A continuación, se muestran tablas con el análisis descriptivo de los parámetros a lo largo del seguimiento y un gráfico de su evolución. En el gráfico se presenta la mediana de las muestras mediante una línea azul y el rango intercuartílico de la muestra en el área sombreada.

Al lado del gráfico se muestra una tabla dónde aparece el  $p$ -valor, e indica si la evolución de cada parámetro muestra diferencias estadísticamente significativas en algún momento del seguimiento ( $p < 0,05$ ). En la Tabla 23 se muestran los parámetros evaluados, los que van acompañados de un asterisco (\*) son aquellos en los que se han encontrado variaciones estadísticamente significativas durante el seguimiento.

Tabla 23.- Parámetros evaluados en el apartado 5.2.

PARÁMETROS			
Refractivos	Topográficos	Aberrométricos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avcc</li> <li>• Esfera*</li> <li>• Cilindro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• K máxima*</li> <li>• Q*</li> <li>• Eje 1</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1</li> <li>• K2*</li> <li>• Q</li> <li>• Eje 1</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberración esférica</li> <li>• Aberración comática: horizontal*, vertical* y RMS*</li> <li>• Trefoil: 1, 2, RMS*</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberración esférica</li> <li>• Aberración comática: horizontal, vertical y RMS*</li> <li>• Trefoil: 1, 2, RMS</li> </ul> </li> </ul>	
	Morfológicos	Biomecánicos	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paquimetría corneal mínima</li> <li>• Volumen corneal*</li> <li>• Profundidad de CA</li> <li>• Volumen de la CA*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CH</li> <li>• CRF</li> <li>• PIOcc*</li> </ul>	

### 5.2.1 PARÁMETROS REFRACTIVOS

#### EVOLUCIÓN AGUDEZA VISUAL CON CORRECCIÓN (AVcc)

En la Tabla 24 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de la AVcc en cada uno de los exámenes:

Tabla 24.- Descripción de la AVcc logMAR de los pacientes.

LogMAR	Preop	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Máximo</b>	0,82	0,45	0,52	0,52	0,52
<b>Media aritmética</b>	0,23	0,21	0,18	0,16	0,15
<b>Desviación típica</b>	0,20	0,14	0,15	0,17	0,16
<b>Mediana</b>	0,15	0,24	0,12	0,08	0,08
<b>Cuartil 1</b>	0,10	0,09	0,04	0,01	0,01
<b>Cuartil 3</b>	0,30	0,30	0,30	0,27	0,30

Gráfico 2.- Evolución de la mediana de la AVcc logMAR de los pacientes.

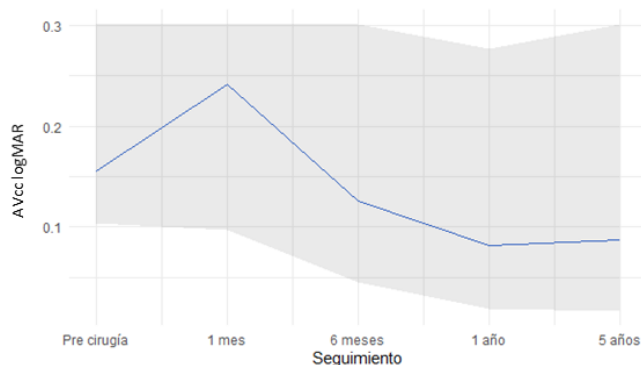


Tabla 25.- Comparación de la AVcc logMAR a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>AVcc</b>	0,170

Se encuentra una disminución de la AVcc durante el primer mes (Gráfico 2). A partir de la revisión del mes la AVcc aumenta obteniendo valores mejores que en el preoperatorio ya en el sexto mes. En los años posteriores continua con la mejora a lo largo de todo el seguimiento, sin llegar a ser estadísticamente significativo ( $p=0,170$ ) (Tabla 24). La mejora es progresiva hasta la última revisión, un total de un 44,06% de su valor inicial.

## EVOLUCIÓN DE LA ESFERA

En la Tabla 27 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de la esfera en cada uno de los exámenes:

Tabla 26.- Descripción de la esfera de los pacientes.

(D)	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-16,00	-13,00	-13,00	-6,00	-4,50
<b>Máximo</b>	4,50	5,00	5,50	5,50	6,50
<b>Media aritmética</b>	-1,24	-0,705	-0,36	0,00	0,25
<b>Desviación típica</b>	4,08	3,64	3,62	2,85	2,63
<b>Mediana</b>	0,00	0,00	0,25	0,25	0,12
<b>Cuartil 1</b>	-2,50	-1,88	-1,62	-2,00	-1,12
<b>Cuartil 3</b>	1,25	0,43	1,00	1,00	1,06

Gráfico 3.- Evolución de la mediana de la esfera de los pacientes.

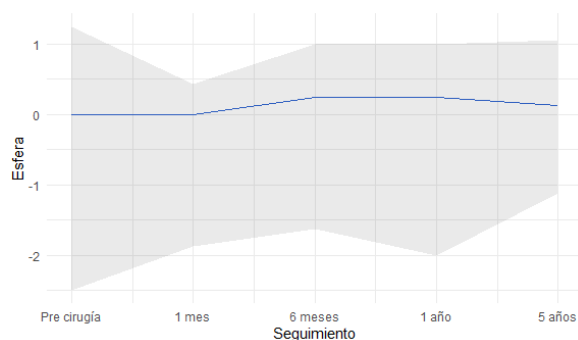


Tabla 27.- Comparación de la esfera a lo largo del seguimiento.

	<b>p-valor</b>
<b>Esfera</b>	$p < 0,001^*$

\* Estadísticamente significativo

La esfera es cada vez más positiva durante todo el estudio ( $p < 0,001$ ) (Tabla 27). El valor de la mediana preoperatoria es de 0,00D, pero debido a esa tendencia a la positivización, al cabo de un año se obtiene una mediana de +0,25D. En la última revisión el valor se vuelve a reducir +0,10D (Gráfico 3).



## EVOLUCIÓN DEL CILINDRO

En la Tabla 28 se muestran los valores de los parámetros descriptivos del cilindro en cada uno de los exámenes:

Tabla 28.- Descripción del cilindro de los pacientes.

(D)	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00
<b>Máximo</b>	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Media aritmética</b>	-3,06	-2,34	-2,35	-2,31	-2,49
<b>Desviación típica</b>	1,18	1,46	1,42	1,53	1,42
<b>Mediana</b>	-3,00	-2,25	-2,75	-2,50	-2,50
<b>Cuartil 1</b>	-3,50	-3,00	-3,00	-3,00	-3,19
<b>Cuartil 3</b>	-2,50	-1,50	-1,50	-1,50	-1,75

Gráfico 4.- Evolución de la mediana del cilindro de los pacientes.

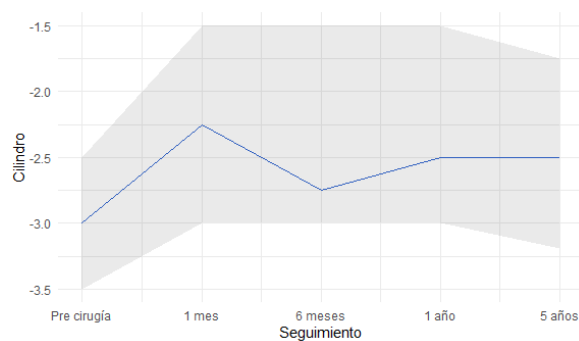


Tabla 29.- Comparación del cilindro a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>Cilindro</b>	0,700

En el cilindro se observa una tendencia a disminuir su valor con el tiempo, siendo su mayor cambio el primer mes desde la intervención, 0,75D (Gráfico 4). A pesar de todo esto, se puede decir que se ha mantenido bastante estable ( $p=0,700$ ) (Tabla 29).

## 5.2.2 PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS

## EVOLUCIÓN DE LA QUERATOMETRÍA 1 (K1) DE LA CARA ANTERIOR

En la Tabla 30 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de K1 de la cara anterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 30.- Descripción de la K1 anterior de los pacientes.

(D)	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	36,60	36,20	35,60	36,40	38,40
<b>Máximo</b>	60,80	55,40	48,30	49,90	50,10
<b>Media aritmética</b>	44,20	42,20	41,50	41,70	42,90
<b>Desviación típica</b>	5,05	4,16	3,13	3,17	2,68
<b>Mediana</b>	43,30	42,00	42,00	41,20	43,30
<b>Cuartil 1</b>	41,30	39,80	40,10	39,40	40,30
<b>Cuartil 3</b>	45,60	43,20	43,30	43,10	44,30

Gráfico 5.- Evolución de la mediana de K1 anterior de los pacientes.

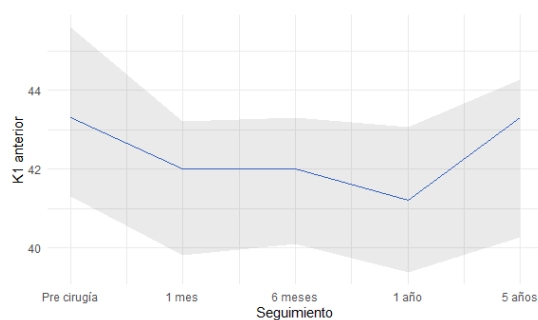


Tabla 31.- Comparación del K1 anterior a lo largo del seguimiento.

	p-valor
<b>K1 anterior</b>	<0,001*

\*Estadísticamente significativo

Se observa una disminución de K1 en el primer año de 2,10D. En la revisión de los cinco años, el valor de K vuelve a aumentar 2,10D, siendo en este examen el valor de K1 igual al preoperatorio (Gráfico 5). Se encuentran diferencias estadísticamente significativas al final del estudio respecto al preoperatorio ( $p=0,001$ ) (Tabla 31).

## EVOLUCIÓN DE LA QUERATOMETRÍA 2 (K2) DE LA CARA ANTERIOR

En la Tabla 30 se muestran los valores de los parámetros descriptivos K2 de la cara anterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 32.-Descripción de la K2 anterior de los pacientes.

(D)	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	41,30	38,90	38,10	39,80	41,10
<b>Máximo</b>	61,60	56,20	50,30	51,30	50,50
<b>Media aritmética</b>	47,70	44,30	44,20	44,20	44,90
<b>Desviación típica</b>	4,36	3,71	2,96	2,76	2,64
<b>Mediana</b>	46,90	43,50	44,40	44,00	45,00
<b>Cuartil 1</b>	45,10	42,10	42,30	42,20	43,00
<b>Cuartil 3</b>	49,60	45,30	45,40	45,10	45,80

Gráfico 6.- Evolución de la mediana de K2 anterior de los pacientes.

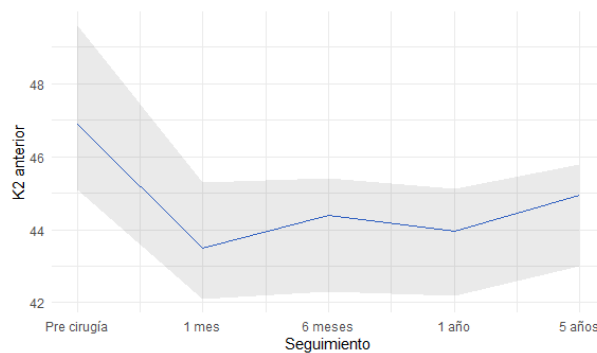


Tabla 33.- Comparación del K2 anterior a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>K2 anterior</b>	<0,001*

\*Estadísticamente significativo

El mayor cambio de K2 anterior se encuentra el primer mes después de la cirugía, experimenta una disminución de 2,50D (Gráfico 6). En el examen de los cinco años se observa una recidiva, de 1D respecto a la revisión de un año, pero todavía lejos de los valores de K2 anterior del examen preoperatorio, que es 1,90D inferior en el último examen ( $p < 0,001$ ) (Tabla 33).

### EVOLUCIÓN DE QUERATOMETRÍA MÁXIMA (K máxima) DE LA CARA ANTERIOR

En la siguiente tabla se muestran los valores de los parámetros descriptivos de K máxima en cada uno de los exámenes:

Tabla 34.- Descripción de la K máxima de los pacientes.

(D)	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	45,00	43,60	43,70	43,70	45,00
<b>Máximo</b>	68,20	63,50	63,50	68,10	64,20
<b>Media aritmética</b>	54,30	50,40	50,90	50,90	52,50
<b>Desviación típica</b>	5,97	5,30	5,07	5,71	5,28
<b>Mediana</b>	54,00	49,30	50,00	49,10	50,90
<b>Cuartil 1</b>	50,10	47,00	47,70	47,80	49,20
<b>Cuartil 3</b>	57,50	51,30	52,50	52,40	54,30

Gráfico 7.- Evolución de la mediana de la K máxima de los pacientes.

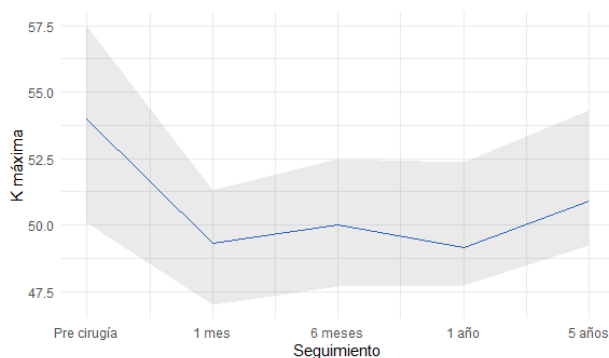


Tabla 35.- Comparación del K máxima a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>K máxima</b>	<0,001*

\*Estadísticamente significativo

Se observa una disminución estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ) durante el primer mes respecto al preoperatorio, un total de 4,70D. A partir de allí el valor fluctúa y al final del estudio el valor final es 3,10D inferior al preoperatorio (Gráfico 7).

### EVOLUCIÓN DE LA ASFERICIDAD (Q) DE LA CARA ANTERIOR

En la Tabla 36 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de Q anterior en cada uno de los exámenes:

Tabla 36.- Descripción de la Q anterior de los pacientes.

	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-1,57	-1,37	-1,34	-4,61	-1,81
<b>Máximo</b>	1,53	0,79	1,35	0,67	0,76
<b>Media aritmética</b>	-0,30	-0,05	0,05	-0,21	-0,13
<b>Desviación típica</b>	0,77	0,64	0,73	1,12	0,63
<b>Mediana</b>	-0,45	0,03	0,17	0,12	-0,11
<b>Cuartil 1</b>	-0,67	-0,58	-0,49	-0,37	-0,29
<b>Cuartil 3</b>	0,17	0,58	0,64	0,40	0,33

Gráfico 8.- Evolución de la mediana de la Q anterior de los pacientes.

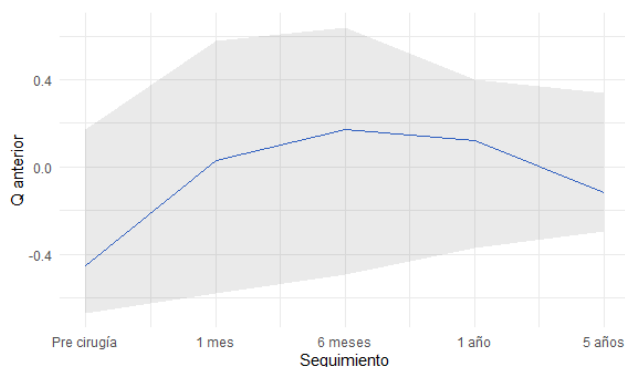


Tabla 37.- Comparación de la Q anterior a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>Q anterior</b>	0,003*

\*Estadísticamente significativo

Referente a este parámetro se aprecia una recidiva en el primer año después de la cirugía, un poco antes que en los parámetros anteriores. Preoperatoriamente el valor de Q era negativo, durante el primer año se positiviza de manera progresiva, pero en la revisión de los cinco años se vuelven a encontrar valores negativos, pero sin llegar al preoperatorio (Gráfico 8). El valor de Q a los cinco años después de la cirugía se ha reducido un 74,44% respecto al valor inicial, llegando a ser este cambio estadísticamente significativo ( $p=0,003$ ) (Tabla 37).

**EVOLUCIÓN DEL EJE 1 DE LA CARA ANTERIOR**

En la se muestran Tabla 38 los valores de los parámetros descriptivos del eje 1 de la cara anterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 38.- Descripción del eje 1 anterior de los pacientes.

Grados (°)	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	0,50	0,20	2,30	0,30	1,40
<b>Máximo</b>	173	172	176	179	173
<b>Media aritmética</b>	92,60	88,50	84,20	79,80	77,20
<b>Desviación típica</b>	54,80	48,60	54,30	54,90	53,70
<b>Mediana</b>	96,20	83,80	74,40	74	72,20
<b>Cuartil 1</b>	54,60	55,10	45	27,10	37,90
<b>Cuartil 3</b>	135	109	136	122	105

Gráfico 9.- Evolución medianadel eje 1 anterior de los pacientes.

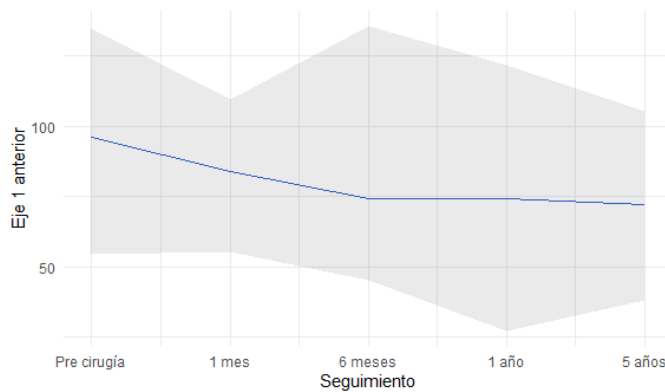


Tabla 39.- Comparación del eje 1 anterior a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>Eje 1 anterior</b>	0,300

A pesar de que sí que se han observado movimientos en el valor del eje durante el estudio, 20° durante todo el estudio (Gráfico 9), no parece que esos cambios hayan sido significativos ( $p=0,30$ ) (Tabla 39).

### EVOLUCIÓN DE LA QUERATOMETRÍA 1 (K1) DE LA CARA POSTERIOR

En la Tabla 40 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de K1 de la cara posterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 40.- Descripción de la K1 posterior de los pacientes.

(D)	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-10,80	-11,00	-8,80	-8,90	-9,00
<b>Máximo</b>	-5,50	-5,30	-5,40	-5,60	-5,50
<b>Media aritmética</b>	-6,99	-7,03	-6,82	-6,78	-6,80
<b>Desviación típica</b>	1,19	1,26	0,86	0,86	0,85
<b>Mediana</b>	-6,80	-6,80	-6,70	-6,70	-7,00
<b>Cuartil 1</b>	-7,40	-7,30	-7,20	-7,18	-7,20
<b>Cuartil 3</b>	-6,10	-6,20	-6,30	-6,08	-6,20

Gráfico 10.- Evolución de la mediana de la K1 posterior de los pacientes.

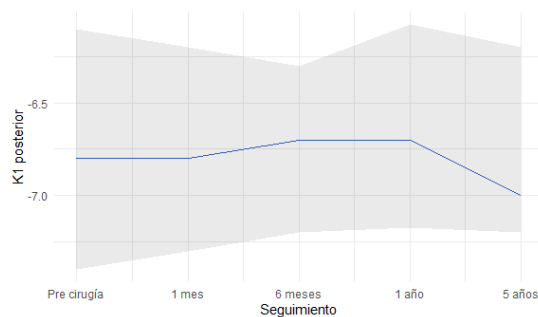


Tabla 41.- Comparación del K1 posterior a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>K1 posterior</b>	0,910

Este parámetro se mantiene bastante estable durante el primer año. A los cinco años se encuentra una recidiva de 0,30D respecto a la revisión del año (Gráfico 10). No se encuentran variaciones estadísticamente significativas durante los diferentes exámenes ( $p=0,910$ ) (Tabla 41).

### EVOLUCIÓN DE LA QUERATOMETRÍA 2 (K2) DE LA CARA POSTERIOR

En la Tabla 42 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de K2 de la cara posterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 42.- Descripción de la K2 posterior de los pacientes.

(D)	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-11,30	-11,30	-9,70	-9,80	-9,40
<b>Máximo</b>	-6,30	-6,00	-6,00	-6,00	-6,10
<b>Media aritmética</b>	-7,80	-7,52	-7,40	-7,47	-7,33
<b>Desviación típica</b>	1,19	1,24	0,94	1,08	0,89
<b>Mediana</b>	-7,60	-7,20	-7,10	-7,05	-7,35
<b>Cuartil 1</b>	-8,40	-7,90	-7,70	-7,95	-7,80
<b>Cuartil 3</b>	-7,20	-6,90	-6,80	-6,90	-6,70

Gráfico 11.- Evolución de la mediana de la K2 posterior de los pacientes.

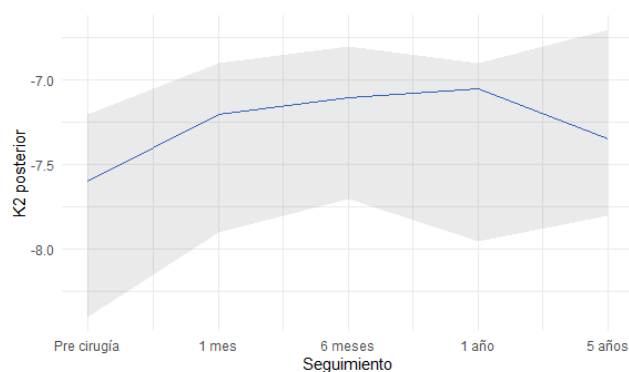


Tabla 43.- Comparación del K2 posterior a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>K2 posterior</b>	0,005*

\*Estadísticamente significativo

Se puede observar una disminución progresiva de este parámetro durante el primer año, un total 0,55D, pero en la revisión de los cinco años vuelve aumentar 0,3D. En última revisión se observa que sigue siendo 0,25D inferior al preoperatorio, el valor de K2 posterior se ha visto reducido un 3,28% durante el estudio. La variación que experimenta este parámetro a lo largo del estudio sí que es estadísticamente significativa ( $p=0,005$ ) (Tabla 43).



### EVOLUCIÓN DE LA ASFERICIDAD (Q) DE LA CARA POSTERIOR

En la Tabla 44 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de Q de la cara posterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 44.- Descripción de la Q posterior de los pacientes.

	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-1,96	-2,23	-2,45	-2,17	-1,97
<b>Máximo</b>	0,42	0,62	0,66	0,68	0,39
<b>Media aritmética</b>	-0,82	-0,81	-0,69	-0,79	-0,71
<b>Desviación típica</b>	0,69	0,74	0,68	0,71	0,54
<b>Mediana</b>	-0,90	-0,75	-0,65	-0,79	-0,61
<b>Cuartil 1</b>	-1,38	-1,15	-0,97	-1,20	-1,02
<b>Cuartil 3</b>	-0,26	-0,43	-0,32	-0,22	-0,51

Gráfico 12.- Evolución de la mediana de la Q posterior de los pacientes.

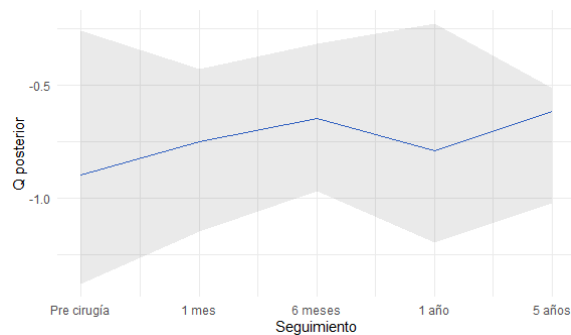


Tabla 45.- Comparación de la Q posterior a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>Q posterior</b>	0,890

El valor de Q posterior fluctúa durante el estudio, y en la última revisión el valor se ha reducido un 31,66% respecto al preoperatorio (Gráfico 12), pero no llega a ser estadísticamente significativo ( $p=0,89$ ) (Tabla 45).

### EVOLUCIÓN DEL EJE 1 DE LA CARA POSTERIOR

En la Tabla 46 se muestran los valores de los parámetros descriptivos del eje 1 de la cara posterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 46.- Descripción del eje 1 posterior de los pacientes.

(°)	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	1,60	4,60	0,10	1,70	0,40
<b>Máximo</b>	174	174	167	172	172
<b>Media aritmética</b>	97,20	80	82,60	84,40	84,90
<b>Desviación típica</b>	59,30	57,90	58,20	59,90	65,70
<b>Mediana</b>	109	80,80	75,80	80,80	73
<b>Cuartil 1</b>	59,50	20,60	28,80	28,40	13,10
<b>Cuartil 3</b>	153	117	132	139	153

Gráfico 13.-Evolución de la mediana del eje 1 posterior de los pacientes.

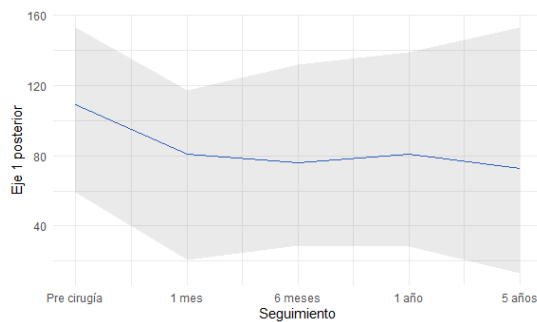


Tabla 47.- Comparación del eje 1 posterior a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>Eje 1 posterior</b>	0,630

En el eje 1 posterior a pesar de que sí que se observan cambios, 36° a los cinco años respecto al preoperatorio (Gráfico 13), en ningún caso llegan a ser estadísticamente significativos ( $p=0,630$ ) (Tabla 47).

### 5.2.3 PARÁMETROS ABERROMÉTRICOS

#### EVOLUCIÓN DE LA ABERRACIÓN ESFÉRICA DE LA CARA ANTERIOR

En la Tabla 48 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de la aberración esférica de la cara anterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 48.- Descripción de la aberración esférica anterior de los pacientes.

( $\mu\text{m}$ )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-0,691	-0,810	-1,000	-0,950	-4,330
<b>Máximo</b>	3,950	2,830	3,180	3,180	4,290
<b>Media aritmética</b>	0,491	0,548	0,713	0,768	0,703
<b>Desviación típica</b>	1,110	0,843	1,010	1,050	2,110
<b>Mediana</b>	0,192	0,589	0,776	0,636	0,877
<b>Cuartil 1</b>	-0,090	-0,010	0,020	0,170	-0,040
<b>Cuartil 3</b>	0,70	0,82	1,140	1,200	1,980

Gráfico 14.- Evolución de la mediana de la aberración esférica anterior de los pacientes.

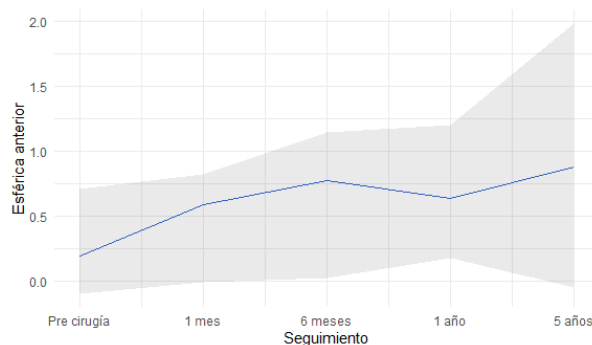


Tabla 49.- Comparación de la aberración esférica anterior a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>Aberración esférica anterior</b>	0,049*

\*Estadísticamente significativo

Este parámetro aumenta su valor de manera progresiva y estadísticamente significativa ( $p=0,049$ ) (Tabla 49) durante el estudio, un total de  $0,68\mu\text{m}$  si se comparara el examen preoperatorio con el último (Gráfico 14).

El mayor cambio se observa el primer mes después de haber implantado los ICRS,  $0,39\mu\text{m}$ .

### EVOLUCIÓN DE LA ABERRACIÓN COMÁTICA HORIZONTAL DE LA CARA ANTERIOR

En la Tabla 50 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de la aberración comática horizontal de la cara anterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 50- Descripción del coma horizontal anterior de los pacientes.

( $\mu\text{m}$ )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-6,350	-6,140	-6,100	-7,430	-4,150
<b>Máximo</b>	6,200	3,340	4,350	3,830	4,350
<b>Media aritmética</b>	-2,230	-1,030	-0,978	-1,290	0,110
<b>Desviación típica</b>	2,720	1,650	2,150	2,500	2,450
<b>Mediana</b>	-2,540	-0,824	-1,170	-1,140	-0,147
<b>Cuartil 1</b>	-4,160	-1,710	-1,750	-1,890	-1,660
<b>Cuartil 3</b>	-1,290	-0,568	0,306	-0,583	1,670

Gráfico 15.- Evolución de la mediana del coma horizontal anterior de los pacientes.

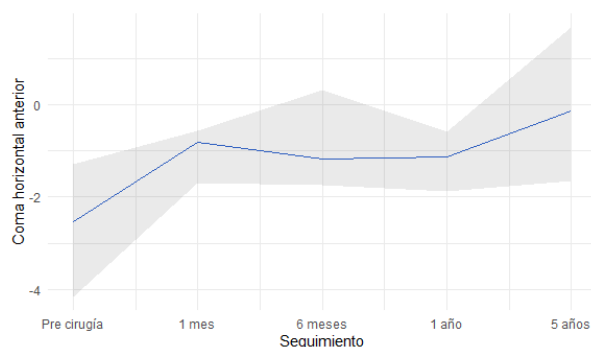


Tabla 51.- Comparación del coma horizontal anterior a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>Coma horizontal anterior</b>	0,039*

\*Estadísticamente significativo

El coma horizontal anterior reduce su valor negativo de manera progresiva durante todo el estudio, a excepción de una pequeña recidiva de  $0,346\mu\text{m}$  en la revisión de los seis meses (Gráfico 15). Al final del estudio el valor de esta aberración es  $2,393\mu\text{m}$  inferior al preoperatorio, hay una disminución estadísticamente significativa ( $p=0,039$ ) (Tabla 51), un 94,21% respecto al valor inicial.

## EVOLUCIÓN DE LA ABERRACIÓN COMÁTICA VERTICAL DE LA CARA ANTERIOR

En la Tabla 52 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de la aberración comática vertical de la cara anterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 52.- Descripción del coma vertical anterior de los pacientes.

( $\mu\text{m}$ )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-16,900	-11,100	-11,400	-10,50	-18,500
<b>Máximo</b>	1,610	1,870	2,260	2,250	1,870
<b>Media aritmética</b>	-1,550	-1,000	-1,070	-1,610	-5,430
<b>Desviación típica</b>	4,710	3,150	3,630	3,610	4,980
<b>Mediana</b>	0,427	-0,031	0,133	0,004	-5,250
<b>Cuartil 1</b>	-0,841	-0,993	-0,110	-2,800	-7,260
<b>Cuartil 3</b>	0,876	0,682	0,729	0,553	-2,020

Gráfico 16.- Evolución de la mediana del coma vertical anterior de los pacientes.

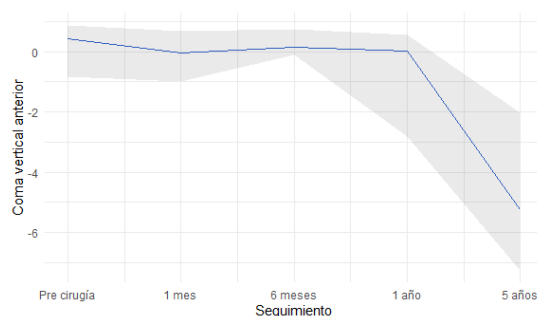


Tabla 53.- Comparación del coma vertical anterior a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>Coma vertical anterior</b>	0,006*

\*Estadísticamente significativo

El coma vertical anterior durante el primer año se reduce a valores muy próximos a 0, pero a los cinco años se observa un valor superior al preoperatorio, llegando a triplicarlo ( $p=0,006$ ) (Tabla 53). El valor del coma vertical pasa de ser un valor positivo de  $0,427\mu\text{m}$  el primer año a  $-5,250\mu\text{m}$  a los cinco años de haber introducido los ICRS, una diferencia de  $5,677\mu\text{m}$  (Gráfico 16).

### EVOLUCIÓN DE LA RMS COMÁTICA DE LA CARA ANTERIOR

En la Tabla 54 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de la RMS comática de la cara anterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 54.- Descripción de la RMS comática anterior de los pacientes.

( $\mu\text{m}$ )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	0,591	0,397	0,679	0,253	1,560
<b>Máximo</b>	18,000	11,200	11,500	10,600	18,500
<b>Media aritmética</b>	4,590	2,640	3,190	3,650	6,340
<b>Desviación típica</b>	3,910	2,750	3,080	3,130	4,420
<b>Mediana</b>	3,580	1,830	1,880	2,550	5,630
<b>Cuartil 1</b>	2,230	1,060	1,520	1,610	2,660
<b>Cuartil 3</b>	5,020	2,560	2,540	5,550	7,450

Gráfico 17.- Evolución de la mediana de la RMS comática anterior de los pacientes.

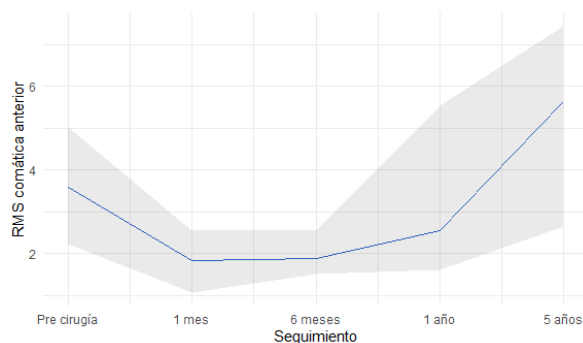


Tabla 55.- Comparación de la RMS comática anterior a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>RMS comática anterior</b>	0,002*

\*Estadísticamente significativo

Al analizar la RMS comática se encuentra una disminución de  $1,750\mu\text{m}$  durante el primer mes, hasta la revisión de los seis meses se mantiene estable y en las siguientes revisiones el valor de este parámetro vuelve a aumentar. A los cinco años la mediana es superior al preoperatorio ( $p=0,002$ ) (Tabla 55),  $2,050\mu\text{m}$  mayor, un 57,26%.

## EVOLUCIÓN DEL TREFOIL 1 DE LA CARA ANTERIOR

En la Tabla 56 se muestran los valores de los parámetros descriptivos del trefoil 1 de la cara anterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 56.- Descripción del trefoil 1 anterior de los pacientes.

( $\mu\text{m}$ )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-0,652	-2,350	-1,240	-1,020	-2,960
<b>Máximo</b>	4,970	3,040	2,670	3,100	4,850
<b>Media aritmética</b>	0,467	0,0163	0,0873	0,311	0,488
<b>Desviación típica</b>	1,230	1,090	0,738	0,934	2,160
<b>Mediana</b>	0,061	0,008	0,074	0,008	0,365
<b>Cuartil 1</b>	-0,093	-0,408	-0,197	-0,195	-0,943
<b>Cuartil 3</b>	0,440	0,264	0,246	0,475	1,820

Gráfico 18.- Evolución de la mediana del trefoil 1 anterior de los pacientes.

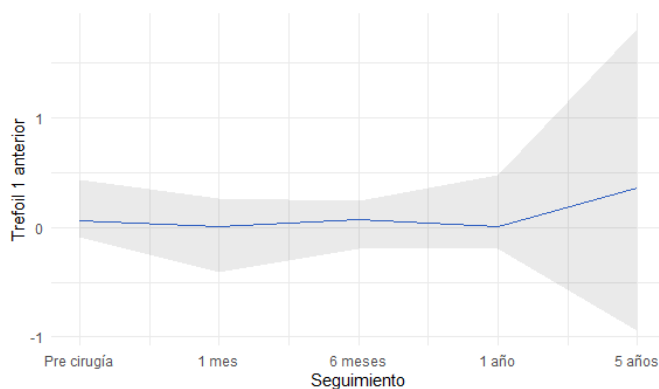


Tabla 57.- Comparación del trefoil 1 anterior a lo largo del seguimiento.

	p-valor
<b>Trefoil 1 anterior</b>	0,300

El trefoil 1 anterior se mantiene en valores muy próximos a cero durante el primer año, pero al final del estudio se observa un incremento de su valor,  $0,304\mu\text{m}$  respecto al preoperatorio (Gráfico 18), pero no llega a ser estadísticamente significativo ( $p=0,300$ ) (Tabla 57).

### EVOLUCIÓN DEL TREFOIL 2 DE LA CARA ANTERIOR

En la Tabla 58 se muestran los valores de los parámetros descriptivos del trefoil 2 de la cara anterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 58.- Descripción del trefoil 2 anterior de los pacientes.

( $\mu\text{m}$ )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-4,920	-2,990	-1,540	-1,770	-2,330
<b>Máximo</b>	2,090	2,960	3,080	1,620	4,510
<b>Media aritmética</b>	-0,250	0,035	-0,084	-0,225	-0,093
<b>Desviación típica</b>	1,480	1,040	0,865	0,764	1,650
<b>Mediana</b>	0,043	0,046	-0,140	-0,110	-0,389
<b>Cuartil 1</b>	-0,041	-0,245	-0,461	-0,308	-1,180
<b>Cuartil 3</b>	0,252	0,197	0,298	0,188	0,560

Gráfico 19.- Evolución de la mediana del trefoil 2 anterior de los pacientes.

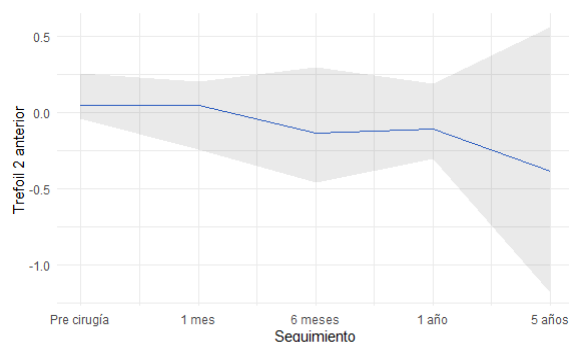


Tabla 59.- Comparación del trefoil 2 anterior a lo largo del seguimiento.

	p-valor
<b>Trefoil 2 anterior</b>	0,850

Durante el primer mes no se observan cambios en el trefoil 2, pero en las revisiones posteriores se observa una negativización progresiva de este parámetro, sin llegar a ser estadísticamente significativa ( $p=0,85$ ) (Tabla 59). Preoperatoriamente cuenta con valores positivos muy cercanos a cero y al final del estudio la mediana es de  $-0,389\mu\text{m}$ , hay una diferencia de  $0,432\mu\text{m}$  entre ambos exámenes (Gráfico 19).



### EVOLUCIÓN DE LA RMS TREFOIL DE LA CARA ANTERIOR

En la Tabla 60 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de la RMS trefoil de la cara anterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 60.- Descripción de la RMS trefoil anterior de los pacientes.

( $\mu\text{m}$ )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	0,010	0,073	0,110	0,185	0,761
<b>Máximo</b>	6,990	3,590	3,080	3,120	4,930
<b>Media aritmética</b>	0,998	0,994	0,832	0,909	2,420
<b>Desviación típica</b>	1,720	1,120	0,766	0,862	1,220
<b>Mediana</b>	0,331	0,443	0,445	0,484	2,160
<b>Cuartil 1</b>	0,228	0,249	0,314	0,285	1,590
<b>Cuartil 3</b>	0,621	1,160	1,270	1,460	3,180

Gráfico 20.- Evolución de la mediana de la RMS trefoil anterior de los pacientes.

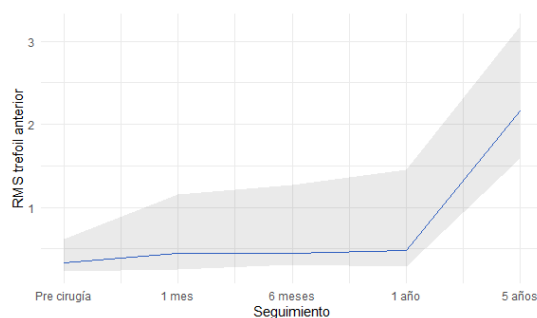


Tabla 61.- Comparación de la RMS trefoil anterior a lo largo del seguimiento.

	p-valor
<b>RMS trefoil anterior</b>	$p < 0,001^*$

\*Estadísticamente significativo

Quando se evalúa esta aberración se observa un incremento progresivo de su valor durante todo el estudio, un total de  $1,828\mu\text{m}$  (Gráfico 20). Este aumento es estadísticamente significativo, sobre todo al comparar todas las revisiones con la última que es donde se produce el mayor cambio ( $p < 0,001$ ) (Tabla 61).

### EVOLUCIÓN DE LA ABERRACIÓN ESFÉRICA DE LA CARA POSTERIOR

En la Tabla 62 se observa los valores de los parámetros descriptivos de aberración esférica de la cara posterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 62.- Descripción de la aberración esférica posterior de los pacientes.

( $\mu\text{m}$ )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-5,290	-4,650	-6,320	-5,990	-12,400
<b>Máximo</b>	8,730	6,150	6,330	6,210	6,730
<b>Media aritmética</b>	-0,221	-0,091	0,010	0,055	-0,848
<b>Desviación típica</b>	2,830	2,190	2,550	2,810	4,930
<b>Mediana</b>	-0,399	0,103	0,306	0,141	0,690
<b>Cuartil 1</b>	-1,740	-1,580	-0,687	-1,320	-4,760
<b>Cuartil 3</b>	0,965	0,901	1,330	1,300	2,810

Gráfico 21.- Evolución de la mediana de la aberración esférica posterior de los pacientes.

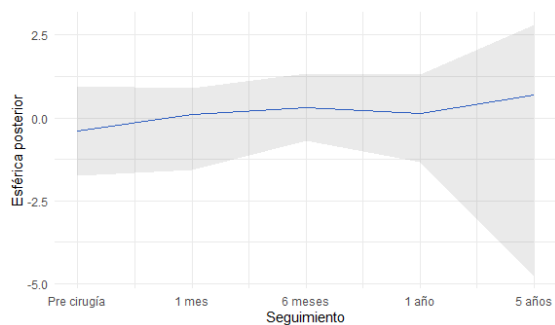


Tabla 63.- Comparación de la aberración esférica posterior a lo largo del seguimiento.

	p-valor
<b>Aberración esférica posterior</b>	0,770

En el examen preoperatorio el valor de la aberración es negativo y durante el estudio va positivándose gradualmente. Al final del estudio la mediana es de 0,690 $\mu\text{m}$ , hay una diferencia de 1,089 $\mu\text{m}$  respecto al preoperatorio ( $p=0,770$ ) (Tabla 63).

## EVOLUCIÓN DE LA ABERRACIÓN COMÁTICA HORIZONTAL DE LA CARA POSTERIOR

En la Tabla 64 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de aberración comática horizontal de la cara posterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 64.- Descripción del coma horizontal posterior de los pacientes.

( $\mu\text{m}$ )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-12,500	-12,300	-10,300	-12,300	-10,700
<b>Máximo</b>	14,500	12,700	11,200	9,750	8,640
<b>Media aritmética</b>	-4,010	-2,600	-1,860	-2,170	-1,400
<b>Desviación típica</b>	5,440	4,860	4,490	4,970	5,580
<b>Mediana</b>	-4,640	-2,830	-2,440	-3,170	-1,590
<b>Cuartil 1</b>	-7,490	-4,690	-4,890	-4,750	-5,430
<b>Cuartil 3</b>	-2,550	-1,080	-0,366	-0,282	2,620

Gráfico 22.- Evolución de la mediana del coma horizontal posterior de los pacientes.

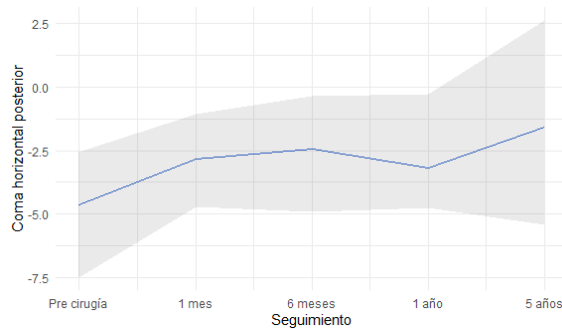


Tabla 65.- Comparación del coma horizontal posterior a lo largo del seguimiento.

	p-valor
<b>Coma horizontal posterior</b>	0,100

A pesar de fluctuaciones del valor de la aberración durante el seguimiento, al final del estudio se observa una reducción de  $0,305\mu\text{m}$  en total respecto a un valor preoperatorio, un 65,73% (Gráfico 22). A pesar de las variaciones en ningún caso llega a ser estadísticamente significativo ( $p=0,100$ ) (Tabla 65).

### EVOLUCIÓN DE LA ABERRACIÓN COMÁTICA VERTICAL DE LA CARA POSTERIOR

En la Tabla 66 se muestran los valores de los parámetros descriptivos aberración comática vertical de la cara posterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 66.- Descripción del coma vertical posterior de los pacientes.

( $m\mu$ )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-36,900	-25,000	-26,700	-26,60	-26,500
<b>Máximo</b>	4,070	3,890	3,720	3,560	7,060
<b>Media aritmética</b>	-3,160	-2,370	-3,260	-4,200	-12,100
<b>Desviación típica</b>	9,970	7,270	8,040	8,700	9,670
<b>Mediana</b>	0,567	0,335	0,393	0,269	-13,500
<b>Cuartil 1</b>	-1,950	-1,550	-3,790	-12,000	-18,500
<b>Cuartil 3</b>	1,720	1,490	1,210	1,300	-5,410

Gráfico 23.- Evolución de la mediana del coma vertical posterior de los pacientes.

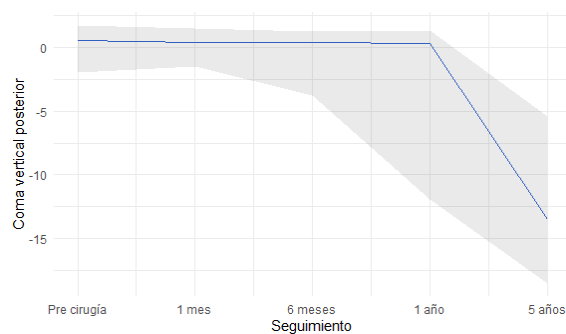


Tabla 67.- Comparación del coma vertical a lo largo del seguimiento.

	p-valor
<b>Coma vertical posterior</b>	0,082

El coma vertical posterior se mantiene estable durante el primer año, pero a los cinco años se observa un gran cambio pasando de un valor inicial positivo de  $0,567\mu\text{m}$  a  $-13,500\mu\text{m}$  al final del estudio se ha negativizado  $14,067\mu\text{m}$  (Gráfico 23).

A pesar de la variación de la mediana, las diferencias no llegan a ser estadísticamente significativas ( $p=0,082$ ) (Tabla 67).

## EVOLUCIÓN DE LA RMS COMÁTICA DE LA CARA POSTERIOR

En la Tabla 68 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de RMS comática de la cara posterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 68.- Descripción de la RMS comática posterior de los pacientes.

( $\mu\text{m}$ )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	0,646	1,320	1,280	1,180	3,420
<b>Máximo</b>	39,700	28,00	28,900	28,300	28,600
<b>Media aritmética</b>	8,890	6,830	7,240	8,370	14,300
<b>Desviación típica</b>	8,600	6,390	7,250	7,080	7,750
<b>Mediana</b>	6,200	4,500	4,910	6,610	14,400
<b>Cuartil 1</b>	3,470	2,830	2,520	3,390	7,630
<b>Cuartil 3</b>	9,620	7,090	7,440	12,800	18,600

Gráfico 24.- Evolución de la mediana de la RMS comática posterior de los pacientes.

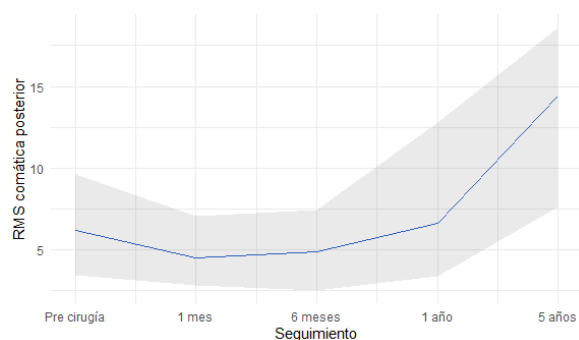


Tabla 69.- Comparación de la RMS comática posterior a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>RMS comática posterior</b>	0,001*

\*Estadísticamente significativo

El único momento en el que el valor se reduce es durante el primer mes preoperatorio, 1,700 $\mu\text{m}$ . A partir de allí vuelve a aumentar de manera progresiva. A los cinco años se encuentran valores mucho más altos que el inicial, siendo el valor en esta revisión de 14,400 $\mu\text{m}$ , 8,200 $\mu\text{m}$  más que antes de introducir los ICRS (Gráfico 24).

Estos cambios en la mediana son estadísticamente significativos ( $p=0,001$ ) (Tabla 69).

### EVOLUCIÓN DEL TREFOIL 1 DE LA CARA POSTERIOR

En la Tabla 70 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de trefoil 1 de la cara posterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 70.- Descripción del trefoil 1 posterior de los pacientes.

( $\mu\text{m}$ )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-0,298	-3,440	-1,360	-5,650	-9,040
<b>Máximo</b>	17,500	17,800	18,700	13,200	16,00
<b>Media aritmética</b>	2,200	1,120	2,100	1,750	3,420
<b>Desviación típica</b>	4,810	3,960	4,460	4,400	7,230
<b>Mediana</b>	0,259	0,017	0,409	0,171	3,970
<b>Cuartil 1</b>	0,033	-0,658	-0,224	-0,175	-1,900
<b>Cuartil 3</b>	0,756	0,487	2,600	1,500	6,620

Gráfico 25.- Evolución de la mediana del trefoil 1 posterior de los pacientes.

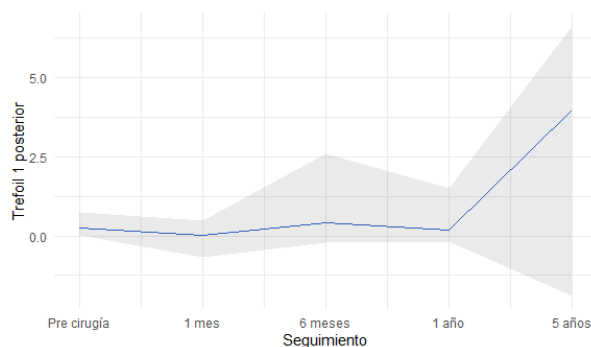


Tabla 71.- Comparación del trefoil 1 posterior a lo largo del seguimiento.

	p-valor
<b>Trefoil 1 posterior</b>	0,230

Durante el periodo de seguimiento el trefoil 1 sufre pequeñas fluctuaciones. A los cinco años, el valor del trefoil 1 es superior al preoperatorio, pero sin llegar a ser estadísticamente significativo ( $p=0,230$ ) (Tabla 71). Esta aberración ha aumentado al final del estudio su mediana  $3,711\mu\text{m}$  respecto al preoperatorio (Gráfico 25).

## EVOLUCIÓN DEL TREFOIL 2 DE LA CARA POSTERIOR

En la Tabla 72 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de trefoil 2 de la cara posterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 72.- Descripción del trefoil 2 posterior de los pacientes.

( $\mu\text{m}$ )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	-19,00	-20,200	-19,00	-17,100	-15,700
<b>Máximo</b>	7,580	11,100	9,670	11,500	9,480
<b>Media aritmética</b>	-0,448	0,254	-0,377	-0,580	-0,587
<b>Desviación típica</b>	4,380	5,20	5,140	6,440	6,120
<b>Mediana</b>	0,355	0,315	0,080	-0,103	0,003
<b>Cuartil 1</b>	-0,066	-0,472	-0,304	-1,160	-4,140
<b>Cuartil 3</b>	0,757	1,330	0,784	0,465	2,770

Gráfico 26.- Evolución de la mediana del trefoil 2 posterior de los pacientes.

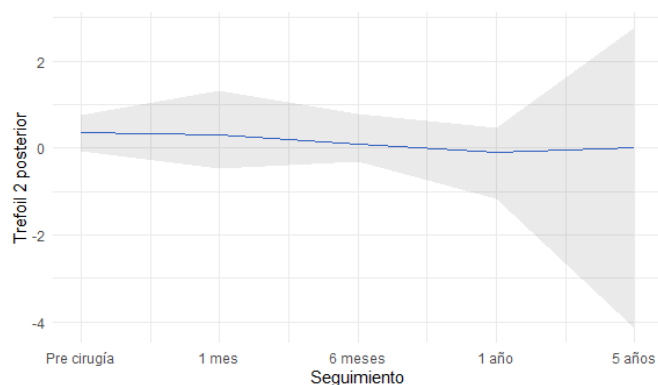


Tabla 73.- Comparación del trefoil 2 posterior a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>Trefoil 2 posterior</b>	0,650

El trefoil 2, preoperatoriamente cuenta con un valor positivo que durante el primer año después de la cirugía se negativiza  $0,458\mu\text{m}$ , siendo en la revisión de un año el valor de la mediana negativo. A los cinco años se encuentran una recidiva ya que el valor de esta aberración vuelve a ser positivo, pero  $0,351\mu\text{m}$  inferior al preoperatorio, un 99,01% del valor inicial (Gráfico 26). En ninguno de los casos son estadísticamente estadísticamente significativos los cambios ( $p=0,650$ ) (Tabla 73).

### EVOLUCIÓN DE LA RMS TREFOIL DE LA CARA POSTERIOR

En la Tabla 74 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de la RMS trefoil de la cara posterior de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 74.- Descripción de la RMS trefoil posterior de los pacientes.

( $\mu\text{m}$ )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	0,087	0,156	0,289	0,105	1,720
<b>Máximo</b>	20,700	26,90	21,200	21,600	17,300
<b>Media aritmética</b>	3,600	3,340	3,830	4,670	8,620
<b>Desviación típica</b>	6,250	5,70	5,980	6,450	4,910
<b>Mediana</b>	0,759	1,320	1,260	1,220	7,040
<b>Cuartil 1</b>	0,565	0,546	0,640	0,526	4,630
<b>Cuartil 3</b>	1,750	3,210	2,600	6,080	11,900

Gráfico 27.- Evolución de la mediana de la RMS trefoil posterior de los pacientes.

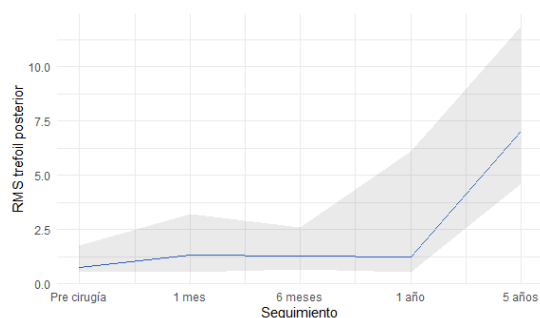


Tabla 75.- Comparación de la RMS trefoil posterior a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>RMS trefoil posterior</b>	0,076

Al evaluar esta aberración se observa un incremento del valor de la mediana durante el primer mes, de 0,561 $\mu\text{m}$ , para luego volver a disminuir 0,100 $\mu\text{m}$  hasta la revisión del primer año. El mayor aumento se encuentra en la revisión de los cinco años, el valor de la mediana es 6,281 $\mu\text{m}$  superior al preoperatorio (Gráfico 27).

Estos cambios no llegan a ser estadísticamente significativos, pero sí que se observa una tendencia a serlo ( $p=0,076$ ) (Tabla 75).



## 5.2.4 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS

### EVOLUCIÓN DE LA PAQUIMETRÍA CORNEAL MÍNIMA

En la Tabla 76 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de la paquimetría corneal mínima en cada uno de los exámenes:

Tabla 76.- Descripción de la paquimetría corneal mínima de los pacientes.

( $\mu\text{m}$ )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	321	311	320	339	344
<b>Máximo</b>	529	521	526	513	545
<b>Media aritmética</b>	428	422	431	430	426
<b>Desviación típica</b>	56,10	59,90	58,90	49,60	58,90
<b>Mediana</b>	435	430	431	436	414
<b>Cuartil 1</b>	392	380	395	412	386
<b>Cuartil 3</b>	458	458	488	456	457

Gráfico 28.- Evolución de la mediana de la paquimetría corneal mínima de los pacientes.

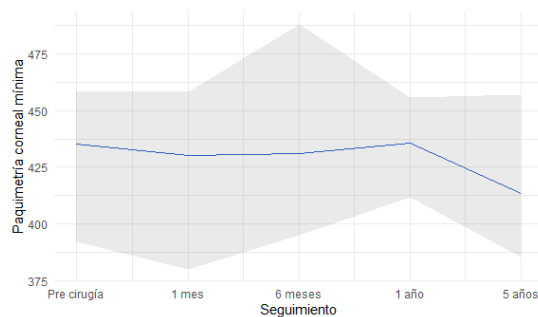


Tabla 77.- Comparación de la paquimetría corneal mínima a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>Paquimetría corneal mínima</b>	0,860

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas durante todo el periodo de evaluación ( $p=0,860$ ) (Tabla 77). Durante el primer año la mediana de la paquimetría se mantiene estable, pero al final del estudio se observa un valor  $21\mu\text{m}$  inferior al preoperatorio, un 4,80% (Gráfico 28).

## EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN CORNEAL

En la Tabla 78 se muestran los valores de los parámetros descriptivos del volumen corneal en cada uno de los exámenes:

Tabla 78.- Descripción del volumen corneal de los pacientes.

mm <sup>3</sup>	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	52,40	53,30	53,30	53,50	51,10
<b>Máximo</b>	65,80	81,50	70,80	67,70	64,20
<b>Media aritmética</b>	59,30	60,90	60,60	59,70	57,30
<b>Desviación típica</b>	3,95	5,99	3,98	3,75	3,39
<b>Mediana</b>	59,70	60,30	59,80	59,50	57,20
<b>Cuartil 1</b>	55,80	56,90	58,20	57,10	54,80
<b>Cuartil 3</b>	62,50	62,20	62,80	62,10	59,60

Gráfico 29.-Evolución de la mediana del volumen corneal de los pacientes.

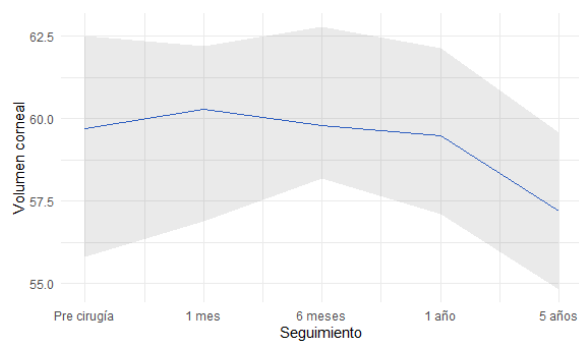


Tabla 79.- Comparación del volumen corneal a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>Volumen corneal</b>	0,011*

\*Estadísticamente significativo

Durante el primer mes se observa un aumento de 0,60mm<sup>3</sup> este parámetro, un 1,00%, respecto al valor inicial, a partir de allí el valor disminuye de manera progresiva en cada revisión (Gráfico 29). Al final del estudio se obtiene un descenso estadísticamente significativo del volumen corneal ( $p=0,011$ ) (Tabla 79), un total de 2,50mm<sup>3</sup>, el 4,18%, respecto a su valor inicial.

### EVOLUCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LA CÁMARA ANTERIOR (CA)

En la Tabla 80 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de la profundidad de la CA de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 80.- Descripción de la profundidad CA de los pacientes.

(mm)	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	2,38	2,12	2,12	2,14	2,13
<b>Máximo</b>	4,12	4,29	4,24	4,21	4,05
<b>Media aritmética</b>	3,38	3,30	3,25	3,18	3,19
<b>Desviación típica</b>	0,39	0,51	0,50	0,50	0,52
<b>Mediana</b>	3,35	3,28	3,26	3,20	3,19
<b>Cuartil 1</b>	3,21	3,13	3,01	2,97	3,03
<b>Cuartil 3</b>	3,57	3,54	3,49	3,38	3,46

Gráfico 30.- Evolución de la mediana de la profundidad de CA de los pacientes

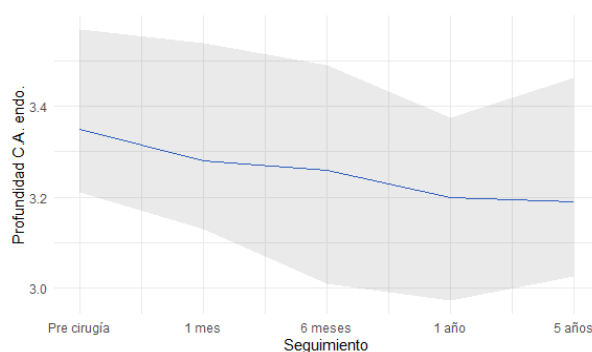


Tabla 81.- Comparación de la profundidad de la CA a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>Profundidad de la CA</b>	0,140

Se observa un decrecimiento progresivo de la profundidad de la CA, incluso al mes de introducir los ICRS. En el examen de los cinco años, la disminución es de 0,16mm respecto al examen preoperatorio, el 4,77% (Gráfico 30), pero este cambio no llega a ser estadísticamente significativo ( $p=0,140$ ) (Tabla 81).

### EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN DE LA CÁMARA ANTERIOR (CA)

En la Tabla 82 se muestran los valores de los parámetros descriptivos del volumen de la CA en cada uno de los exámenes:

Tabla 82.- Descripción del volumen de la CA de los pacientes.

(mm <sup>3</sup> )	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	111	111	111	114	98,00
<b>Máximo</b>	285	289	298	291	279
<b>Media aritmética</b>	195	184	184	178	178
<b>Desviación típica</b>	39,70	40,90	44,30	39,70	51,50
<b>Mediana</b>	192	180	182	172	170
<b>Cuartil 1</b>	173	158	168	155	146
<b>Cuartil 3</b>	221	204	195	197	201

Gráfico 31.- Evolución de la mediana del volumen de CA de los pacientes.

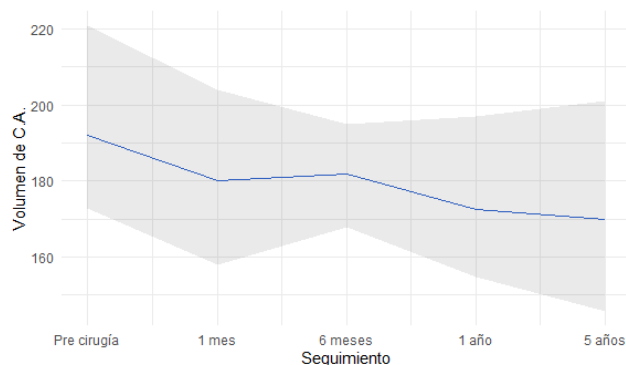


Tabla 83.- Comparación del volumen de la CA a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>Volumen de la CA</b>	0,031*

\*Estadísticamente significativo

Existe un descenso progresivo del volumen de la CA a lo largo del tiempo, un total de 22mm<sup>3</sup> al final del estudio, el 11,45% de su valor inicial (Gráfico 31). El cambio observado en el volumen de la CA es estadísticamente significativo ( $p=0,031$ ) (Tabla 83).

### 5.2.5 PARÁMETROS BIOMECÁNICOS

#### EVOLUCIÓN DE LA HISTÉRESIS CORNEAL (CH)

En la Tabla 84 se muestran los valores de los parámetros descriptivos CH de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 84.- Descripción de la CH de los pacientes.

(mmHg)	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	5,40	4,70	5,90	5,00	4,60
<b>Máximo</b>	12,70	13,60	12,90	12,80	14,40
<b>Media aritmética</b>	8,33	8,21	8,59	8,14	8,23
<b>Desviación típica</b>	1,84	2,10	1,98	2,17	2,12
<b>Mediana</b>	7,85	8,45	8,10	7,80	8,00
<b>Cuartil 1</b>	7,18	6,75	6,97	6,45	6,95
<b>Cuartil 3</b>	8,85	9,60	10,10	9,35	9,25

Gráfico 32.- Evolución de la mediana de la CH de los pacientes.

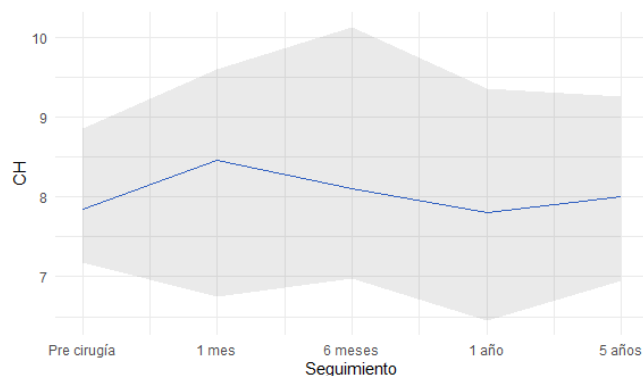


Tabla 85.- Comparación de la CH a lo largo del seguimiento.

	<i>p</i> -valor
<b>CH</b>	0,760

El mayor cambio se observa el primer mes, el CH aumenta 0,6mmHg y después en la revisión del año que vuelve a disminuir 0,45mmHg, pero no llega a valores preoperatorios por lo que al final del estudio la CH es 0,15mmHg superior a la inicial, un 1,91% (Gráfico 32). Los cambios no son estadísticamente significativos en ninguno de los casos ( $p=0,760$ ) (Tabla 85).

### EVOLUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA CORNEAL (CRF)

En la Tabla 86 se muestran los valores de los parámetros descriptivos de la CRF de la córnea en cada uno de los exámenes:

Tabla 86.- Descripción de la CRF de los pacientes.

(mmHg)	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	4,70	3,70	4,80	4,50	4,50
<b>Máximo</b>	11,50	11,70	16,80	11,00	12,50
<b>Media aritmética</b>	7,08	7,20	7,42	7,18	7,29
<b>Desviación típica</b>	1,71	1,87	2,52	1,99	1,84
<b>Mediana</b>	6,50	7,45	7,35	6,80	7,60
<b>Cuartil 1</b>	5,97	5,42	5,40	5,50	6,20
<b>Cuartil 3</b>	8,17	8,50	8,30	8,75	8,05

Gráfico 33.- Evolución de la mediana de la CRF de los pacientes.

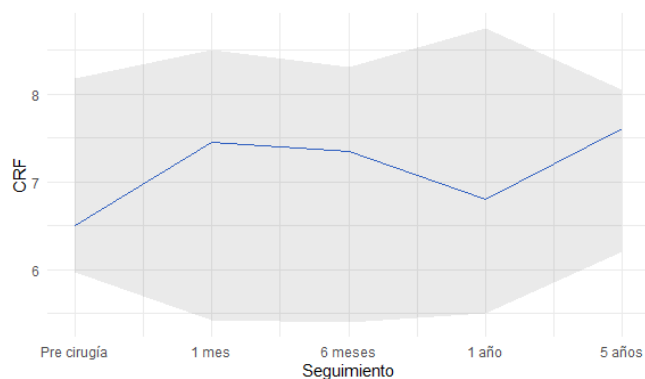


Tabla 87.- Comparación de la CRF a lo largo del seguimiento.

CRF	<i>p</i> -valor
	0,670

A pesar de no haber diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,670$ ) (Tabla 87), se observa un aumento de este parámetro al final del estudio. La CRF es 1,10mmHg superior a los cinco años de haber introducido los ICRS al compáralo con el preoperatorio, un total del 16,92% del valor inicial (Gráfico 33).

### EVOLUCIÓN DE LA PRESIÓN INTRAOCULAR COMPENSADA (PIOcc)

En la Tabla 88 se muestran los valores de los parámetros descriptivos la PIOcc en cada uno de los exámenes:

Tabla 88.- Descripción de la PIOcc de los pacientes.

(mmHg)	Pre	1 mes	6 meses	1 año	5 años
<b>Mínimo</b>	3,90	7,40	7,00	4,50	7,90
<b>Máximo</b>	24,70	24,80	25,70	34,70	20,60
<b>Media aritmética</b>	13,40	14,50	13,80	14,70	13,70
<b>Desviación típica</b>	4,02	4,13	4,15	6,11	3,75
<b>Mediana</b>	12,80	14,60	14,10	14,40	12,40
<b>Cuartil 1</b>	11,10	11,80	10,30	11,70	11,60
<b>Cuartil 3</b>	15,10	16,90	16,50	15,80	16,00

Gráfico 34.- Evolución de la mediana de la PIOcc de los pacientes.

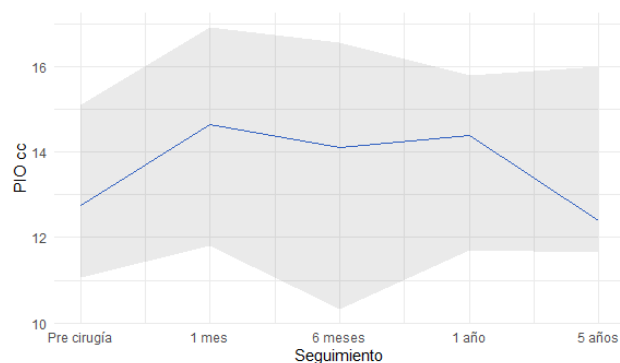


Tabla 89.- Comparación de la PIOcc a lo largo del seguimiento.

	<b>p-valor</b>
<b>PIOcc</b>	0,032*

\*Estadísticamente significativo

Cuando se evalúa el valor de la PIOcc durante el estudio se encuentra un *p*-valor estadísticamente significativo ( $p=0,032$ ) (Tabla 89) lo cual indica que en algún momento del seguimiento ha sido diferente al resto de exámenes.

El aumento se encuentra durante el primer año donde la PIOcc obtiene un valor 1,60mmHg superior al preoperatorio, pero a los cinco años de haber introducido los ICRS vuelve a disminuir y el valor que se obtiene es 0,40mmHg inferior al examen inicial (Gráfico 34).

### 5.3 RELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS

#### 5.3.1 RELACIÓN DE LA AVcc CON EL RESTO DE LOS PARÁMETROS

A continuación, se va a evaluar la relación de la AVcc con el resto de los parámetros refractivos, topográficos, morfológicos, aberrométricos y biomecánicos. En la Tabla 90 se muestran los parámetros con los que se ha comparado la AVcc, los acompañados de un asterisco (\*) indican los parámetros en los que se ha encontrado una relación estadísticamente significativa con AVcc a lo largo del estudio.

Tabla 90.- Parámetros analizados en el apartado 5.3.1

PARÁMETROS					
Refractivos		Topográficos		Aberrométricos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esfera*</li> <li>• Cilindro</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• K máxima</li> <li>• Q*</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• Q*</li> </ul> </li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberración esférica</li> <li>• Aberración comática: horizontal, vertical y RMS</li> <li>• Trefoil: 1*, 2, RMS</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberración esférica</li> <li>• Aberración comática: horizontal*, vertical y RMS</li> <li>• Trefoil: 1, 2, RMS</li> </ul> </li> </ul>	
Morfológicos			Biomecánicos		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paquimetría corneal mínima</li> <li>• Volumen corneal</li> <li>• Profundidad de CA</li> <li>• Volumen de la CA</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• CH</li> <li>• CRF</li> <li>• PIOcc</li> </ul>		



### 5.3.1.1 PARÁMETROS REFRACTIVOS

Tabla 91.- Resumen del modelo lineal mixto de la relación entre la AVcc logMAR y los parámetros refractivos.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
Valor absoluto de la esfera	0,015 [0,006; 0,024]	0,001*
Cilindro	0,011 [-0,006; 0,028]	0,210

\*Estadísticamente significativo

Cuando la AVcc disminuye, ambos parámetros incrementan su valor positivo. En el caso de la esfera, al estar en valor absoluto aumenta su valor (0,015) pero el cilindro siendo su valor siempre negativo se verá reducido. AVcc solo se correlaciona de manera estadísticamente significativa con la esfera ( $p=0,001$ ) (Tabla 91).

### 5.3.1.2 PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS

Tabla 92.- Resumen del modelo lineal mixto de la relación entre la AVcc logMAR y los parámetros topográficos.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K1 anterior	0,012 [0,003;0,021]	0,006*
K2 anterior	0,012 [0,002;0,023]	0,019*
K máxima	0,005 [-6,010e-04; 0,012]	0,075
Valor absoluto de la Q anterior	0,071 [0,007; 0,135]	0,029*
K1 posterior	-0,038 [-0,073; -0,004]	0,027*
K2 posterior	-0,032 [-0,066; 0,002]	0,066
Valor absoluto de la Q posterior	0,070 [0,011; 0,128]	0,019*

\*Estadísticamente significativo

La AVcc se relaciona estadísticamente de manera estadísticamente significativa con K1 ( $p=0,006$ ), K2 ( $p=0,019$ ) y Q ( $p=0,029$ ) de la cara anterior y de la cara posterior con K1 ( $p=0,027$ ) y Q ( $p=0,019$ ) (Tabla 92).

Con la K1, K2 y Q de la cara anterior y con la Q de la cara posterior la relación es positiva, con la K1 de la cara posterior negativa.

El parámetro con el que hay mayor variación es la Q posterior. Por cada unidad que aumenta la Q, la AVcc logMAR incrementa 0,070.

## 5.3.1.3 PARÁMETROS ABERROMÉTRICOS

Tabla 93.- Resumen del modelo lineal mixto de la relación entre la AVcc logMAR y los parámetros aberrométricos.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
Valor absoluto de la aberración esférica anterior	-0,015 [-0,048; 0,017]	0,350
Valor absoluto de la aberración comática horizontal anterior	0,010 [-0,005; 0,026]	0,200
Valor absoluto de la aberración comática vertical anterior	-0,003 [-0,011; 0,003]	0,320
RMS comática anterior	-0,002 [-0,011; 0,005]	0,510
Valor absoluto del trefoil 1 anterior	-0,0189 [-0,044; 0,006]	0,150
Valor absoluto del trefoil 2 anterior	0,024 [8,890e-04; 0,048]	0,042*
RMS trefoil anterior	0,003 [-0,017; 0,024]	0,750
Valor absoluto de la aberración esférica posterior	0,002 [-0,012; 0,017]	0,730
Valor absoluto del coma horizontal posterior	0,010 [0,00; 0,0203]	0,023*
Valor absoluto del coma vertical posterior	-0,001 [-0,005; 0,002]	0,560
RMS comática posterior	8,760e-05 [-0,004; 0,004]	0,970
Valor absoluto del trefoil 1 posterior	-0,001 [-0,007; 0,004]	0,590
Valor absoluto del trefoil 2 posterior	0,004 [-0,002; 0,010]	0,220
RMS trefoil posterior	4,620e-04 [-0,004; 0,005]	0,870

\*Estadísticamente significativo

La AVcc se relaciona estadísticamente con el trefoil 2 de la cara anterior ( $p=0,042$ ) y el coma horizontal de la cara posterior ( $p=0,023$ ). La relación es positiva con ambas y más fuerte con el trefoil 2 anterior (Tabla 93).

El parámetro con el que hay mayor variación es el trefoil 2 anterior. Por cada  $\mu\text{m}$  que aumenta la aberración, la AVcc incrementa su valor 0,024 unidades.

### 5.3.1.4 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS

Tabla 94.- Resumen del modelo lineal mixto de la relación entre la AV con corrección y los parámetros morfológicos.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
Paquimetría corneal mínima	-2,050e-04 [-8,808e-04; 4,780e-04]	0,550
Volumen corneal	0,006 [-0,001; 0,015]	0,100
Profundidad CA	-0,074 [-0,175; 0,026]	0,150
Volumen CA	-8,770e-04 [-0,001; 2,150e-04]	0,110

No hay relación estadísticamente significativa en ninguno de los casos (Tabla 94).

### 5.3.1.5 PARÁMETROS BIOMECÁNICOS

Tabla 95.- Resumen del modelo lineal mixto de la relación entre la AV con corrección y los parámetros biomecánicos.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
CH	0,010 [-0,00263; 0,023]	0,120
CRF	0,007 [-0,003; 0,019]	0,180
PIOcc	-0,001 [-0,009; 0,005]	0,600

No hay relación estadísticamente significativa en ninguno de los casos (Tabla 95).

### 5.3.2 RELACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS ABERROMÉTRICOS Y MORFOLÓGICOS EN FUNCIÓN LOS PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS

En esta sección, se mide el efecto de los parámetros topográficos sobre los parámetros aberrométricos y morfológicos. El procedimiento es análogo al del apartado anterior. En la Tabla 96, Tabla 97 y Tabla 98 se muestran los parámetros que se han evaluado en este apartado. En asterisco (\*) nos indica los parámetros topográficos con los que se ha encontrado relación estadísticamente significativa.

Tabla 96.-Parámetros aberrométricos de la cara anterior de la córnea evaluados en el apartado 5.3.2.

PARÁMETROS ABERROMÉTRICOS DE LA CARA ANTERIOR DE LA CÓRNEA			
Aberración esférica	Coma horizontal	Coma vertical	RMS comática
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• K máxima</li> <li>• Q*</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• Q</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• K máxima*</li> <li>• Q</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• Q*</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• K máxima</li> <li>• Q</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• Q</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• K máxima*</li> <li>• Q</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• Q*</li> </ul> </li> </ul>
Trefoil 1	Trefoil 2	RMS trefoil	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• K máxima*</li> <li>• Q</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• Q</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• K máxima</li> <li>• Q</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• Q</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• K máxima*</li> <li>• Q</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• Q</li> </ul> </li> </ul>	

Tabla 97.- Parámetros aberrométricos de la cara posterior de la córnea evaluados en el apartado 5.3.2.

PARÁMETROS ABERROMÉTRICOS DE LA CARA POSTERIOR DE LA CÓRNEA			
Aberración esférica	Coma horizontal	Coma vertical	RMS comática
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cara anterior:</li> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• K máxima*</li> <li>• Q</li> <li>• Cara posterior:</li> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• Q</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cara anterior:</li> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• K máxima*</li> <li>• Q*</li> <li>• Cara posterior:</li> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• Q</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cara anterior:</li> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• K máxima*</li> <li>• Q</li> <li>• Cara posterior:</li> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• Q</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cara anterior:</li> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• K máxima*</li> <li>• Q*</li> <li>• Cara posterior:</li> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• Q</li> </ul>
Trefoil 1	Trefoil 2	RMS trefoil	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cara anterior:</li> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• K máxima*</li> <li>• Q</li> <li>• Cara posterior:</li> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• Q</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cara anterior:</li> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• K máxima</li> <li>• Q</li> <li>• Cara posterior:</li> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• Q</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cara anterior:</li> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• K máxima*</li> <li>• Q</li> <li>• Cara posterior:</li> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• Q</li> </ul>	

Tabla 98.- Parámetros morfológicos evaluados en el apartado 5.3.2.

PARÁMETROS MORFOLÓGICOS			
Paquimetría córnea mínima	Volumen corneal	Profundidad CA	Volumen CA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cara anterior:</li> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• K máxima</li> <li>• Q*</li> <li>• Cara posterior:</li> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• Q*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cara anterior:</li> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• K máxima</li> <li>• Q</li> <li>• Cara posterior:</li> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• Q</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cara anterior:</li> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• K máxima</li> <li>• Q*</li> <li>• Cara posterior:</li> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• Q</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cara anterior:</li> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• K máxima*</li> <li>• Q</li> <li>• Cara posterior:</li> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• Q</li> </ul>

## 5.3.2.1 PARÁMETROS ABERROMÉTRICOS

**ABERRACIÓN ESFÉRICA DE LA CARA ANTERIOR**

Tabla 99.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto de la aberración esférica anterior.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K1 anterior	-0,026 [-0,056; 0,002]	0,079
K2 anterior	-0,019 [-0,059; 0,021]	0,360
K máxima	0,011 [-0,012; 0,036]	0,350
Valor absoluto de la Q anterior	0,063 [-0,099; 0,226]	0,450
K1 posterior	0,075 [-0,043; 0,195]	0,220
K2 posterior	0,067 [-0,058; 0,193]	0,300
Valor absoluto de la Q posterior	-0,357 [-0,577;-0,137]	0,002*

\*Estadísticamente significativo

Se encuentra una relación estadísticamente significativa de esta aberración con la Q absoluta ( $p=0,002$ ) de la cara posterior (Tabla 99).

Cuando la Q aumenta una unidad, el valor de la aberración esférica reducirá su valor  $-0,357\mu\text{m}$ .

**ABERRACIÓN COMÁTICA HORIZONTAL DE LA CARA ANTERIOR**

Tabla 100.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del coma horizontal anterior.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K1 anterior	0,104 [0,035; 0,173]	0,003*
K2 anterior	0,158 [0,070; 0,246]	<0,001*
K máxima	0,164 [0,114; 0,214]	<0,001*
Valor absoluto de la Q anterior	-0,0429 [-0,432; 0,346]	0,830
K1 posterior	-0,515 [-0,78 ; -0,245]	<0,001*
K2 posterior	-0,685 [-0,956; -0,414]	<0,001*
Valor absoluto de la Q posterior	0,985 [0,480; 1,490]	<0,001*

\*Estadísticamente significativo

Se encuentra una relación estadísticamente significativa del coma horizontal con todos los parámetros aberrométricos analizados, menos con la Q de la cara anterior. La relación es más fuerte en la cara anterior con la K2 ( $p < 0,001$ ), K máxima ( $p < 0,001$ ) y en la cara posterior con la K1 ( $p < 0,001$ ), K2 ( $p < 0,001$ ) y la Q ( $p < 0,001$ ) (Tabla 100).

Con las K (K1, K2 y K máxima) de la cara anterior y la Q de la cara posterior la relación es positiva mientras que con la K1 y K2 de la cara posterior es negativa.

El parámetro con el que se encuentra mayor variación es la Q posterior. Por cada unidad que aumenta la Q, el coma incrementa  $0,985\mu\text{m}$  su valor.

#### ABERRACIÓN COMÁTICA VERTICAL DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 101.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del coma vertical anterior.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K1 anterior	0,021 [-0,053; 0,097]	0,570
K2 anterior	0,011 [-0,081; 0,106]	0,800
K máxima	0,050 [-0,011; 0,111]	0,110
Valor absoluto de la Q anterior	-0,148 [-0,586; 0,290]	0,510
K1 posterior	-0,026 [-0,314; 0,261]	0,860
K2 posterior	0,029 [-0,256; 0,315]	0,840
Valor absoluto de la Q posterior	0,077 [-0,457; 0,611]	0,780

\*Estadísticamente significativo

No se encuentra relación estadísticamente significativa con ninguno de los parámetros topográficos y el coma vertical anterior (Tabla 101).

**RMS COMÁTICA DE LA CARA ANTERIOR**

Tabla 102.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre la RMS comática anterior.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K1 anterior	0,131 [0,029; 0,233]	0,014*
K2 anterior	0,171 [0,031; 0,311]	0,018*
K máxima	0,228 [0,157; 0,299]	<0,001*
Valor absoluto de la Q anterior	-0,216 [-0,775; 0,343]	0,450
K1 posterior	-0,506 [-0,902; -0,109]	0,014*
K2 posterior	-0,606 [-1,020; -0,196]	0,004*
Valor absoluto de la Q posterior	1,340 [0,652; 2,030]	<0,001*

\*Estadísticamente significativo

La RMS comática se relaciona estadísticamente con K1, K2 y K máxima de la cara anterior y de la cara posterior con K1, K2 y Q. La relación es más fuerte en la cara anterior con la K máxima ( $p < 0,001$ ) y en la cara posterior con la Q ( $p < 0,001$ ) (Tabla 102).

Con las K (K1, K2 y K máxima) de la cara anterior y la Q de la cara posterior la relación es positiva, con la K1 y K2 de la cara posterior negativa.

El parámetro con el que se observa mayor variación es la Q posterior. Por cada unidad que aumenta la Q, el coma aumenta 1,340 $\mu\text{m}$  su valor.



**TREFOIL 1 DE LA CARA ANTERIOR**

Tabla 103.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del trefoil 1 anterior.

Variable	Estimación [I,C,95%]	p-valor
K1 anterior	0,010 [-0,019; 0,040]	0,500
K2 anterior	0,020 [-0,015; 0,055]	0,270
K máxima	0,026 [0,004; 0,048]	0,020*
Valor absoluto de la Q anterior	-0,008 [-0,196; 0,178]	0,930
K1 posterior	-0,044 [-0,155; 0,065]	0,430
K2 posterior	-0,049 [-0,159; 0,058]	0,370
Valor absoluto de la Q posterior	0,012 [-0,197; 0,222]	0,910

\*Estadísticamente significativo

El trefoil 1 únicamente se relaciona de manera estadísticamente significativa con K máxima de la cara anterior de la córnea ( $p=0,020$ ). Por cada D que aumenta K máxima el trefoil 1 anterior incrementa su valor  $0,026\mu\text{m}$  (Tabla 103).

**TREFOIL 2 DE LA CARA ANTERIOR**

Tabla 104.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del trefoil 2 anterior.

Variable	Estimación [I,C,95%]	p-valor
K1 anterior	0,005 [-0,0179; 0,0292]	0,640
K2 anterior	0,002 [-0,025; 0,0293]	0,880
K máxima	0,002 [-0,014; 0,0198]	0,740
Valor absoluto de la Q anterior	-0,035 [-0,189; 0,117]	0,650
K1 posterior	-0,009 [-0,095; 0,076]	0,830
K2 posterior	-0,024 [-0,107; 0,0591]	0,570
Valor absoluto de la Q posterior	0,007 [-0,152; 0,167]	0,930

No se encuentra relación estadísticamente significativa con ninguno de los parámetros topográficos y el trefoil 1 anterior (Tabla 104).

**RMS TREFOIL DE LA CARA ANTERIOR**

Tabla 105.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre la RMS trefoil anterior.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K1 anterior	0,003 [-0,037; 0,044]	0,860
K1 posterior	-0,008 [-0,167; 0,151]	0,920
K2 anterior	0,020 [-0,033; 0,073]	0,460
K2 posterior	-0,044 [-0,208; 0,118]	0,590
K máxima	0,042 [0,011; 0,073]	0,009*
Q anterior	-0,006 [-0,198; 0,184]	0,940
Valor absoluto de la Q anterior	-0,012 [-0,242; 0,217]	0,910
Q posterior	-0,066 [-0,318; 0,185]	0,600
Valor absoluto de la Q posterior	0,048 [-0,248; 0,346]	0,750

\*Estadísticamente significativo

La RMS del trefoil se relaciona de manera estadísticamente significativa con K máxima ( $p=0,009$ ). Por cada D que aumenta K máxima la RMS del trefoil anterior incrementa su valor  $0,042\mu\text{m}$  (Tabla 105).

**ABERACIÓN ESFÉRICA DE LA CARA POSTERIOR**

Tabla 106.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto de la aberración esférica posterior.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K1 anterior	0,108 [0,046; 0,17]	<0,001*
K2 anterior	0,134 [0,044; 0,224]	0,004*
K máxima	0,104 [0,052; 0,154]	<0,001*
Valor absoluto de la Q anterior	-0,287 [-0,664 ; 0,089]	0,140
K1 posterior	-0,511 [-0,738; -0,284]	<0,001*
K2 posterior	-0,531 [-0,773; -0,289]	<0,001*
Valor absoluto de la Q posterior	0,416 [-0,055; 0,888]	0,087

\*Estadísticamente significativo

La aberración esférica posterior se relaciona estadísticamente con K1, K2 y K máxima de la cara anterior y de la cara posterior con K1 y K2. La relación es más fuerte en la cara anterior con la K1 ( $p<0,001$ ), y K máxima ( $p<0,001$ ) y en la cara posterior con K1 ( $p<0,001$ ) y con la K2 ( $p<0,001$ ) (Tabla 106).

Con las K (K1, K2 y K máxima) de la cara anterior y la Q de la cara posterior la relación es positiva, con la K1 y K2 de la cara posterior negativa.

El parámetro con el que se encuentra mayor variación es la K2 posterior. Por cada dioptría que aumenta la K2, el coma varía su valor  $-0,531\mu\text{m}$ .

**ABERRACIÓN COMÁTICA HORIZONTAL DE LA CARA POSTERIOR**

Tabla 107.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del coma horizontal posterior.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K1 anterior	0,297 [0,180; 0,415]	<0,001*
K2 anterior	0,461 [0,303; 0,620]	<0,001*
K máxima	0,256 [0,166; 0,345]	<0,001*
Valor absoluto de la Q anterior	-0,926 [-1,580; -0,272]	0,006*
K1 posterior	-1,430 [-1,920; -0,940]	<0,001*
K2 posterior	-1,720 [-2,220; -1,210]	<0,001*
Valor absoluto de la Q posterior	-0,119 [-1,050; 0,812]	0,800

\*Estadísticamente significativo

Se encuentra una relación estadísticamente significativa del coma horizontal posterior con todos los parámetros aberrométricos analizados, menos con la Q de la cara posterior. La relación es más fuerte en la cara anterior con K1 ( $p<0,001$ ), K2 ( $p<0,001$ ), K máxima ( $p<0,001$ ) y en la cara posterior con la K1 ( $p<0,001$ ) y K2 ( $p<0,001$ ) (Tabla 107).

Con las K (K1, K2 y K máxima) de la cara anterior la relación es positiva y con Q de la cara anterior, la K1 y K2 de la cara posterior es negativa.

El parámetro con el que hay mayor variación es la Q de la cara anterior. Por cada unidad que aumenta la Q, el coma incrementa su valor 0,926 $\mu\text{m}$  su valor.

**ABERRACIÓN COMÁTICA VERTICAL DE LA CARA POSTERIOR**

Tabla 108.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del coma vertical posterior.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K1 anterior	0,139 [-0,0253; 0,303]	0,10
K2 anterior	0,169 [-0,048; 0,386]	0,13
K máxima	0,212 [0,0832; 0,341]	0,001*
Valor absoluto de la Q anterior	-0,497 [-1,43; 0,441]	0,30
K1 posterior	-0,567 [-1,21; 0,0753]	0,087
K2 posterior	-0,518 [-1,17; 0,133]	0,12
Valor absoluto de la Q posterior	0,603 [-0,562; 1,77]	0,31

\*Estadísticamente significativo

La aberración comática vertical posterior se relaciona de manera estadísticamente significativa con  $K_{\text{máx}}$  ( $p=0,001$ ). Por cada D que aumenta  $K_{\text{máx}}$  la RMS del coma horizontal posterior incrementa su valor  $0,212\mu\text{m}$  (Tabla 108).

**RMS COMÁTICA DE LA CARA POSTERIOR**

Tabla 109.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre la RMS comática posterior.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K1 anterior	0,418 [0,212; 0,623]	<0,001*
K2 anterior	0,515 [0,234; 0,796]	<0,001*
K máxima	0,476 [0,310; 0,642]	<0,001*
Valor absoluto de la Q anterior	-1,330 [-2,460; -0,190]	0,025*
K1 posterior	-1,840 [-2,63; -1,04]	<0,001*
K2 posterior	-1,940 [-2,740; -1,150]	<0,001*
Valor absoluto de la Q posterior	0,866 [-0,709; 2,440]	0,28

\*Estadísticamente significativo

La RMS comática posterior mantiene una relación estadísticamente significativa con todos los parámetros aberrométricos analizados, menos con la Q de la cara posterior. La relación es más fuerte en la cara anterior con K1 ( $p < 0,001$ ), K2 ( $p < 0,001$ ), K máxima ( $p < 0,001$ ) y en la cara posterior con la K1 ( $p < 0,001$ ) y K2 ( $p < 0,001$ ) (Tabla 109).

Con las K (K1, K2 y K máxima) de la cara anterior la relación es positiva y con Q de la cara anterior, la K1 y K2 de la cara posterior es negativa.

El parámetro con el que hay mayor variación es la Q de la cara anterior. Por cada unidad que aumenta la Q, el coma incrementa su valor 1,330 $\mu\text{m}$  su valor.

#### TREFOIL 1 DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 110.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del trefoil 1 posterior.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K1 anterior	0,068 [-0,056; 0,194]	0,290
K2 anterior	0,085 [-0,069; 0,241]	0,280
K máxima	0,158 [0,057; 0,258]	0,002*
Valor absoluto de la Q anterior	-0,388 [-1,1; 0,386]	0,330
K1 posterior	-0,270 [-0,729; 0,188]	0,250
K2 posterior	-0,292 [-0,745; 0,160]	0,210
Valor absoluto de la Q posterior	0,035 [-0,840; 0,912]	0,940

\*Estadísticamente significativo

El trefoil 1 se relaciona con significancia estadística con K máxima ( $p = 0,002$ ). Por cada D que aumenta K máxima el trefoil 1 posterior incrementa su valor 0,158 $\mu\text{m}$  (Tabla 110).

**TREFOIL 2 DE LA CARA POSTERIOR**

Tabla 111.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el valor absoluto del trefoil 2 posterior.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K1 anterior	0,062 [-0,060; 0,185]	0,320
K2 anterior	0,002 [-0,141; 0,146]	0,970
K máxima	0,093 [-0,002; 0,190]	0,060
Valor absoluto de la Q anterior	-0,325 [-1,090; 0,443]	0,410
K1 posterior	-0,172 [-0,623; 0,279]	0,460
K2 posterior	-0,131 [-0,571; 0,309]	0,560
Valor absoluto de la Q posterior	-0,483 [-1,34; 0,373]	0,270

No se encuentra relación estadísticamente significativa con ninguno de los parámetros topográficos y el trefoil 2 posterior, aunque sí que se observa una tendencia hacia la significancia con K máxima ( $p=0,060$ ) (Tabla 111).

**RMS TREFOIL POSTERIOR**

Tabla 112.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre la RMS trefoil posterior.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K1 anterior	0,110 [-0,055; 0,275]	0,200
K2 anterior	0,113 [-0,097; 0,323]	0,300
K máxima	0,169 [0,042; 0,296]	0,011*
Valor absoluto de la Q anterior	-0,591 [-1,570; 0,384]	0,240
K1 posterior	-0,313 [-0,937; 0,311]	0,330
K2 posterior	-0,353 [-0,985; 0,28]	0,280
Valor absoluto de la Q posterior	-0,415 [-1,610; 0,779]	0,500

\*Estadísticamente significativo

La RMS del trefoil se relaciona de manera estadísticamente significativa con K máxima ( $p=0,011$ ). Por cada D que aumenta K máxima la RMS del trefoil posterior incrementa su valor  $0,169\mu\text{m}$  (Tabla 112).

### 5.3.2.2 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS

#### PAQUIMETRÍA CORNEAL MÍNIMA

Tabla 113.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el paquimetría corneal mínima.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K2 anterior	-1,06 [-2,780; 0,656]	0,230
K máxima	-0,26 [-1,220; 0,693]	0,590
Valor absoluto de la Q anterior	17,20 [11,200; 23,300]	<0,001*
K1 posterior	21,00 [15,900; 26,00]	<0,001*
K2 posterior	22,60 [17,000; 28,100]	<0,001*
Valor absoluto de la Q posterior	-9,07 [-17,80; -0,29]	0,046*

\*Estadísticamente significativo

La paquimetría corneal mínima se relaciona estadísticamente con K1, y Q cara anterior y de la cara posterior con K1, K2 y Q. La relación es más fuerte en la cara anterior con la K1 ( $p<0,001$ ) y Q ( $p<0,001$ ) y en la cara posterior con K1 ( $p<0,001$ ) y con la K2 ( $p<0,001$ ) (Tabla 113).

Con las K (K1, K2 y K máxima) de la cara anterior y la Q de la cara posterior la relación es negativa, con la K1 y K2 de la cara posterior positiva.

El parámetro con el que hay mayor variación es la K2 posterior. Por cada dioptría que aumenta la K2, la paquimetría aumenta su valor  $22,60\mu\text{m}$ .



**VOLUMEN CORNEAL**

Tabla 114.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el volumen corneal.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
<b>K1 anterior</b>	0,17 [0,04 ; 0,30]	0,011*
<b>K2 anterior</b>	0,20 [0,01; 0,39]	0,039*
<b>K máxima</b>	0,05 [-0,04; 0,16]	0,280
<b>Valor absoluto de la Q anterior</b>	-0,32 [-0,99; 0,34]	0,340
<b>K1 posterior</b>	-1,910 [-2,41; -1,40]	<0,001*
<b>K2 posterior</b>	-2,11 [-2,64; -1,59]	<0,001*
<b>Valor absoluto de la Q posterior</b>	-0,36 [-1,36; 0,62]	0,470

\*Estadísticamente significativo

Se encuentra una relación estadísticamente significativa del volumen corneal con K1 y K2 del cara anterior y posterior. La relación es más fuerte se encuentra en la cara posterior con K1 ( $p < 0,001$ ) y con K2 ( $p < 0,001$ ) (Tabla 113).

Con las K1 y K2 de la cara anterior la relación es positiva y con la K1 y K2 de la cara posterior negativa.

El parámetro con el que hay mayor variación es la K2 posterior. Por cada D que aumenta la K2, el volumen corneal se reduce  $2,11\text{mm}^3$ .

**PROFUNDIDAD DE CÁMARA ANTERIOR (CA)**

Tabla 115.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre la profundidad CA.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K1 anterior	0,03 [0,02; 0,04]	<0,001*
K2 anterior	0,03 [0,02; 0,04]	<0,001*
K máxima	0,006 [-1,78e-04 ; 0,01]	0,060
Valor absoluto de la Q anterior	-0,07 [-0,11 ; -0,02]	0,001*
K1 posterior	-0,15 [-0,18; -0,11]	<0,001*
K2 posterior	-0,16 [-0,19; -0,12]	<0,001*
Valor absoluto de la Q posterior	0,04 [-0,01; 0,10]	0,170

\*Estadísticamente significativo

Se encuentra una relación estadísticamente significativa de la profundidad de CA con K1, K2 y Q cara anterior y de la cara posterior con K1, K2. La relación es más fuerte en la cara anterior con la K1 ( $p < 0,001$ ) y K2 ( $p < 0,001$ ) y en la cara posterior con K1 ( $p < 0,001$ ) y con la K2 ( $p < 0,001$ ) (.).

Tabla 14).

Con la K1 y K2 de la cara anterior la relación es positiva y con la Q de la cara anterior, K1 y K2 de la cara posterior negativa.

El parámetro con el que hay mayor variación es la K2 posterior. Por cada D que aumenta la K2, la paquimetría reduce su valor 0,16mm.

**VOLUMEN DE LA CÁMARA ANTERIOR (CA)**

Tabla 116.- Resumen del modelo lineal mixto del efecto de los parámetros topográficos sobre el volumen de la CA.

Variable	Estimación [I.C.95%]	p-valor
K1 anterior	0,48 [-0,46; 1,43]	0,320
K2 anterior	-0,43 [-1,84; 0,96]	0,550
K máxima	-0,87 [-1,65; -0,10]	0,029*
Valor absoluto de la Q anterior	-4,30 [-9,13; 0,52]	0,085
K1 posterior	1,23 [-2,63; 5,09]	0,530
K2 posterior	-1,97 [-6,19; 2,25]	0,360
Valor absoluto de la Q posterior	1,86 [-5,45; 9,18]	0,620

\*Estadísticamente significativo

El volumen de la CA se relaciona de manera estadísticamente significativa con K máxima ( $p=0,029$ ). Por cada D que aumenta K máxima el volumen de la CA reduce su valor  $0,87\text{mm}^3$  (Tabla 116).

## 5.4 EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS POR GRUPOS

En las siguientes tablas, se ha calculado la mediana para resumir los parámetros en cada momento del seguimiento por grupo (según el número de ICRS implantados, la  $K_{\text{máxima}}$ , asfericidad (Q) y el grado de ectasia).

La significatividad del test se muestra en la última columna.

### 5.4.1 EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS SEGÚN EL NÚMERO DE ICRS IMPLANTADOS

En este apartado se dividen los pacientes en dos grupos, según lleven implantado un único ICRS o dos ICRS. A continuación, se encuentran tablas con el análisis descriptivo de los parámetros refractivos, topográficos, aberrométrico, morfológicos y biomecánicos de ambos grupos. En la Tabla 117 se muestran los parámetros que se han evaluado. No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguno de los parámetros.

Tabla 117.-Parámetros evaluados en el apartado 5.4.1.

PARÁMETROS			
Refractivos	Topográficos	Aberrométricos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avcc</li> <li>• Esfera</li> <li>• Cilindro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• K máxima</li> <li>• Q</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1</li> <li>• K2</li> <li>• Q</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberración esférica</li> <li>• Aberración comática: horizontal, vertical y RMS</li> <li>• Trefoil: 1, 2, RMS</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberración esférica</li> <li>• Aberración comática: horizontal, vertical y RMS</li> <li>• Trefoil: 1, 2, RMS</li> </ul> </li> </ul>	
	Morfológicos	Biomecánicos	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paquimetría corneal mínima</li> <li>• Volumen corneal</li> <li>• Profundidad de CA</li> <li>• Volumen de la CA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CH</li> <li>• CRF</li> <li>• PIOcc</li> </ul>	

A continuación, se encuentran tablas con el análisis descriptivo de los parámetros refractivos, topográficos, aberrométrico, morfológicos y biomecánicos de ambos grupos.

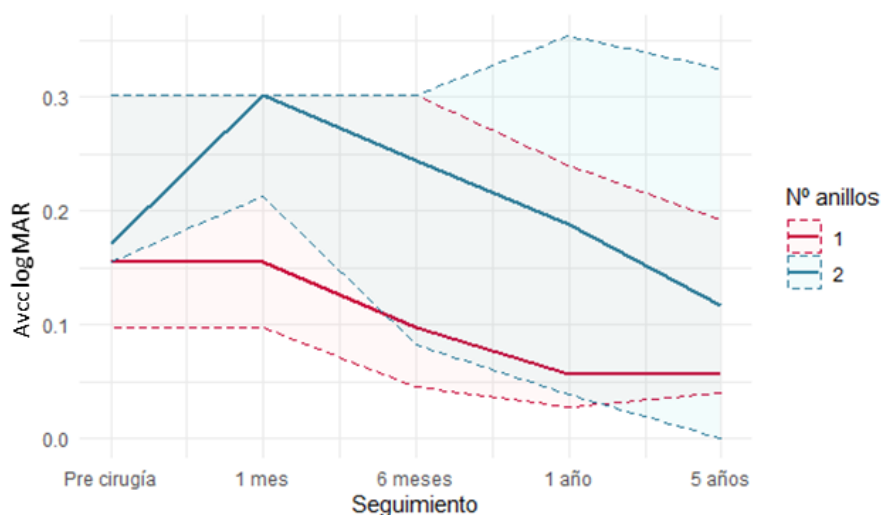
## 5.4.1.1 PARÁMETROS REFRACTIVOS

## EVOLUCIÓN AGUDEZA VISUAL CON CORRECCIÓN (AVcc)

Tabla 118.- Resumen descriptivo de la AVcc logMAR de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( LogMAR)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	0,15 (0,09; 0,30)	0,17 (0,15; 0,30)	0,540
1 mes	0,15 (0,09; 0,30)	0,30 (0,21; 0,30)	0,380
6 meses	0,09 (0,04; 0,30)	0,24 (0,08; 0,30)	0,570
1 año	0,05 (0,02; 0,23)	0,18 (0,03; 0,35)	0,650
5 años	0,05 (0,03; 0,19)	0,11 (0,00; 0,32)	0,910

Gráfico 35.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la AVcc logMAR de los pacientes según el número de ICRS implantados.



Ambos grupos mejoran su AVcc a lo largo del periodo de seguimiento. (Gráfico 35).

En el grupo con un ICRS se observa un aumento progresivo de la AVcc durante el primer año, a partir de allí se mantiene estable. Al final del estudio es 0,09 unidades inferior al preoperatorio, un 64,12%.

En el grupo con dos ICRS se encuentra una disminución de la AVcc durante el primer mes, a partir de allí aumenta de manera progresiva, pero hasta la revisión de los cinco años no se muestran valores inferiores al preoperatorio. Al final del estudio la AVcc ha aumentado 0,055 unidades respecto al preoperatorio, mejorando un 31,10%.

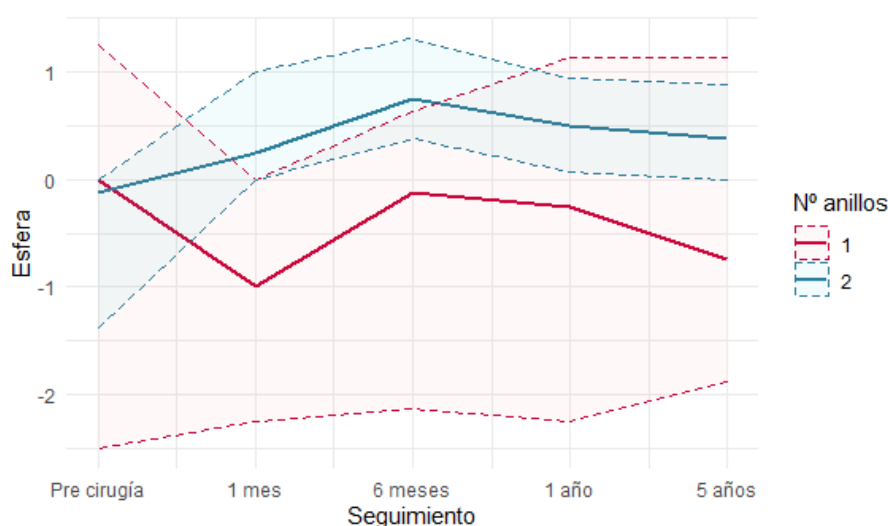
No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las vistas (Tabla 118).

## ESFERA

Tabla 119.- Resumen descriptivo de la esfera de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	0,00 (-2,50; 1,25)	-0,12 (-1,38; 0,00)	0,750
1 mes	-1,00 (-2,25; 0,00)	0,25 (0,00; 1,00)	0,100
6 meses	-0,12 (-2,12; 0,62)	0,75 (0,37; 1,31)	0,110
1 año	-0,25 (-2,25; 1,12)	0,50 (0,06; 0,93)	0,320
5 años	-0,75 (-1,88; 1,12)	0,37 (0,00; 0,87)	0,300

Gráfico 36.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la esfera de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En ambos grupos la mediana preoperatoria es muy próxima a 0,00D (Gráfico 36).

En el grupo con un ICRS la esfera se vuelve negativa gradualmente durante todo el estudio a excepción de la revisión de los seis meses, dónde se encuentra una recidiva. El mayor cambio se encuentra el primer mes. En la última revisión, la esfera es 0,75D más negativa que el preoperatorio.

En el grupo de dos ICRS el valor preoperatorio es negativo, se positiviza durante los 6 primeros meses 0,87D y en las siguientes revisiones se observa una recidiva, la esfera vuelve a reducir su valor positivo. En la revisión de los cinco años es 0,50D más positiva que antes de haber introducido los ICRS.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 119).

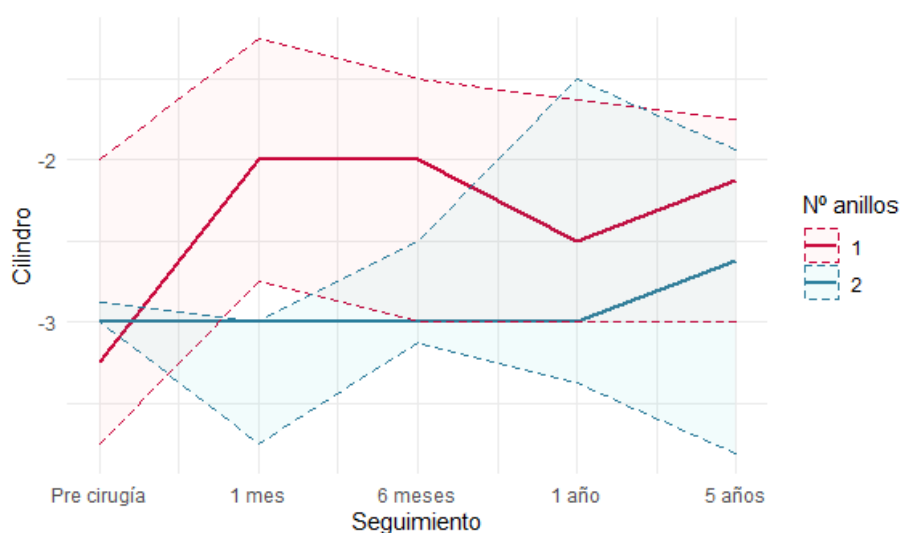
## CILINDRO

Tabla 120.- Resumen descriptivo del cilindro de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	<b>Nº ICRS: 1</b> <b>n=18 (69,2%)</b>	<b>Nº ICRS 2</b> <b>n=8 (30,8%)</b>	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-3,25 (-3,75; -2,00)	-3,00 (-3,00; -2,88)	0,840
<b>1 mes</b>	-2,00 (-2,70; -1,25)	-3,00 (-3,75; -3,00)	0,028*
<b>6 meses</b>	-2,00 (-3,00; -1,50)	-3,00 (-3,12; -2,50)	0,340
<b>1 año</b>	-2,50 (-3,00; -1,62)	-3,00 (-3,38; -1,50)	0,490
<b>5 años</b>	-2,12 (-3,00; -1,75)	-2,62 (-3,81; -1,94)	0,520

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 37.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del cilindro de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En ambos grupos se encuentra una reducción del cilindro, siendo mayor la disminución en el grupo de un ICRS, de 1,13D, un 34,76% del valor inicial. Este grupo ha obtenido su mayor cambio durante el primer mes de estudio, a partir de allí mantiene estable (Gráfico 37).

Los pacientes con dos ICRS en cambio, durante el primer año se mantiene estable. A los cinco años se observa una reducción de la mediana, al final del estudio es 0,38D menor que el preoperatorio, el 12,66%.

Al comparar los dos grupos se observa una diferencia estadísticamente significativa el primer mes de estudio ( $p=0,028$ ) (Tabla 120).

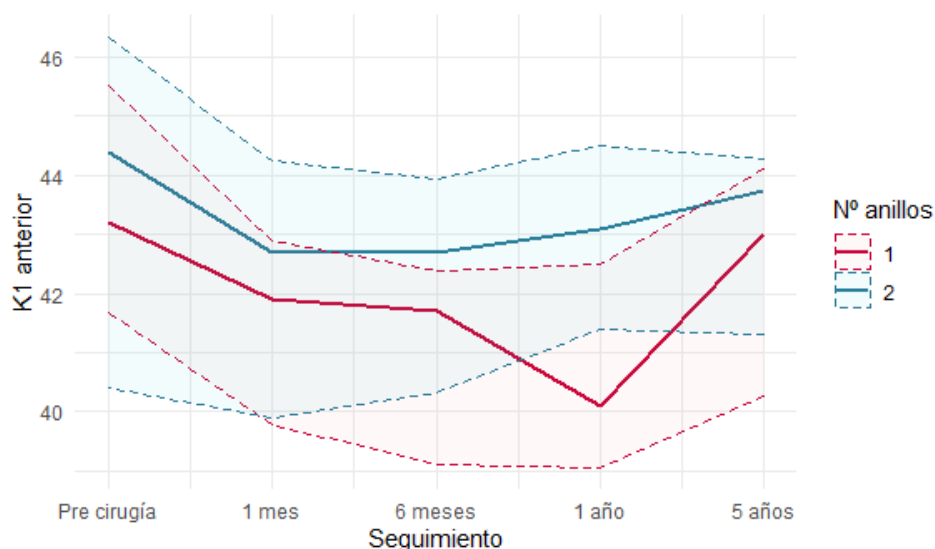
## 5.4.1.2 PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS

**QUERATOMETRÍA 1 (K1) DE LA CARA ANTERIOR**

Tabla 121.- Resumen descriptivo de la K1 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	<b>Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)</b>	<b>Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)</b>	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	43,20 (41,70; 45,50)	44,40 (40,40; 46,40)	0,830
<b>1 mes</b>	41,90 (39,80; 42,90)	42,70 (39,90; 44,20)	0,600
<b>6 meses</b>	41,70 (39,10; 42,40)	42,70 (40,30; 44,00)	0,520
<b>1 año</b>	40,10 (39,00; 42,50)	43,10 (41,40; 44,50)	0,110
<b>5 años</b>	43,00 (40,30; 44,10)	43,80 (41,30; 44,30)	0,600

Gráfico 38.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



Al inicio del estudio la mediana de la K1 anterior es superior en pacientes con dos ICRS, pero sin llegar a ser estadísticamente significativo ( $p=0,830$ ). Se observa trayectoria similar en ambos grupos, se encuentra una reducción del valor al inicio del estudio, pero luego aparece recidiva. La regresión en el primer grupo se observa en la revisión de los cinco años, mientras que en el segundo grupo aparece antes, en la revisión del primer año (Gráfico 38).

En el último examen en el grupo de un único ICRS la mediana de la K1 anterior se ha reducido 0,20D respecto al preoperatorio, un 0,46% y en el grupo de dos ICRS 0,60D, el 1,35%.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las revisiones (Tabla 121).

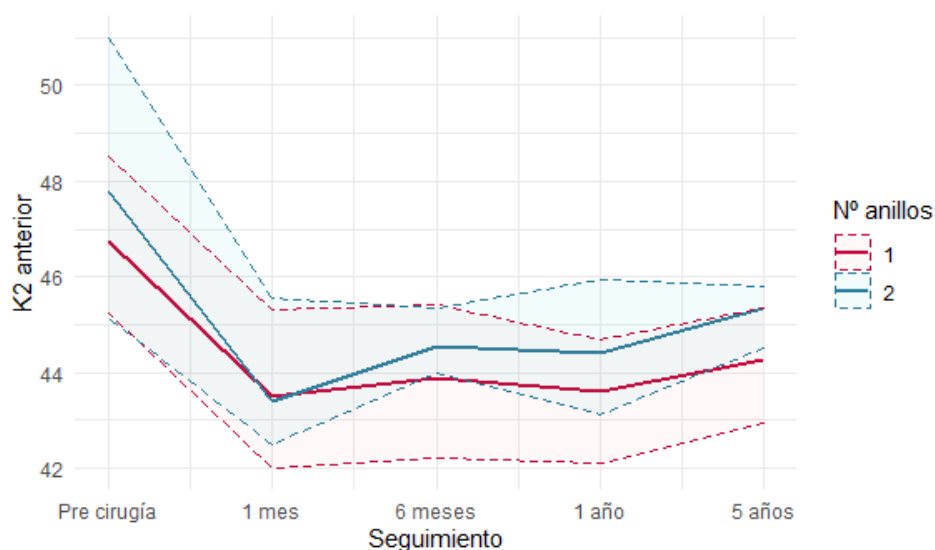


## QUERATOMETRÍA 2 (K2) DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 122.- Resumen descriptivo de la K2 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Preo	46,80 (45,20; 48,50)	47,80 (45,10; 51,00)	0,570
1 mes	43,50 (42,00; 45,30)	43,40 (42,50; 45,60)	0,950
6 meses	43,90 (42,20; 45,40)	44,50 (44,00; 45,30)	0,960
1 año	43,60 (42,10; 44,70)	44,40 (43,10; 46,00)	0,510
5 años	44,20 (42,90; 45,40)	45,40 (44,50; 45,80)	0,670

Gráfico 39.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En ambos grupos se ha visto reducido el K2 de manera muy similar, en los pacientes a los que se les implanto un único ICRS, 2,60D y en los que llevaban dos, 2,40D, lo cual corresponde a un 5,55% y un 5,02% de su valor preoperatorio (Gráfico 39).

En grupo con un ICRS, disminuye su valor hasta el primer año 3,20D, pero en revisión de los cinco años después de haber introducido los ICRS, se observa que ha vuelto a aumentar 0,60D.

En los pacientes con dos ICRS se observa una trayectoria parecida, pero la recidiva aparece antes, a los seis meses. Durante el primer mes de haber introducido los ICRS se encuentra una disminución de 4,40D, al sexto mes ya ha aumentado 1,10D respecto a esa reducción inicial y a los cinco años de 1,10D más.

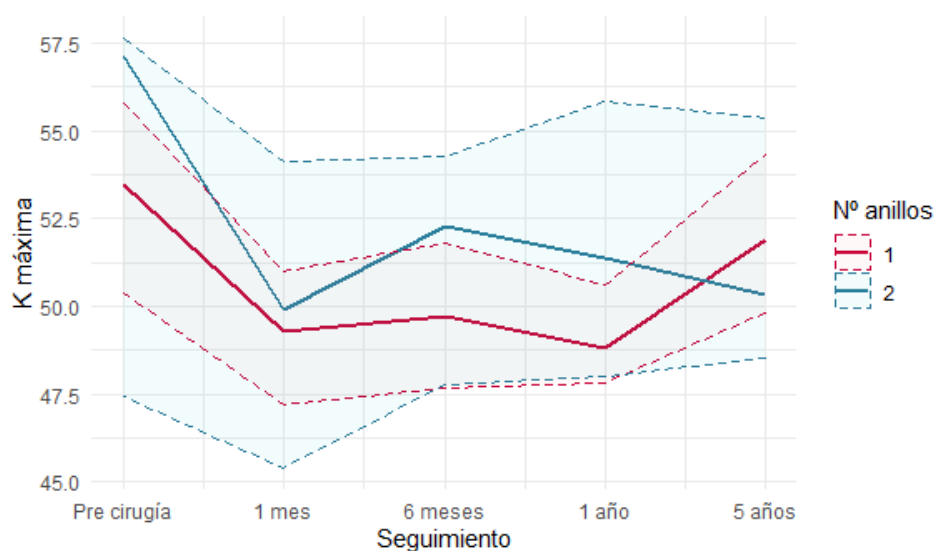
No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 122).

**QUERATOMETRÍA MÁXIMA (K máxima) DE LA CARA ANTERIOR**

Tabla 123.- Resumen descriptivo de la K máxima de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	<b>Nº ICRS: 1</b> <b>n=18 (69,2%)</b>	<b>Nº ICRS: 2</b> <b>n=8 (30,8%)</b>	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	53,50 (50,40; 55,80)	57,10 (47,50; 57,60)	0,880
<b>1 mes</b>	49,30 (47,20; 51)	49,90 (45,40; 54,20)	1,000
<b>6 meses</b>	49,70 (47,70; 51,80)	52,30 (47,80; 54,30)	0,580
<b>1 año</b>	48,80 (47,80; 50,60)	51,40 (48,00; 55,80)	0,480
<b>5 años</b>	51,90 (49,80; 54,30)	50,40 (48,50; 55,40)	0,830

Gráfico 40.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K máxima de los pacientes según el número de ICRS implantados.



La K máxima se reduce en ambos grupos, el primero 1,60D y en el segundo 6,70D respecto al preoperatorio, un 3,30% y un 3,51% del valor inicial (Gráfico 40).

En el grupo con un ICRS durante el primer año el valor de la K máxima se reduce 4,70D, pero en la revisión de los cinco años se observa una recidiva de 3,10D.

En el grupo con dos ICRS el valor de la K máxima se reduce progresivamente durante todo el estudio.

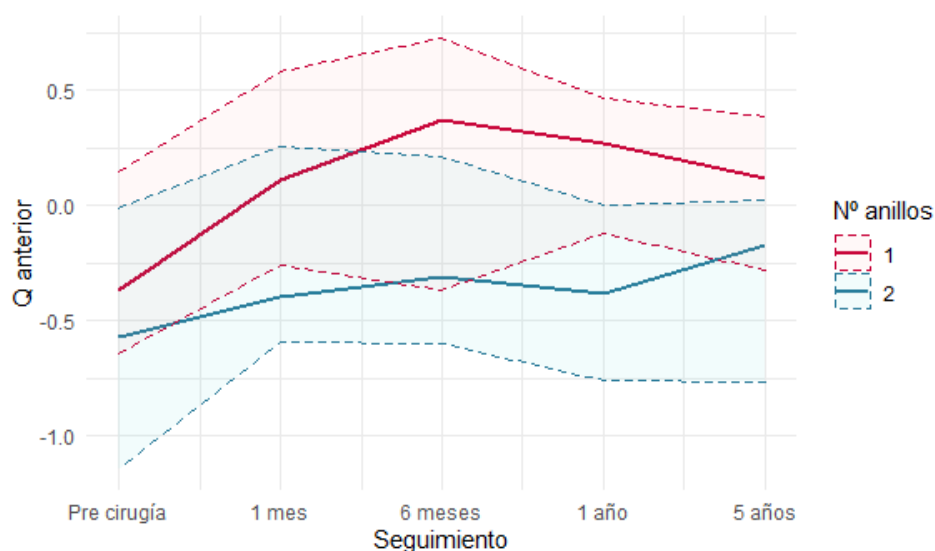
No hay diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los casos (Tabla 123).

### ASFERICIDAD (Q) DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 124.- Resumen descriptivo de la Q anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	-0,37 (-0,64; 0,14)	-0,57 (-1,14; -0,01)	0,460
1 mes	0,11 (-0,26; 0,58)	-0,40 (-0,59; 0,25)	0,400
6 meses	0,37 (-0,37; 0,73)	-0,31 (-0,60; 0,21)	0,290
1 año	0,27 (-0,12; 0,46)	-0,38 (-0,76; 0,00)	0,078
5 años	0,12 (-0,28; 0,38)	-0,17 (-0,77; 0,02)	0,250

Gráfico 41.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



El valor de Q preoperatorio es mayor en los pacientes con dos ICRS, pero sin llegar a ser estadísticamente significativa ( $p=0,460$ ). En ambos grupos la mediana preoperatoria es negativa y durante el estudio no se encuentra con una positivación, en el grupo con un ICRS de 0,49 unidades y en el grupo con dos ICRS 0,39. A final del estudio debido a ese cambio mientras que los pacientes con dos ICRS se mantienen en valores negativos los pacientes con 1 solo ICRS pasan a tener una mediana positiva (Gráfico 41).

La mediana de los pacientes con un único ICRS fluctúa bastante durante el estudio, el mayor cambio se observa durante los seis primeros meses, donde el valor se positiviza 0,74. En las siguientes revisiones disminuye el valor positivo, pero sin llegar al valor preoperatorio.

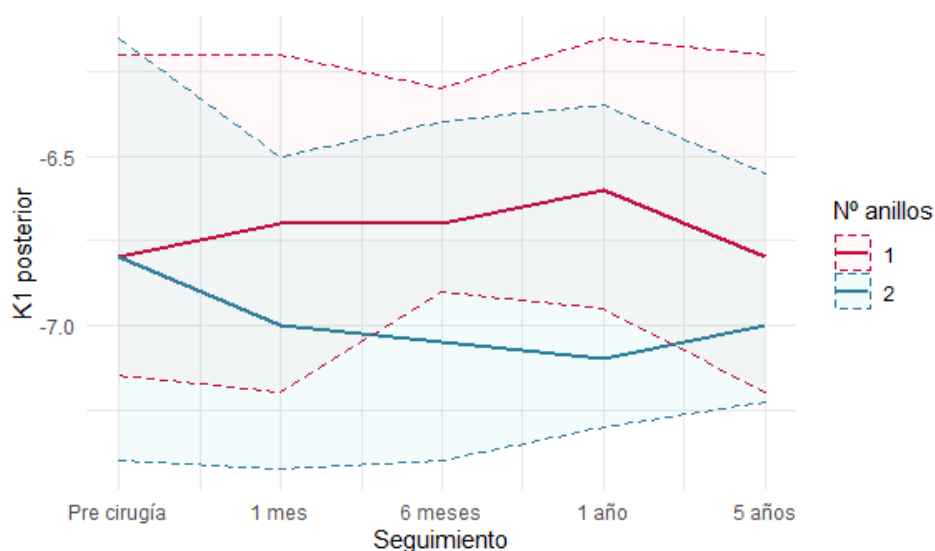
En el grupo de dos ICRS, el valor de Q disminuye de manera progresiva durante todo el estudio. No hay diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las revisiones al comparar los dos grupos, aunque sí que se puede observar una tendencia hacia la significancia en el examen del primer ( $p=0,078$ ) (Tabla 124).

**QUERATOMETRÍA 1 (K1) DE LA CARA POSTERIOR**

Tabla 125.- Resumen descriptivo de la K1 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	<b>Nº ICRS: 1</b> <b>n=18 (69,2%)</b>	<b>Nº ICRS: 2</b> <b>n=8 (30,8%)</b>	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-6,80 (-7,15; -6,20)	-6,80 (-7,40; -6,15)	0,950
<b>1 mes</b>	-6,70 (-7,20; -6,20)	-7,00 (-7,43; -6,50)	0,600
<b>6 meses</b>	-6,70 (-6,90; -6,30)	-7,05 (-7,40; -6,40)	0,610
<b>1 año</b>	-6,60 (-6,95; -6,15)	-7,10 (-7,30; -6,35)	0,460
<b>5 años</b>	-6,80 (-7,20; -6,20)	-7,00 (-7,23; -6,55)	0,500

Gráfico 42.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



Al inicio del estudio en ambos grupos cuentan los valores de la mediana similares y los dos se mantienen bastante estables durante los cinco años (Gráfico 42).

En los pacientes con un ICRS el mayor cambio observado es de 0,20D el primer año, pero al final del estudio la K1 posterior es igual a la preoperatoria.

Los pacientes a los que se les han implantado dos ICRS, en valor de K1 aumenta 0,20D el primer mes después de haber introducido los segmentos y en las revisiones siguientes se mantiene estable. Al final del estudio la mediana es un 2,94% superior al preoperatorio, 0,20D.

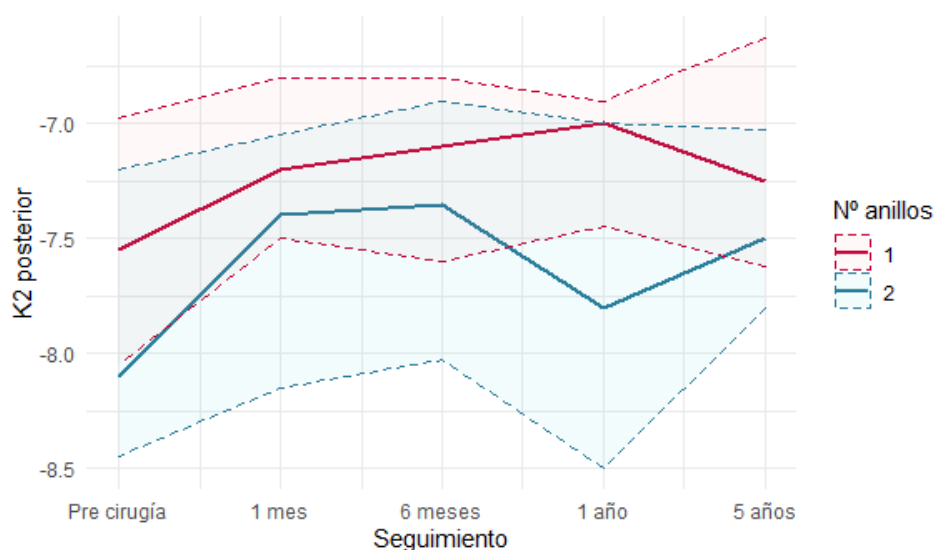
No hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos en ninguno de los exámenes (Tabla 125).

## QUERATOMETRÍA 2 (K2) DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 126.- Resumen descriptivo de la K2 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	-7,55 (-8,05; -6,98)	-8,10 (-8,45; -7,20)	0,520
1 mes	-7,20 (-7,50; -6,80)	-7,40 (-8,15; -7,05)	0,620
6 meses	-7,10 (-7,60; -6,80)	-7,35 (-8,02; -6,90)	0,550
1 año	-7,00 (-7,45; -6,90)	-7,80 (-8,50; -7,00)	0,360
5 años	-7,25 (-7,62; -6,62)	-7,50 (-7,80; -7,02)	0,530

Gráfico 43.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



El valor de la mediana preoperatoria es 0,55D inferior en los pacientes con un ICRS respecto al grupo con dos ICRS (Gráfico 43).

El primer grupo ve reducido su valor gradualmente durante el primer año, un total de 0,55D, pero con una pequeña recidiva en la revisión de los cinco años, de 0,35D. Al final del estudio su valor se es 0,30D inferior al preoperatorio, un 3,97% de su valor inicial.

El segundo grupo se comporta de una manera muy similar, pero la recidiva se observa al año. En la revisión de los cinco años su valor se ha reducido 0,60D, un 7,40% respecto al valor preoperatorio.

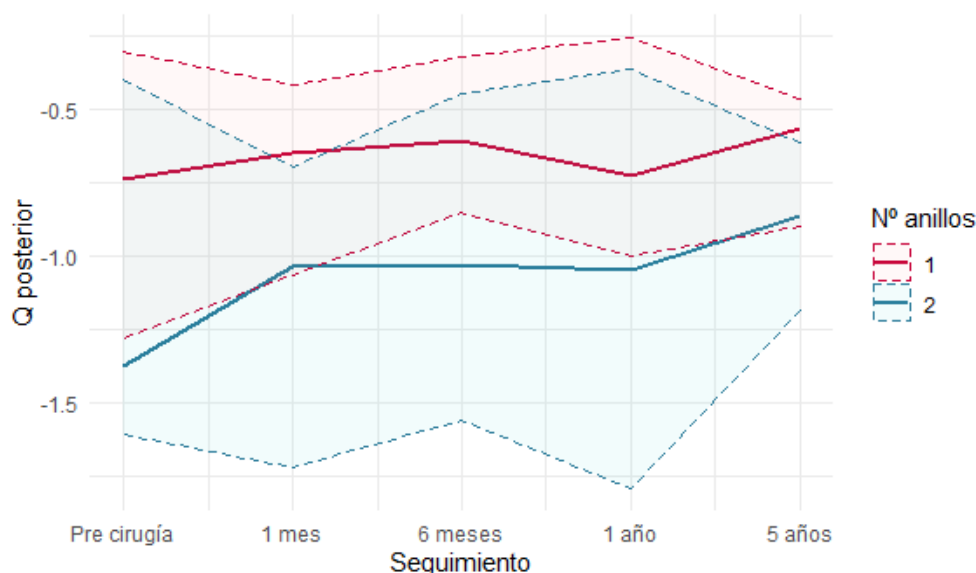
En ninguno de los casos hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos (Tabla 126).

### ASFERICIDAD DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 127.- Resumen descriptivo de la Q posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
	Mediana (1r. Q; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q; 3r. Q.)	p-valor
Pre	-0,74 (-1,28; -0,30)	-1,38 (-1,61; -0,40)	0,560
1 mes	-0,65 (-1,07; -0,42)	-1,04 (-1,72; -0,70)	0,320
6 meses	-0,61 (-0,85; -0,32)	-1,03 (-1,56; -0,45)	0,170
1 año	-0,73 (-1,00; -0,25)	-1,05 (-1,79; -0,36)	0,460
5 años	-0,56 (-0,90; -0,46)	-0,86 (-1,19; -0,61)	0,350

Gráfico 44.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



El valor Q posterior en los pacientes con un ICRS es 0,64 inferior al grupo con dos ICRS y es también el grupo que menor cambio. El valor de este parámetro disminuye de manera progresiva en los dos grupos. En los pacientes con un ICRS hasta el primer año, donde se encuentra una recidiva, pero en la revisión de los cinco años el valor ha vuelto a reducirse respecto a la revisión anterior. A los cinco años de haber introducido los ICRS la mediana es 0,175 inferior al preoperatorio, un 23,64% (Gráfico 44).

En el grupo con dos ICRS la positividad es progresiva durante todo el estudio y el mayor cambio ocurre durante los 6 primeros meses. A los cinco años de haber introducido los ICRS la mediana es 0,52 más positivo que el preoperatorio, un 37,31%.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos (Tabla 127).

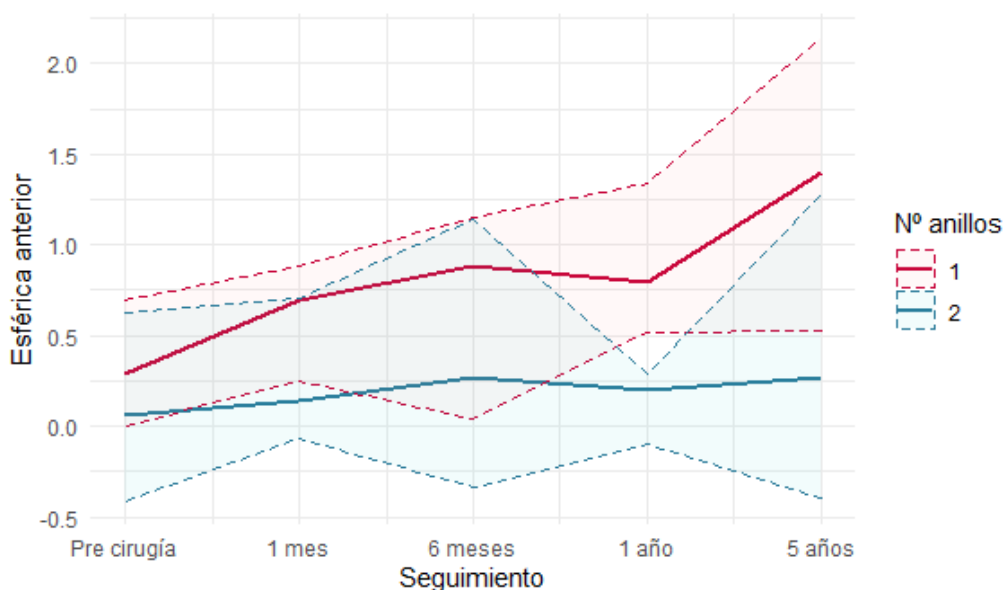
## 5.4.1.3 PARÁMETROS ABERROMÉTRICOS

## ABERRACIÓN ESFÉRICA DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 128.- Resumen descriptivo de la aberración esférica anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS 2 n=8 (30,8%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	0,286 (0,005; 0,700)	0,065 (-0,415; 0,626)	0,540
1 mes	0,695 (0,249; 0,881)	0,141 (-0,067; 0,707)	0,720
6 meses	0,888 (0,043; 1,150)	0,268 (-0,335; 1,140)	0,550
1 año	0,796 (0,513; 1,340)	0,203 (-0,092; 0,291)	0,130
5 años	1,400 (0,525; 2,140)	0,273 (-0,392; 1,280)	0,490

Gráfico 45.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



Al evaluar la aberración esférica se encuentran valores preoperatorios superiores en el grupo con un ICRS,  $0,221\mu\text{m}$ . En ambos grupos se observa un aumento de su valor al final del estudio con una pequeña recidiva en la revisión del año, siendo mayores los cambios en el grupo de un ICRS. Al final del estudio este grupo ha aumentado su valor  $1,114\mu\text{m}$  y el de dos ICRS  $0,208\mu\text{m}$ , un  $389,50\%$  y  $320,00\%$  respectivamente (Gráfico 45).

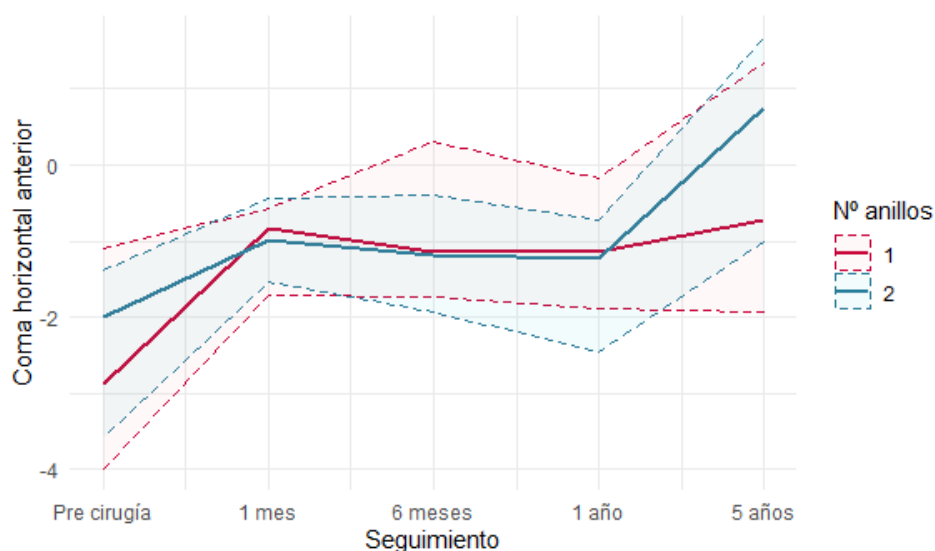
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos (Tabla 128).

### ABERRACIÓN COMÁTICA VERTICAL DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 129.- Resumen descriptivo del coma horizontal anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS 2 n=8 (30,8%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-2,880 (-4,000; -1,100)	-1,990 (-3,580; -1,390)	0,930
<b>1 mes</b>	-0,824 (-1,710; -0,568)	-0,988 (-1,540; -0,445)	0,820
<b>6 meses</b>	-1,140 (-1,730; 0,306)	-1,180 (-1,920; -0,389)	0,480
<b>1 año</b>	-1,140 (-1,880; -0,165)	-1,230 (-2,450; -0,732)	0,540
<b>5 años</b>	-0,729 (-1,940; 1,340)	0,744 (-1,010; 1,670)	0,430

Gráfico 46.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En ambos grupos se observa una positividad de este parámetro, los dos lo hacen de manera progresiva, con una recidiva a los seis meses (Gráfico 46).

En el grupo con un ICRS el valor del coma horizontal anterior disminuye su valor negativo sobre todo el primer mes, 2,080 $\mu\text{m}$ . A los cinco años la mediana es 2,151 $\mu\text{m}$  inferior al preoperatorio, un 74,68%.

En el grupo con dos ICRS el parámetro empieza teniendo un valor preoperatorio negativo y al final del estudio es positivo, el coma horizontal en este caso se positiviza 2,928 $\mu\text{m}$ , un 147,13%. En este grupo el mayor cambio lo se obtiene en la revisión de los cinco años, 1,974 $\mu\text{m}$ .

No hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos (Tabla 129).

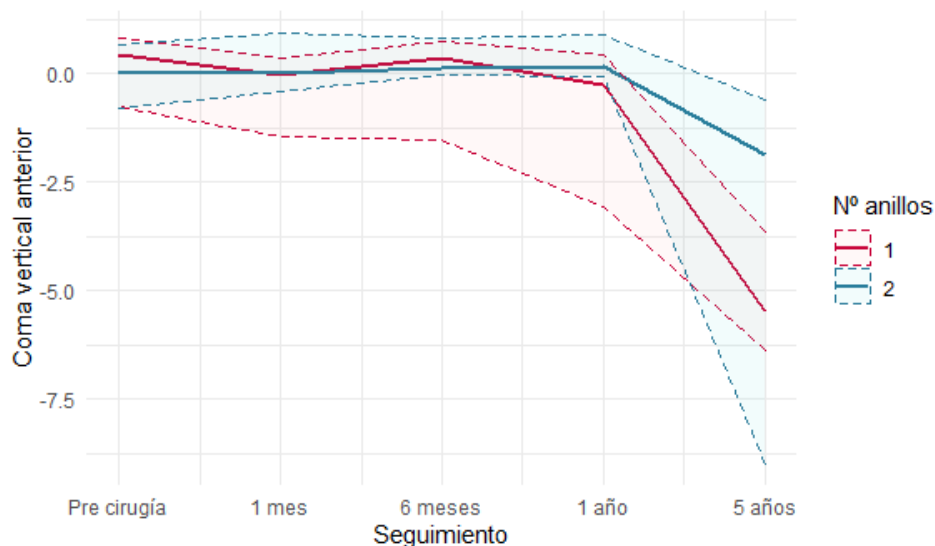


### ABERRACIÓN COMÁTICA HORIZONTAL DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 130.- Resumen descriptivo del coma vertical anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,444 (-0,757; 0,817)	0,052 (-0,823; 0,654)	0,610
<b>1 mes</b>	-0,031 (-1,470; 0,331)	-0,012 (-0,411; 0,938)	0,620
<b>6 meses</b>	0,365 (-1,520; 0,729)	0,118 (-0,048; 0,796)	0,840
<b>1 año</b>	-0,258 (-3,080; 0,425)	0,158 (-0,080; 0,904)	0,390
<b>5 años</b>	-5,500 (-6,370; -3,640)	-1,880 (-9,000; -0,593)	0,370

Gráfico 47.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En los dos grupos se observa que el valor preoperatorio positivo ha cambiado su signo a negativo y ha aumentado su valor a los cinco años de haber introducido los ICRS. Se encuentran fluctuaciones durante todo el estudio, pero a los cinco años el valor del coma vertical se ha vuelto 5,944 $\mu\text{m}$  más negativo en el grupo de un solo ICRS, y 1,932 $\mu\text{m}$  en el de dos ICRS (Gráfico 47).

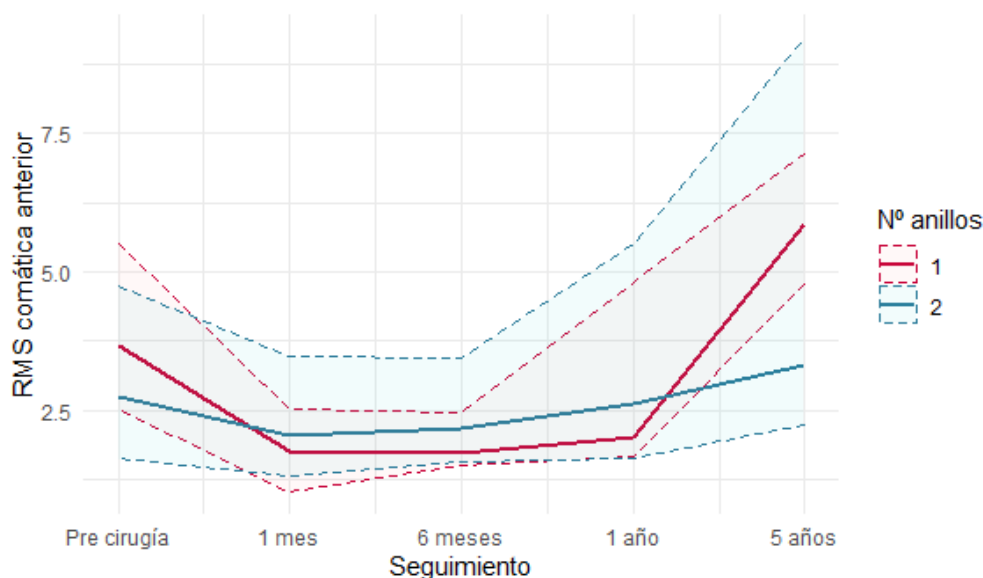
No hay diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos (Tabla 130).

### RMS COMÁTICA DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 131.- Resumen descriptivo de la RMS comática anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	3,660 (2,510; 5,510)	2,750 (1,620; 4,740)	0,450
<b>1 mes</b>	1,760 (1,030; 2,530)	2,060 (1,300; 3,460)	0,370
<b>6 meses</b>	1,730 (1,520; 2,460)	2,160 (1,550; 3,430)	0,700
<b>1 año</b>	2,010 (1,660; 4,800)	2,630 (1,640; 5,510)	0,850
<b>5 años</b>	5,850 (4,790; 7,120)	3,320 (2,230; 9,240)	0,510

Gráfico 48.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS comática anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



LA RMS comática aumenta en los dos grupos, pero en ambos se observa una disminución inicial de la mediana de esta aberración, en el grupo con un ICRS hasta el sexto mes y en el de dos ICRS hasta el primer mes de estudio. En las revisiones posteriores el valor aumenta, aunque en ambos casos hasta la última revisión no se obtienen valores superiores al preoperatorio (Gráfico 48).

Al final del estudio el grupo con un ICRS tiene un valor 2,190 $\mu\text{m}$  superior al preoperatorio, un 59,83% y el grupo con dos ICRS 0,570 $\mu\text{m}$ , 20,72%.

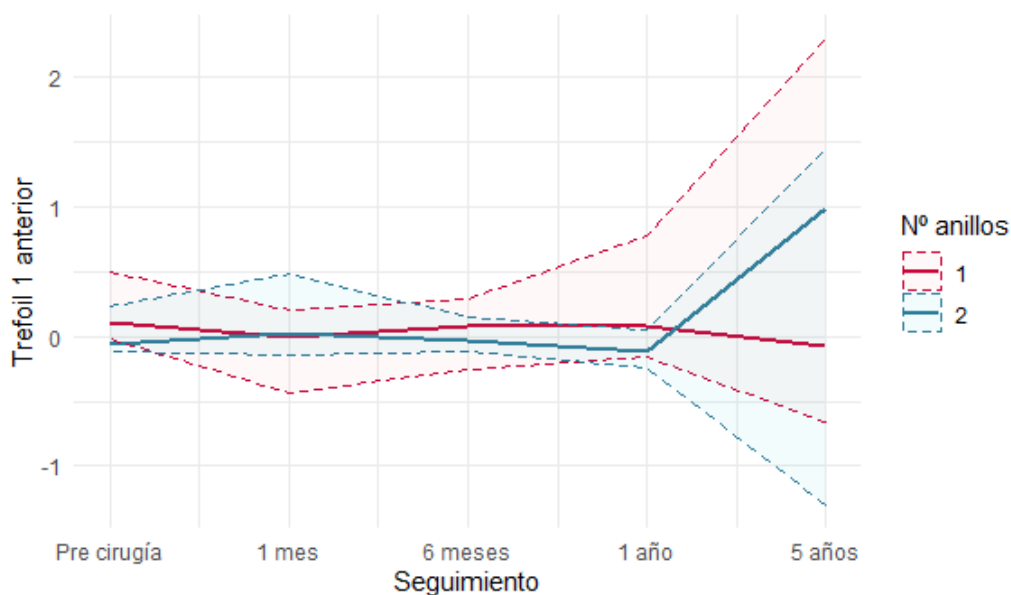
No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 131).

### TREFOIL 1 DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 132.- Resumen descriptivo del trefoil 1 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS 2 n=8 (30,8%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	0,102 (-0,023; 0,495)	-0,062 (-0,114; 0,228)	0,690
1 mes	-0,004 (-0,441; 0,206)	0,028 (-0,145; 0,483)	0,580
6 meses	0,077 (-0,251; 0,287)	-0,026 (-0,118; 0,150)	0,840
1 año	0,078 (-0,158; 0,772)	-0,123 (-0,237; 0,056)	0,290
5 años	-0,067 (-0,663; 2,300)	0,986 (-1,300; 1,440)	0,490

Gráfico 49.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En el grupo con un ICRS en valor del trefoil 1 fluctúa durante todo el estudio y a los cinco años se observa que el valor preoperatorio positivo ha pasado a ser negativo. La diferencia entre ambos es de  $0,169\mu\text{m}$ , un 166,17% del valor inicial (Gráfico 49).

En los pacientes a los que se les ha implantado dos ICRS el valor de este parámetro también fluctúa y al final del estudio la mediana ha pasado de ser negativa en el preoperatorio a positiva y de mayor valor en la última revisión, el cambio es de  $1,048\mu\text{m}$ .

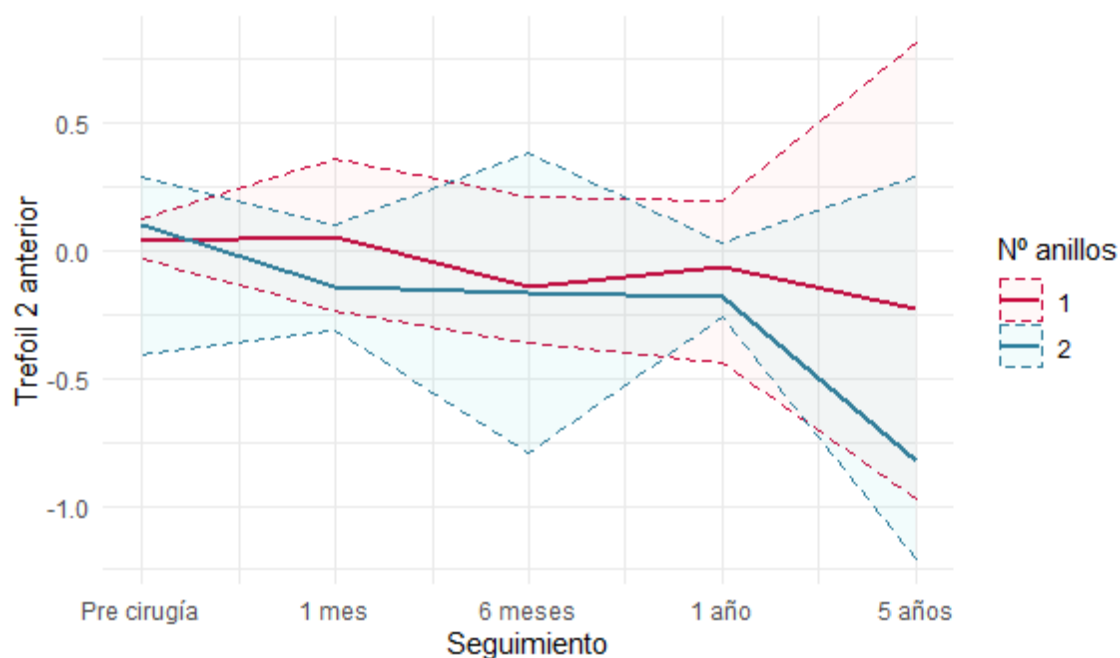
No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 132).

**TREFOIL 2 DE LA CARA ANTERIOR**

Tabla 133.- Resumen descriptivo del trefoil 2 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	0,039 (-0,034; 0,122)	0,103 (-0,406; 0,291)	0,830
1 mes	0,055 (-0,240; 0,357)	-0,141 (-0,318; 0,096)	0,400
6 meses	-0,140 (-0,360; 0,214)	-0,166 (-0,796; 0,385)	0,980
1 año	-0,064 (-0,438; 0,195)	-0,180 (-0,257; 0,030)	0,910
5 años	-0,226 (-0,974; 0,815)	-0,822 (-1,210; 0,287)	0,510

Gráfico 50.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



La mediana preoperatoria de los pacientes con un ICRS es  $0,063\mu\text{m}$  inferior a que llevan dos. En ambos grupos se observa que pasan de valores preoperatoriamente positivos a negativos al final del estudio, el cambio más grande se encuentra en el grupo con dos ICRS (Gráfico 50).

El grupo de un ICRS comienza con una mediana con signo negativo muy cercano a 0. El valor fluctúa durante el estudio y a los cinco años la diferencia con el preoperatorio es de  $0,265\mu\text{m}$ .

En los pacientes con dos ICRS el valor de la aberración se negativiza de manera progresiva, hasta un total de  $0,925\mu\text{m}$  en la última revisión respecto al preoperatorio.

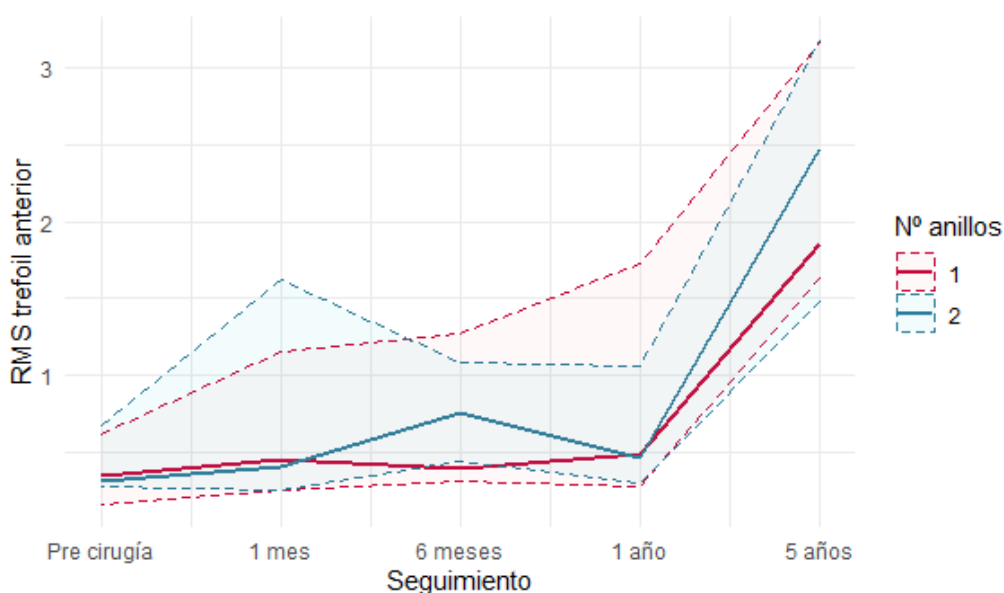
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos (Tabla 133).

### RMS TREFOIL DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 134.- Resumen descriptivo de la RMS trefoil anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	0,341 (0,155; 0,609)	0,312 (0,268; 0,667)	0,650
1 mes	0,443 (0,249; 1,160)	0,404 (0,244; 1,630)	0,980
6 meses	0,390 (0,304; 1,270)	0,751 (0,440; 1,080)	0,310
1 año	0,484 (0,277; 1,720)	0,461 (0,296; 1,060)	0,790
5 años	1,850 (1,630; 3,170)	2,480 (1,480; 3,180)	0,860

Gráfico 51.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS trefoil anterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



La RMS del trefoil aumenta de manera progresiva en ambos grupos durante todo el estudio, si bien se puede observar una recidiva en los pacientes con un ICRS a los seis meses y en el grupo con dos ICRS en la revisión del año, para luego seguir aumentando (Gráfico 51).

Al final del estudio el grupo con un ICRS ha aumentado  $1,508\mu\text{m}$  y el grupo con dos ICRS  $2,185\mu\text{m}$ .

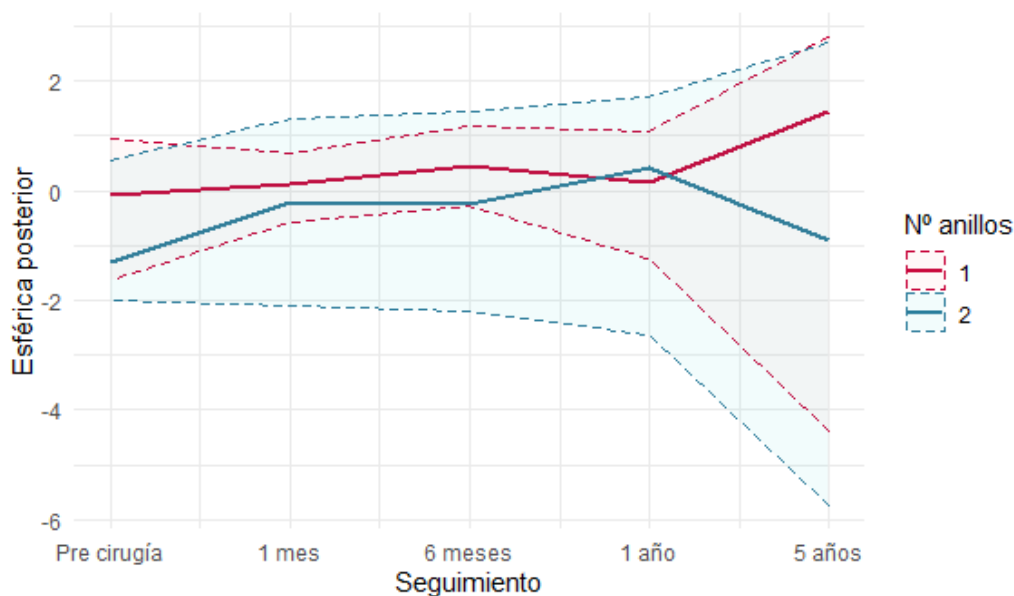
No hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos (Tabla 134).

### ABERRACIÓN ESFÉRICA DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 135.- Resumen descriptivo de la aberración esférica posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-0,062 (-1,630; 0,941)	-1,290 (-2,010; 0,554)	0,650
<b>1 mes</b>	0,131 (-0,574; 0,688)	-0,201 (-2,110; 1,310)	0,790
<b>6 meses</b>	0,445 (-0,293; 1,190)	-0,252 (-2,201; 1,440)	0,660
<b>1 año</b>	0,141 (-1,230; 1,070)	0,422 (-2,610; 1,710)	0,900
<b>5 años</b>	1,440 (-4,390; 2,810)	-0,905 (-5,740; 2,710)	0,620

Gráfico 52.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En el grupo con 1 solo ICRS el valor de la aberración esférica posterior se positiviza de manera progresiva durante todo el estudio salvo por recidiva en la revisión de un año. La mediana preoperatoria era positiva y cercana a cero, al final del estudio tiene signo negativo y un valor mayor, la diferencia es de  $1,502\mu\text{m}$  (Gráfico 52).

El grupo con dos ICRS hasta el primer año reduce su valor negativo, pero en la última revisión hay una recidiva y la mediana vuelve a negativizarse, aunque sin llegar a valores preoperatorios. Al comparar el preoperatorio con la revisión de los cinco años se encuentra una reducción de  $0,385\mu\text{m}$ , un 29,84%.

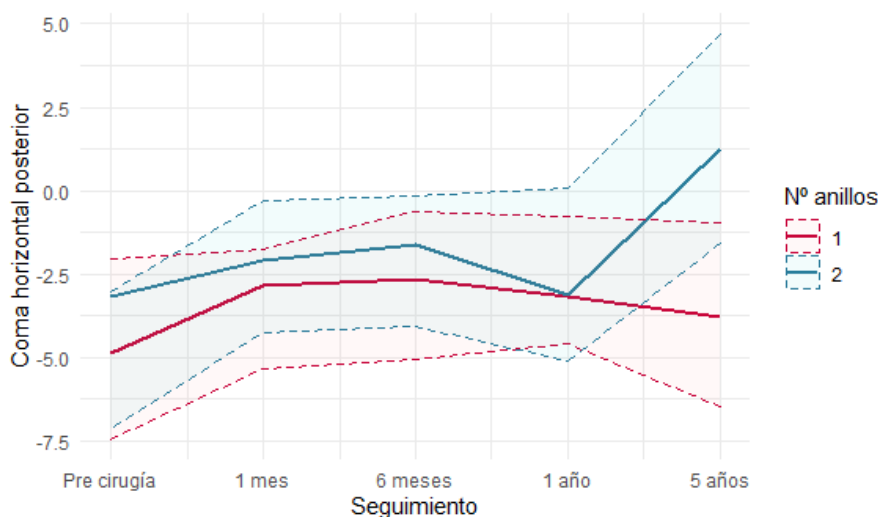
No hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 135).

### ABERRACIÓN COMÁTICA HORIZONTAL DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 136.- Resumen descriptivo del coma horizontal posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	-4,850 (-7,460; -2,060)	-3,150 (-7,120; -3,050)	1,00
1 mes	-2,830 (-5,304; -1,760)	-2,110 (-4,260; -0,291)	0,540
6 meses	-2,660 (-5,060; -0,645)	-1,630 (-4,050; -0,163)	0,870
1 año	-3,170 (-4,610; -0,763)	-3,140 (-5,100; 0,068)	0,870
5 años	-3,780 (-6,490; -0,948)	1,270 (-1,560; 4,700)	0,120

Gráfico 53.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En ambos grupos se encuentra una positivización del coma horizontal posterior, la mediana de los pacientes con un ICRS se mantiene durante todo el estudio en valores negativos, pero la de los pacientes con dos ICRS cambia a signo positivo (Gráfico 53).

El grupo con un ICRS al comparar el examen preoperatorio con el de cinco años después de la intervención se observa una reducción de  $1,070\mu\text{m}$ , un 22,06% de la mediana inicial. Al analizar las diferentes revisiones durante los 6 primeros meses hay reducción aún mayor que la de la última revisión, en este caso es de  $2,190\mu\text{m}$ , un 45,15%, en las dos siguientes revisiones hay una regresión y vuelve a aumentar, pero sin llegar a valores preoperatorios.

En el grupo con dos ICRS el valor de este parámetro se positiviza de manera progresiva todo el estudio, a excepción de una recidiva en la revisión de un año. A los cinco años se encuentra una mediana con valores positivos, la diferencia respecto al preoperatorio es de  $4,420\mu\text{m}$ , un 140,31%.

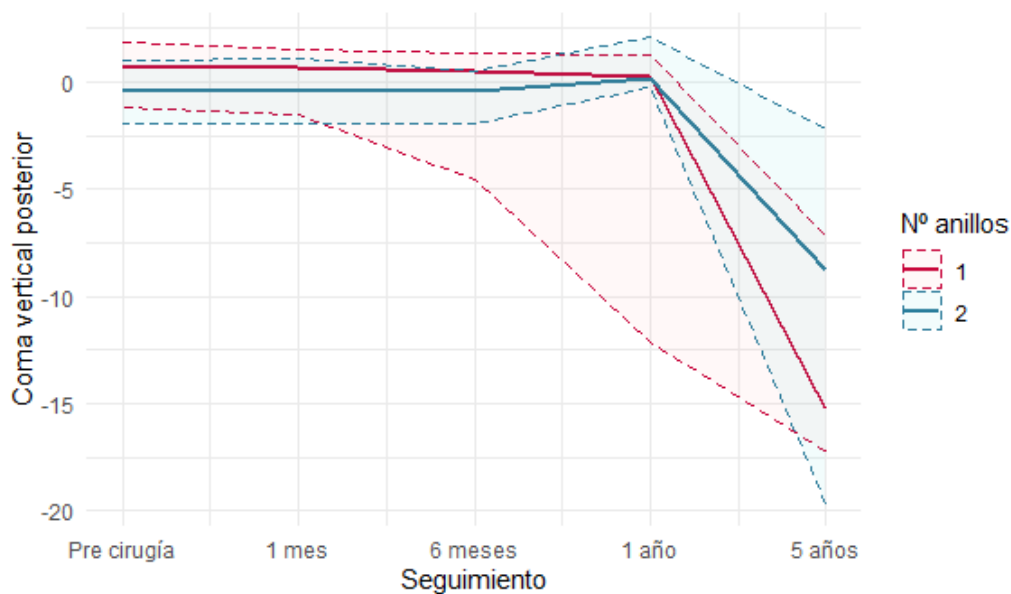
No hay diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos (Tabla 136).

### ABERRACIÓN COMÁTICA VERTICAL DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 137.- Resumen descriptivo del coma vertical posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,749 (-1,150; 1,810)	-0,312 (-1,960; 1,020)	0,490
<b>1 mes</b>	0,681 (-1,550; 1,490)	-0,439 (-1,910; 1,080)	0,700
<b>6 meses</b>	0,512 (-4,570; 1,300)	-0,390 (-1,980; 0,491)	0,430
<b>1 año</b>	0,269 (-12,100; 1,220)	0,198 (-0,261; 2,120)	0,730
<b>5 años</b>	-15,300 (-17,200; -7,130)	-8,740 (-19,600; -2,200)	0,430

Gráfico 54.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En ambos grupos se observa una negativización progresiva de este parámetro. Sobre todo, el grupo con un ICRS la diferencia entre la mediana preoperatoria y el último examen es de 16,049 $\mu\text{m}$  (Gráfico 54).

En el grupo con dos ICRS el valor de la mediana aumenta su valor negativo 8,428 $\mu\text{m}$ . En este grupo se observa una pequeña recidiva al año de la intervención, pero en la revisión de los cinco años el valor de coma vertical posterior ha vuelto a aumentar.

El mayor cambio en ambos grupos se encuentra en la revisión de los cinco años.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos (Tabla 137).

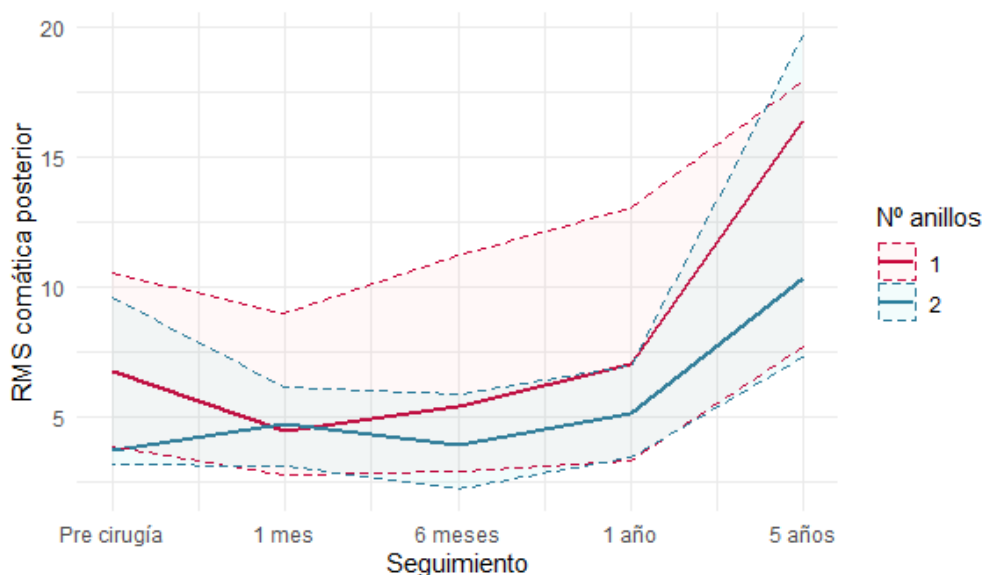


### RMS COMÁTICA DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 138.- Resumen descriptivo de la RMS comática posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
Pre	6,800 (3,870; 10,500)	3,710 (3,230; 9,610)	0,610
1 mes	4,500 (2,800; 9,00)	4,780 (3,100; 6,180)	0,930
6 meses	5,400 (2,930; 11,300)	3,950 (2,240; 5,870)	0,500
1 año	7,060 (3,350; 13,100)	5,140 (3,460; 6,940)	0,790
5 años	16,400 (7,720; 17,900)	10,300 (7,330; 19,700)	0,620

Gráfico 55.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS comática posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En ambos grupos se puede observar una reducción inicial de este parámetro, en los pacientes con un ICRS el primer mes, en los pacientes con dos ICRS hasta el sexto mes, pero en las siguientes revisiones el valor vuelve a aumentar hasta valores superiores al preoperatorio. En el grupo con un ICRS, a los cinco años es  $9,600\mu\text{m}$ , un 141,17%, superior al preoperatorio y en el grupo con dos ICRS, aumenta  $6,590\mu\text{m}$ , el 177,62% de valor inicial (Gráfico 55).

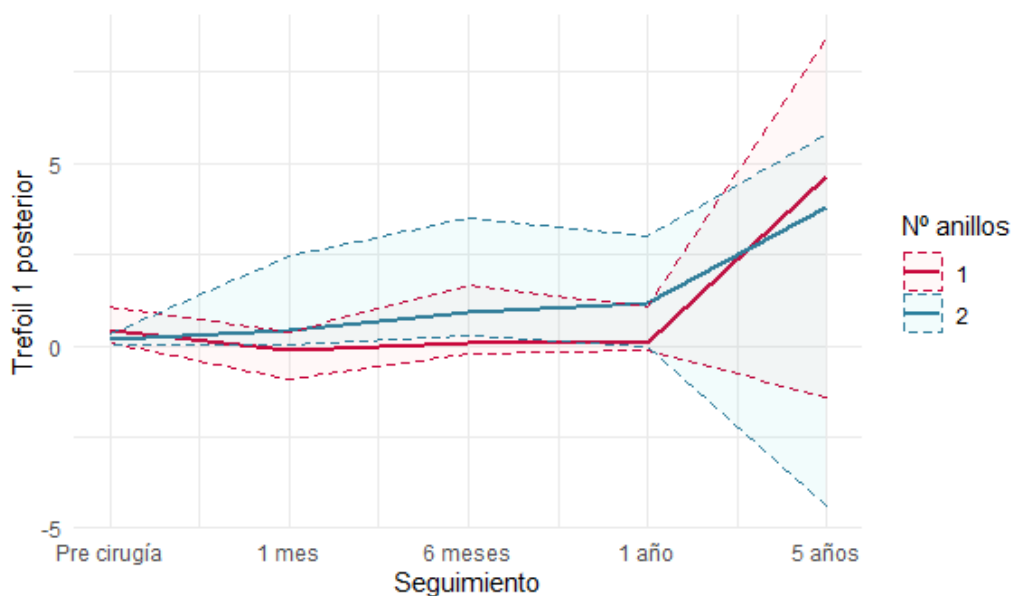
No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 138).

**TREFOIL 1 DE LA CARA POSTERIOR**

Tabla 139.- Resumen descriptivo del trefoil 1 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	<b>Nº ICRS: 1</b> <b>n=18 (69,2%)</b>	<b>Nº ICRS: 2</b> <b>n=8 (30,8%)</b>	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,403 (0,098; 1,090)	0,177 (0,018; 0,342)	0,410
<b>1 mes</b>	-0,129 (-0,912; 0,364)	0,447 (0,034; 2,440)	0,067
<b>6 meses</b>	0,071 (-0,224; 1,650)	0,929 (0,295; 3,480)	0,540
<b>1 año</b>	0,062 (-0,127; 1,050)	1,140 (-0,018; 2,990)	0,670
<b>5 años</b>	4,630 (-1,430; 8,420)	3,790 (-4,380; 5,780)	0,450

Gráfico 56.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En el grupo con un ICRS fluctúa durante el primer año, pero en la revisión de los cinco años se observa que ha aumentado 4,227 $\mu\text{m}$  respecto al valor preoperatorio (Gráfico 56).

En el grupo con dos ICRS en cambio, el valor del trefoil 1 aumenta de manera progresiva durante el estudio, un total de 3,619 $\mu\text{m}$ .

En ambos grupos en mayor cambio se encuentra en la revisión de los cinco años.

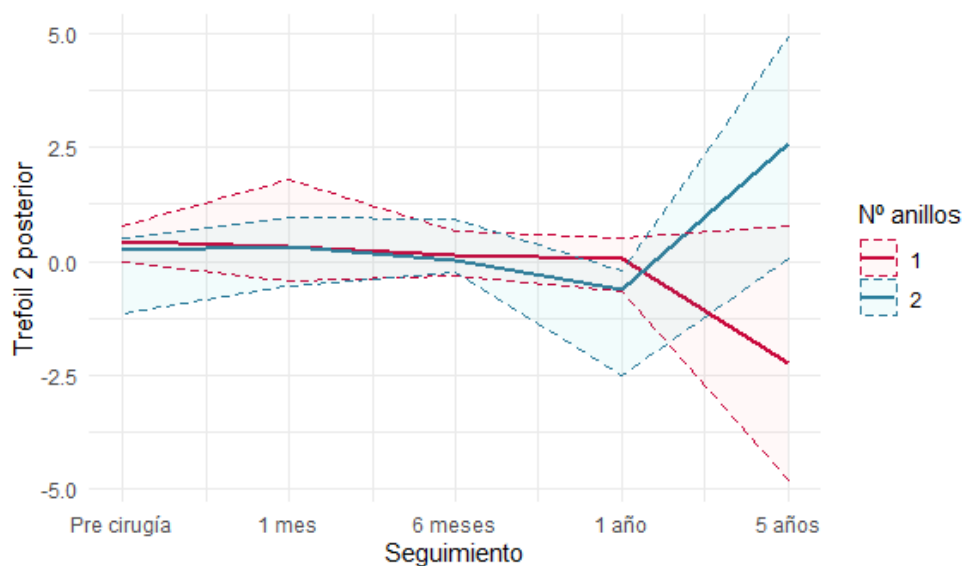
No hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos (Tabla 139).

### TREFOIL 2 DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 140.- Resumen descriptivo del trefoil 2 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,423 (-0,035; 0,774)	0,259 (-1,130; 0,526)	0,290
<b>1 mes</b>	0,315 (-0,428; 1,78)	0,326 (-0,529; 0,975)	0,840
<b>6 meses</b>	0,116 (-0,304; 0,674)	0,017 (-0,228; 0,908)	0,980
<b>1 año</b>	0,063 (-0,659; 0,516)	-0,605 (-2,510; -0,189)	0,170
<b>5 años</b>	-2,250 (-4,810; 0,766)	2,600 (0,073; 4,930)	0,110

Gráfico 57.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



El grupo con 1 CRS la mediana preoperatoria es positiva, durante todo el estudio se negativiza de manera progresiva y a los cinco años de haber introducido los ICRS su signo pasa a ser negativo. La diferencia entre la primera y última revisión es de 2,673 $\mu\text{m}$  (Gráfico 57).

El grupo con dos ICRS durante el primer año ha se negativiza 0,242 $\mu\text{m}$ , obteniendo en esta visita una mediana con signo negativo. En la última revisión se vuelve a encontrar una mediana positiva, 2,341 $\mu\text{m}$  superior al preoperatorio.

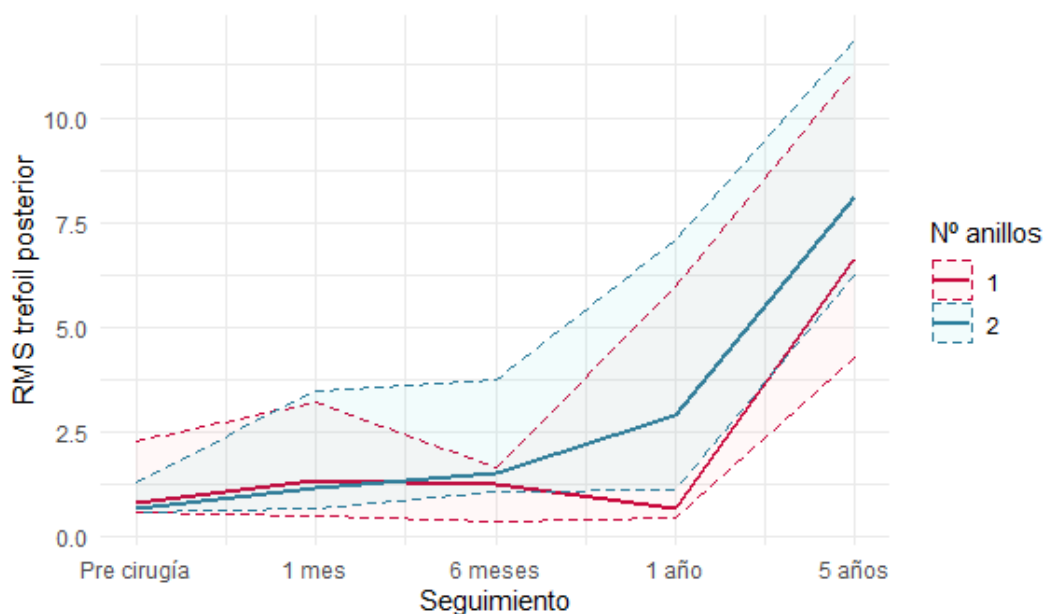
No hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos (Tabla 140).

**RMS DEL TREFOIL DE LA CARA POSTERIOR**

Tabla 141.- Resumen descriptivo de la RMS trefoil posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	<b>Nº ICRS: 1</b> <b>n=18 (69,2%)</b>	<b>Nº ICRS: 2</b> <b>n=8 (30,8%)</b>	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,793 (0,570; 2,270)	0,681 (0,588; 1,280)	0,790
<b>1 mes</b>	1,320 (0,489; 3,210)	1,140 (0,681; 3,480)	0,660
<b>6 meses</b>	1,240 (0,356; 1,650)	1,540 (1,050; 3,730)	0,260
<b>1 año</b>	0,676 (0,466; 5,950)	2,880 (1,120; 7,080)	0,200
<b>5 años</b>	6,640 (4,280; 11,200)	8,100 (6,220; 11,900)	0,660

Gráfico 58.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS trefoil posterior de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En ambos grupos se observa un aumento de la RMS trefoil, pero sobre todo en el grupo con dos ICRS (Gráfico 58).

En el grupo con un único ICRS, aumenta su valor durante el primer mes para después volver a disminuir. En la revisión de los cinco años ha vuelto a aumentar a valores superiores al preoperatorio, la diferencia con la primera revisión es de 5,847 $\mu\text{m}$ .

El grupo con dos ICRS aumenta también de manera progresiva, al final del estudio el valor del RMS trefoil es 7,491 $\mu\text{m}$  superior al preoperatorio.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos (Tabla 141).

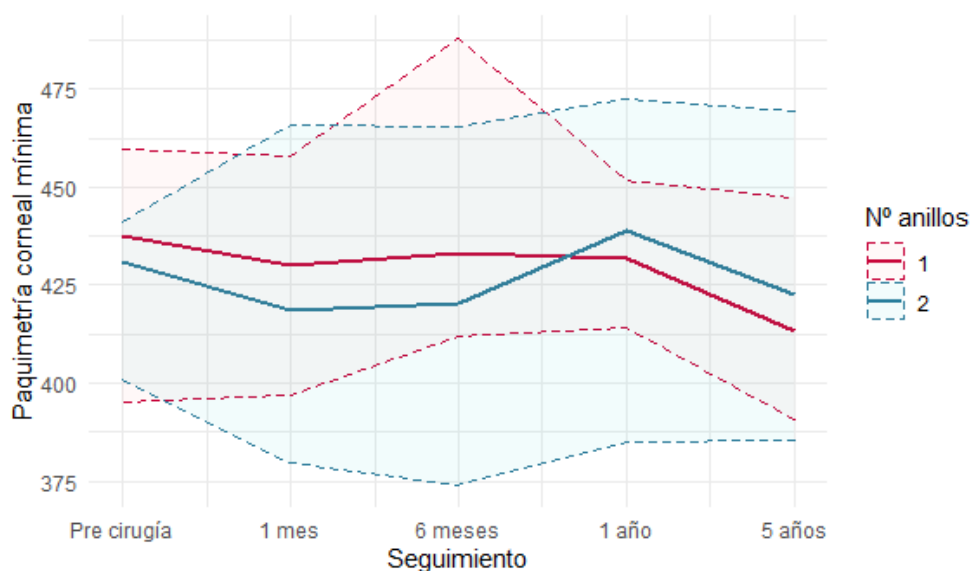
## 5.4.1.4 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS

## PAQUIMETRÍA CORNEAL MÍNIMA

Tabla 142.- Resumen descriptivo de la paquimetría corneal mínima de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
Pre	438 (395; 460)	431 (401; 441)	0,840
1 mes	430 (397; 458)	418 (380; 466)	0,670
6 meses	433 (412; 488)	420 (374; 466)	0,890
1 año	432 (414; 452)	439 (385; 472)	0,980
5 años	414 (391; 447)	422 (386; 469)	0,690

Gráfico 59.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la paquimetría corneal mínima de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En el grupo de un ICRS se observa una disminución progresiva de  $24\mu\text{m}$  del espesor corneal durante los cinco años que duró el estudio, un 5,47% (Gráfico 59).

En el grupo con dos ICRS, el primer mes el espesor corneal disminuye, pero a partir de allí vuelve a aumentar, hasta un total de  $8\mu\text{m}$  respecto al preoperatorio. En la siguiente revisión en cambio de nuevo se encuentra una reducción hasta valores inferiores a primer examen. 5 años después de haber introducido los ICRS la mediana es  $9\mu\text{m}$  inferior al preoperatorio, un 2,08%.

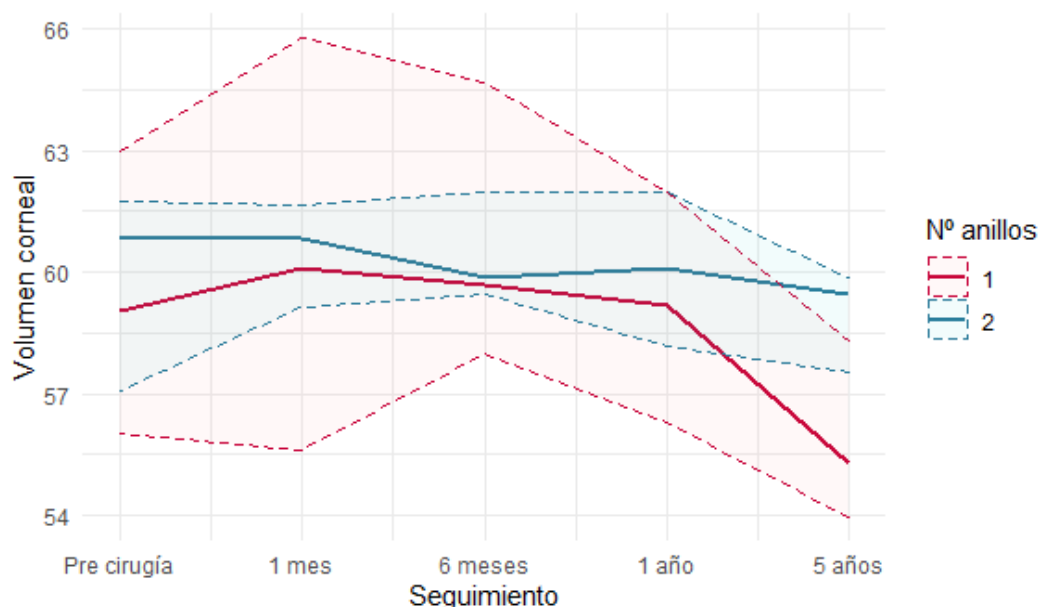
No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 142).

**VOLUMEN CORNEAL**

Tabla 143.- Resumen descriptivo del volumen corneal de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	<b>Nº ICRS: 1</b> <b>n=18 (69,2%)</b>	<b>Nº ICRS: 2</b> <b>n=8 (30,8%)</b>	
( mm <sup>3</sup> )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	59,00 (56,00; 63,00)	60,90 (57,00; 61,80)	0,870
<b>1 mes</b>	60,10 (55,60; 65,80)	60,80 (59,10; 61,70)	0,620
<b>6 meses</b>	59,70 (58,00; 64,70)	59,80 (59,50; 62,00)	0,840
<b>1 año</b>	59,20 (56,30; 62,00)	60,10 (58,20; 62,00)	0,710
<b>5 años</b>	55,30 (54,00; 58,30)	59,50 (57,50; 59,80)	0,071

Gráfico 60.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen corneal de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En el grupo con un ICRS se encuentran un aumento del volumen corneal el primer mes para después ir disminuyendo de manera progresiva en las revisiones sucesivas. A los cinco años de haber introducido los ICRS la mediana se ha reducido 4,70mm<sup>3</sup>, un 7,96% de preoperatorio (Gráfico 60).

En los pacientes con dos ICRS el primer mes se mantiene estable y en las siguientes revisiones fluctúa, pero en la última visita el volumen corneal se ha reducido 1,40mm<sup>3</sup> respecto al preoperatorio, un 2,29%.

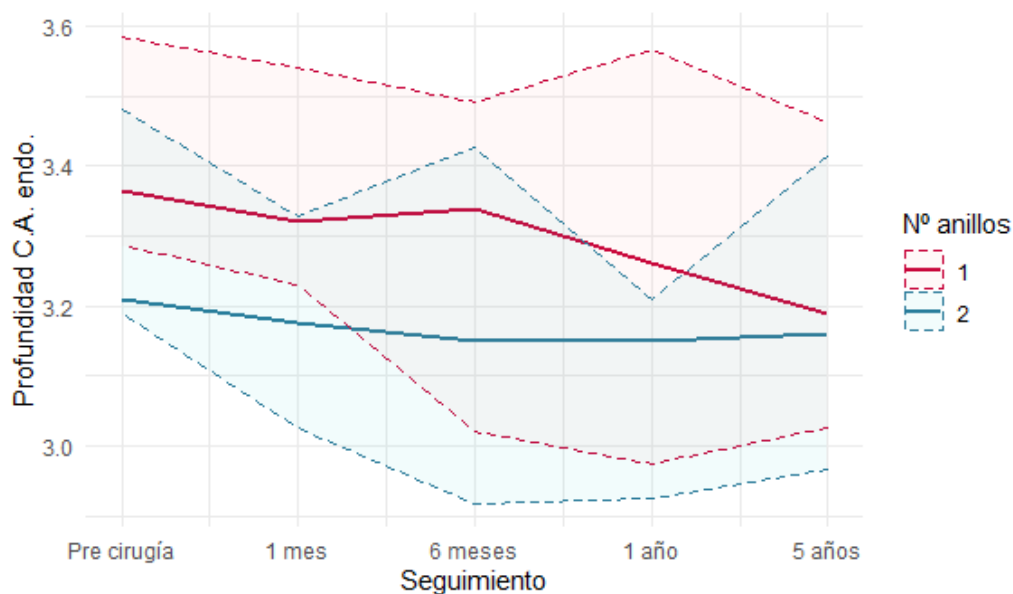
No hay diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las revisiones entre los grupos, pero sí que hay una tendencia hacia la significación en la revisión de los cinco años ( $p=0,071$ ) (Tabla 143).

### PROFUNDIDAD DE LA CÁMARA ANTERIOR

Tabla 144.- Resumen descriptivo de la profundidad CA de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( mm )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
Pre	3,37 (3,29; 3,58)	3,21 (3,19; 3,48)	0,710
1 mes	3,32 (3,23; 3,54)	3,17 (3,03; 3,33)	0,280
6 meses	3,34 (3,02; 3,49)	3,15 (2,92; 3,43)	0,580
1 año	3,26 (2,98; 3,56)	3,15 (2,92; 3,21)	0,260
5 años	3,19 (3,03; 3,46)	3,16 (2,97; 3,41)	0,760

Gráfico 61.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la profundidad CA de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En ambos grupos se observa una disminución progresiva de la profundidad de CA. En el grupo con un ICRS disminuye 0,18mm, un 5,34% del valor inicial y en el grupo con dos ICRS 0,05mm, el 1,55% del preoperatorio (Gráfico 61).

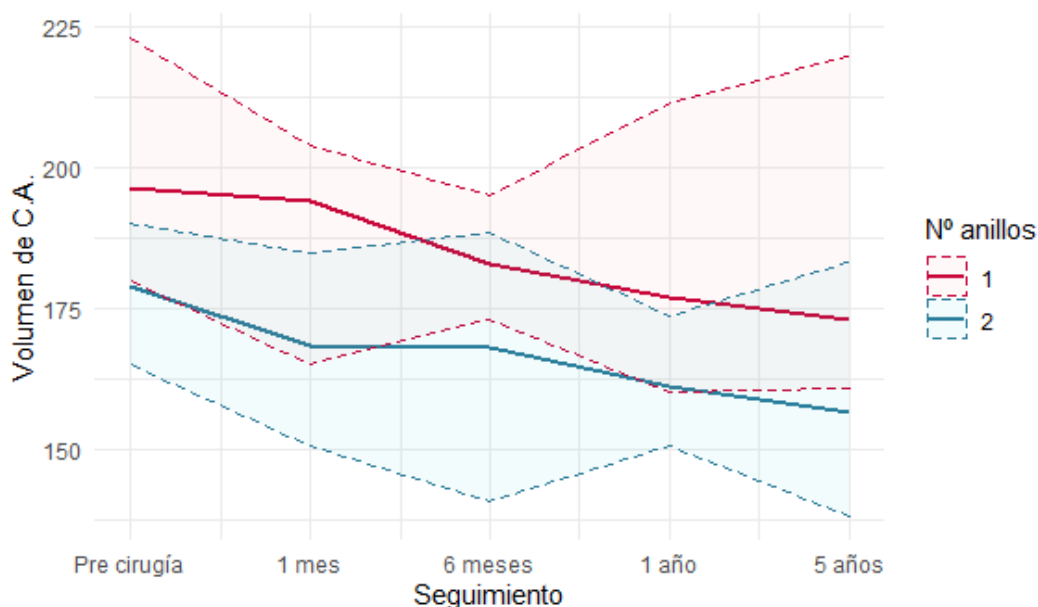
No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 144).

**VOLUMEN DE LA CÁMARA ANTERIOR (CA)**

Tabla 145.- Resumen descriptivo del volumen de la CA de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	<b>Nº ICRS: 1</b> <b>n=18 (69,2%)</b>	<b>Nº ICRS: 2</b> <b>n=8 (30,8%)</b>	
( mm <sup>3</sup> )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	196 (180; 223)	179 (165; 190)	0,260
<b>1 mes</b>	194 (165; 204)	168 (150; 185)	0,560
<b>6 meses</b>	183 (173; 195)	168 (140; 188)	0,430
<b>1 año</b>	177 (160; 212)	161 (150; 174)	0,070
<b>5 años</b>	173 (161; 220)	156 (138; 183)	0,370

Gráfico 62.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen de la CA de los pacientes según el número de ICRS implantados.



La mediana del volumen de la CA es al principio del estudio mayor en pacientes con un ICRS, pero sin que esta diferencia llegue a ser estadísticamente significativa ( $p=0,260$ ). En ambos grupos la disminución de la mediana es progresiva a lo largo del estudio, hasta un total de 23mm<sup>3</sup> los dos grupos, lo cual corresponde a un 11,73% en los pacientes con un ICRS y en el de dos ICRS a un 12,84% (Gráfico 62).

No hay diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las revisiones entre los dos grupos, pero sí que se observa una tendencia hacia la significancia al de un año de haber introducido los ICRS (Tabla 68).



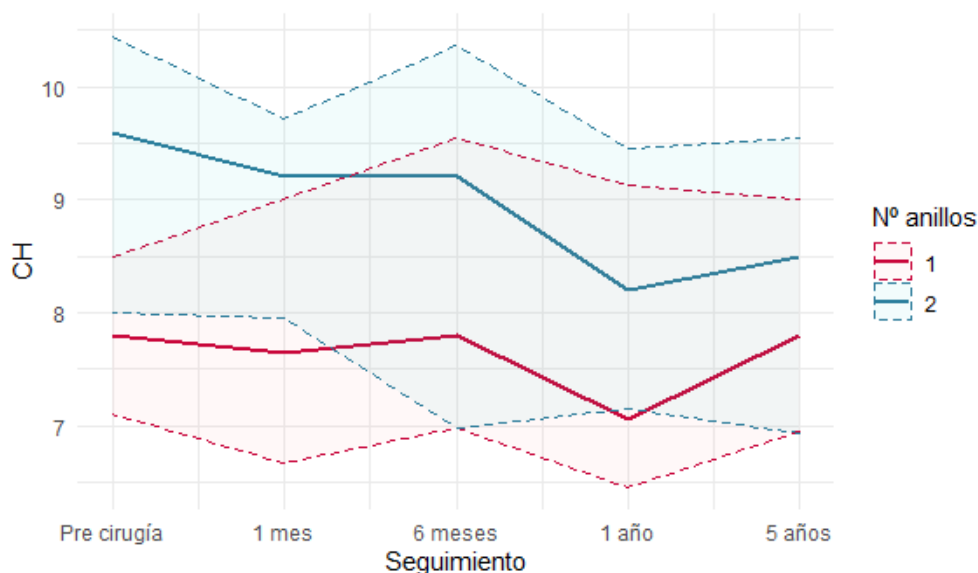
## 5.4.1.5 PARÁMETROS BIOMECÁNICOS

## HISTÉRESIS CORNEAL (CH)

Tabla 146.- Resumen descriptivo de la CH de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	Nº ICRS: 1 n=18 (69,2%)	Nº ICRS: 2 n=8 (30,8%)	
( mmHg )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
Pre	7,80 (7,10; 8,50)	9,60 (8,00; 10,40)	0,120
1 mes	7,65 (6,68; 9,00)	9,20 (7,95; 9,72)	0,550
6 meses	7,80 (6,97; 9,55)	9,20 (6,97; 10,40)	0,620
1 año	7,05 (6,45; 9,12)	8,20 (7,15; 9,45)	0,610
5 años	7,80 (6,95; 9,00)	8,50 (6,92; 9,55)	0,650

Gráfico 63.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CH de los pacientes según el número de ICRS implantados.



El grupo con un único ICRS cuenta con valores iniciales de 1,80mmHg inferior a los que llevan dos, pero sin que esta diferencia sea estadísticamente significativa ( $p=0,120$ ).

En el primer grupo el valor de la CH fluctúa por debajo de su valor preoperatorio durante todo el estudio. A los cinco años de haber introducido los ICRS el valor es igual al preoperatorio, 7,80mmHg (Gráfico 63).

En el grupo de dos ICRS hay una disminución de progresiva de este parámetro durante el primer año, de 1,40mmHg, pero en la última revisión se encuentran una recidiva de 0,30mmHg. En el último examen la mediana de la CH es 1,10mmHg inferior al preoperatorio, un 11,45%.

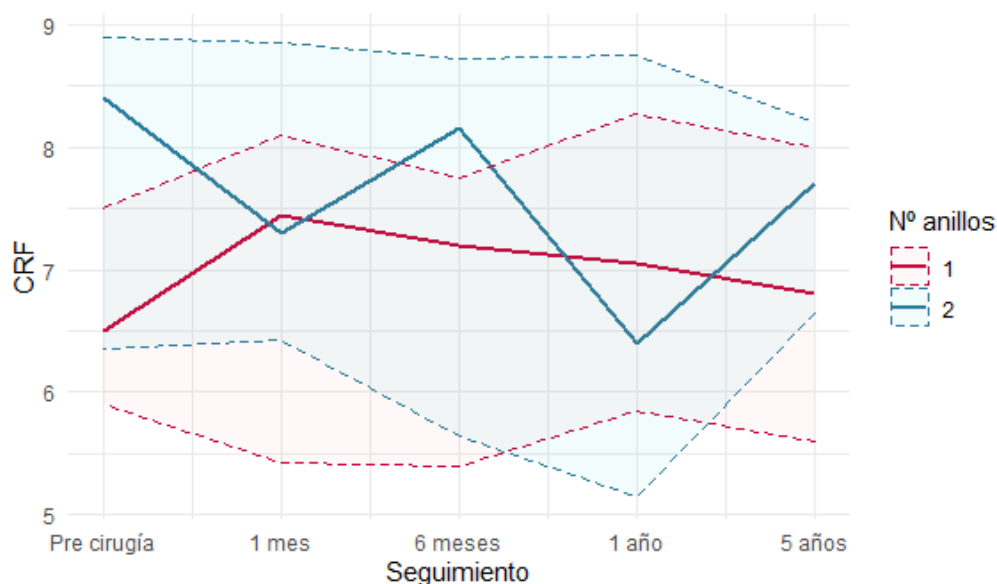
No se encuentran diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos (Tabla 146).

**FACTOR DE RESISTENCIA CORNEAL (CRF)**

Tabla 147.- Resumen descriptivo de la CRF de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	<b>Nº ICRS: 1</b> <b>n=18 (69,2%)</b>	<b>Nº ICRS: 2</b> <b>n=8 (30,8%)</b>	
( mmHg )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	6,50 (5,90; 7,50)	8,40 (6,35; 8,90)	0,320
<b>1 mes</b>	7,45 (5,42; 8,10)	7,30 (6,43; 8,85)	0,950
<b>6 meses</b>	7,20 (5,40; 7,75)	8,15 (5,65; 8,72)	0,430
<b>1 año</b>	7,05 (5,85; 8,28)	6,40 (5,15; 8,75)	0,640
<b>5 años</b>	6,80 (5,60; 8,00)	7,70 (6,65; 8,20)	0,290

Gráfico 64.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CRF de los pacientes según el número de ICRS implantados.



La CRF preoperatoria es menor en pacientes con un solo ICRS respecto a los que llevan dos. Durante el primer mes se observa un aumento de su valor, 0,95mmHg, pero en la siguiente revisión vuelve a disminuir de manera progresiva, pero sin llegar al valor preoperatorio. Al comparar este examen con el de los cinco años la diferencia es de 0,30mmHg, un 4,61% superior (Gráfico 64).

En el grupo de dos ICRS la CRF fluctúa entre valores siempre inferiores al preoperatorio y en la última revisión es 0,70mmHg inferior al primer examen, un 8,33%.

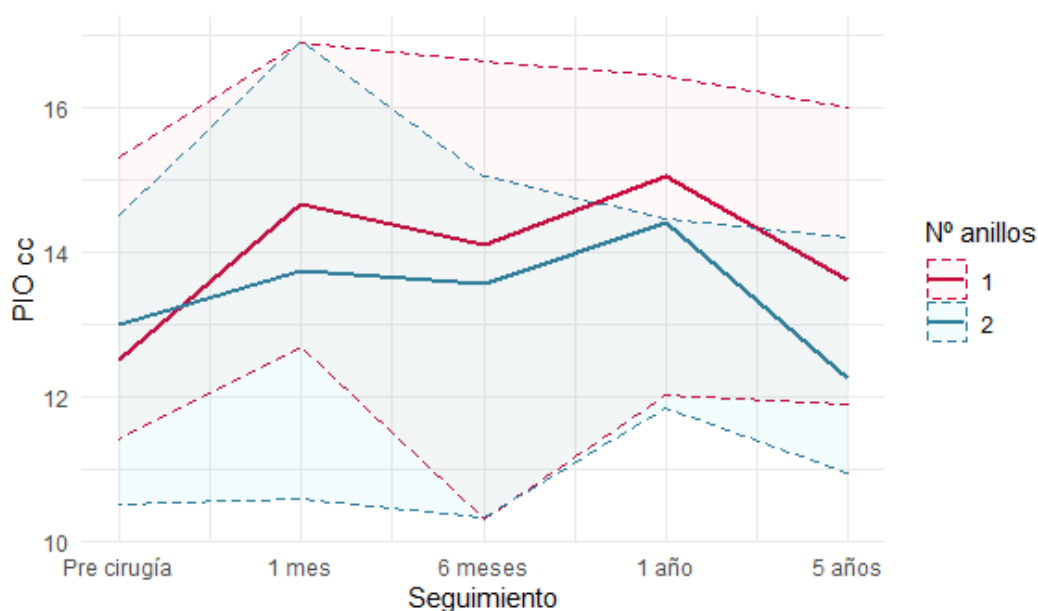
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos (Gráfico 135).

**PRESIÓN INTRAOCULAR COMPENSADA (PIOcc)**

Tabla 148.- Resumen descriptivo de la PIOcc de los pacientes según el número de ICRS implantados.

	<b>Nº ICRS: 1</b> <b>n=18 (69,2%)</b>	<b>Nº ICRS: 2</b> <b>n=8 (30,8%)</b>	
( mmHg )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	12,50 (11,40; 15,30)	13,00 (10,50; 14,50)	0,340
<b>1 mes</b>	14,60 (12,70; 16,90)	13,80 (10,60; 16,90)	0,300
<b>6 meses</b>	14,10 (10,30; 16,60)	13,60 (10,30; 15,10)	0,430
<b>1 año</b>	15,10 (12,00; 16,40)	14,40 (11,80; 14,40)	0,470
<b>5 años</b>	13,60 (11,90; 16,00)	12,20 (11,00; 14,20)	0,520

Gráfico 65.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la PIOcc de los pacientes según el número de ICRS implantados.



En el grupo de un ICRS el primer mes la PIOcc aumenta 2,10mmHg y en las sucesivas revisiones se observan fluctuaciones por encima del preoperatorio (Gráfico 65). En la revisión de los cinco años el valor de la PIOcc es 1,10mmHg superior a la inicial, un 8,80%.

En grupo con dos ICRS durante el primer año fluctúa en valores superiores al preoperatorio, pero en la última revisión es 0,80mmHg inferior a este, un 6,15%.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos (Tabla 148).

### 5.4.2 EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS SEGÚN EL GRADO DE LA K MÁXIMA

En este apartado se dividen los pacientes en tres grupos, según a K máxima preoperatoria. Se considera K máxima baja cuando es inferior a 51,50D, K máxima media cuando está entre 51,50D y 56,75D, y K máxima alta cuando es superior a 56,75D.

A continuación, se encuentran tablas con el análisis descriptivo de los parámetros refractivos, topográficos, aberrométrico, morfológicos y biomecánicos de ambos grupos.

En la Tabla 149 se muestran los parámetros que se han tenido en cuenta en este apartado. Los parámetros en los que se han encontrado diferencias estadísticamente significativas vienen indicados con un asterisco (\*).

Tabla 149.- Parámetros evaluados en el apartado 5.4.2.

PARÁMETROS		
Refractivos	Topográficos	Aberrométricos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avcc*</li> <li>• Esfera</li> <li>• Cilindro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• K máxima*</li> <li>• Q</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1</li> <li>• K2*</li> <li>• Q</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberración esférica</li> <li>• Aberración comática: horizontal*, vertical* y RMS*</li> <li>• Trefoil: 1, 2*, RMS</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberración esférica</li> <li>• Aberración comática: horizontal*, vertical* y RMS*</li> <li>• Trefoil: 1, 2, RMS</li> </ul> </li> </ul>
	Morfológicos	Biomecánicos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paquimetría corneal mínima</li> <li>• Volumen corneal</li> <li>• Profundidad de CA</li> <li>• Volumen de la CA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CH</li> <li>• CRF</li> <li>• PIOcc</li> </ul>

A continuación, se encuentran tablas con el análisis descriptivo de los parámetros refractivos, topográficos, aberrométrico, morfológicos y biomecánicos de los tres grupos.

## 5.4.2.1 PARÁMETROS REFRACTIVOS

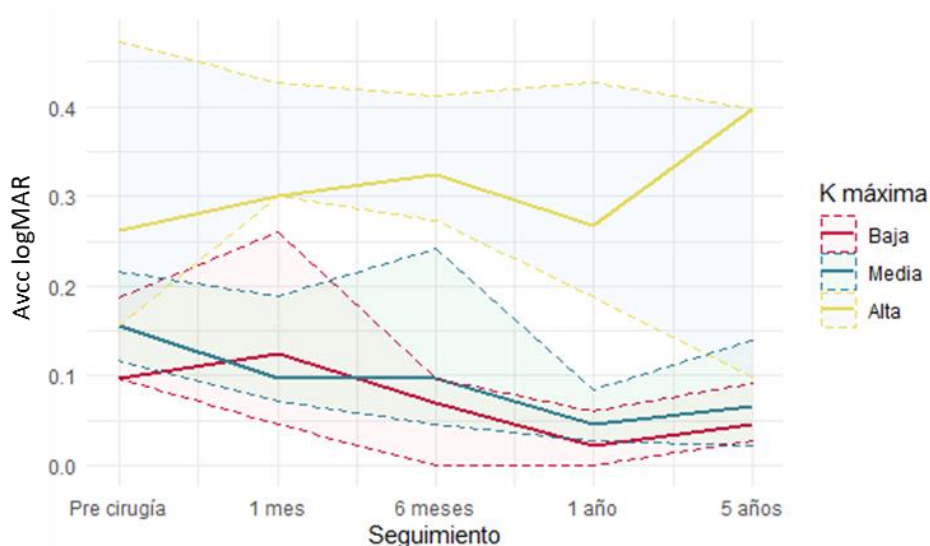
## AGUDEZA VISUAL CON CORRECCIÓN (AVcc)

Tabla 150.- Descripción de la AVcc logMAR de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
(LogMAR)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	0,09 (0,09; 0,18)	0,15 (0,11; 0,21)	0,26 (0,15; 0,47)	0,084
1 mes	0,12 (0,04; 0,26)	0,09 (0,07; 0,18)	0,30 (0,30; 0,42)	0,005*
6 meses	0,070(0,00; 0,09)	0,09 (0,04; 0,24)	0,32 (0,27; 0,41)	0,017*
1 año	0,02 (0,00; 0,06)	0,04 (0,02; 0,08)	0,26 (0,18; 0,42)	0,042*
5 años	0,04 (0,02; 0,09)	0,06 (0,02; 0,14)	0,39 (0,09; 0,39)	0,330

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 66.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la AVcc logMAR de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



Preoperatoriamente a AVcc es inferior en pacientes con K máxima alta, seguido de K máxima media y por último K máxima baja son los que tienen mejor AVcc.

En los grupos con K máxima alta y baja se observa un empeoramiento de la AVcc el primer mes y a partir de allí una mejora progresiva durante el primer año. En la última revisión que aparece una regresión en los tres grupos (Gráfico 66).

Al final del estudio la AVcc es 0,05 superior en pacientes con K máxima baja, un 52,73% del valor inicial y en grupo K máxima media 0,08, el 57,74%.

En el grupo con una K máxima en la revisión de los cinco años la AVcc es peor que en el preoperatorio, 0,13 unidades inferior, un 52,49% del valor preoperatorio.

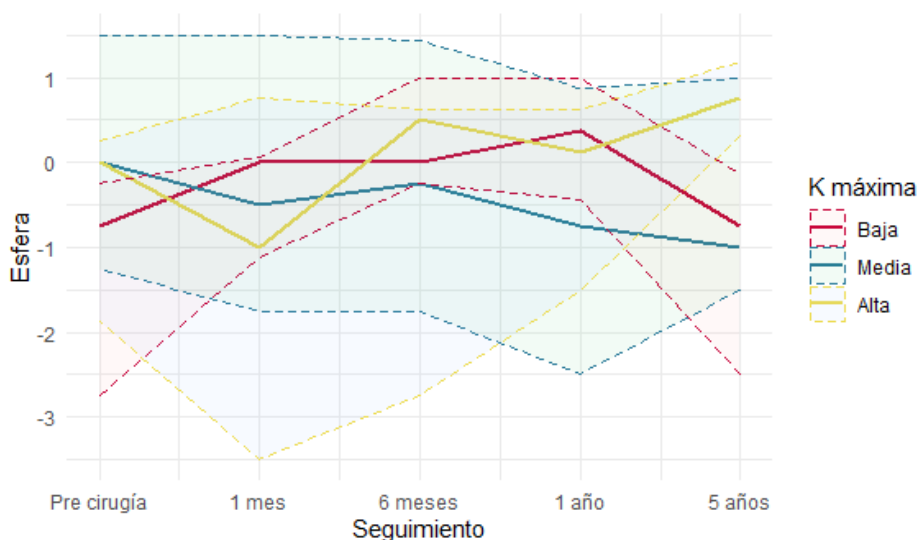
Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos al mes ( $p=0,005$ ), a los seis meses ( $p=0,017$ ) y al año ( $p=0,042$ ) de haber introducido los ICRS (Tabla 150).

## ESFERA

Tabla 151.-Descripción de la esfera de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( D )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
Pre	-0,75 (-2,75; -0,25)	0,00 (-1,25; 1,50)	0,00 (-1,88; 0,25)	0,530
1 mes	0,00 (-1,12; 0,06)	-0,50 (-1,75; 1,50)	-1,00 (-3,50; 0,75)	0,850
6 meses	0,00 (-0,25; 1,00)	-0,25 (-1,75; 1,44)	0,50 (-2,75; 0,62)	0,980
1 año	0,37 (-0,43; 1,00)	-0,75 (-2,50; 0,87)	0,12 (-1,50; 0,62)	0,880
5 años	-0,75 (-2,50; -0,12)	-1,00 (-1,50; 1,00)	0,75 (0,31; 1,19)	0,110

Gráfico 67.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la esfera de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



En los tres grupos se encuentran valores preoperatorios próximos a cero pero la trayectoria que siguen es muy diferente en cada uno de ellos (Gráfico 67).

El grupo con K máxima baja fluctúa durante todo el estudio, pero al final se encuentra un valor igual al preoperatorio. El grupo con K máxima media se miopiza de manera progresiva y en K máxima alta se observa una miopización el primer mes, pero en las siguientes revisiones se encuentran valores positivos. En el último examen está +0,75 por encima de la mediana preoperatoria.

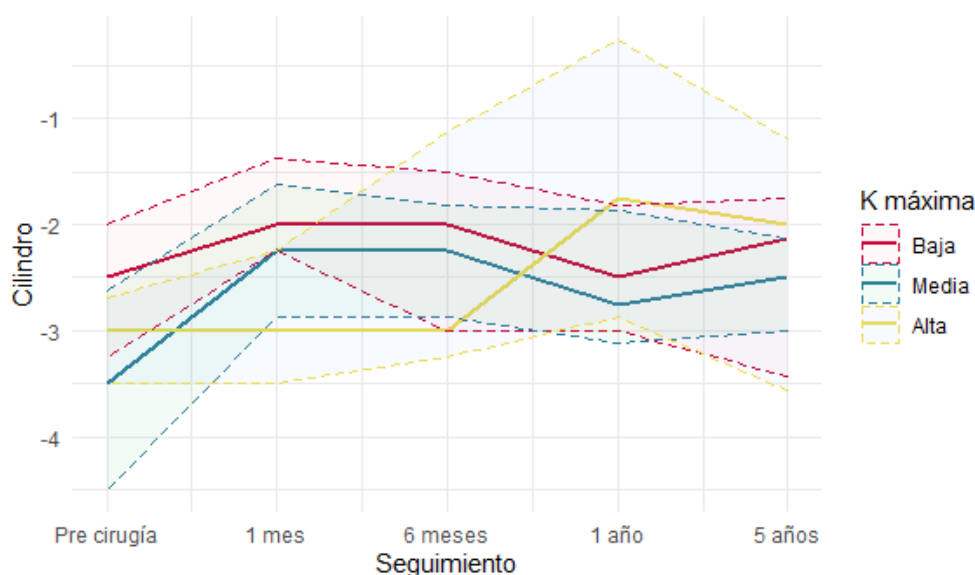
No hay diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos (Tabla 151).

## CILINDRO

Tabla 152.- Descripción del cilindro de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( D )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
Pre	-2,50 (-3,25; -2,00)	-3,50 (-4,50; -2,62)	-3,00 (-3,50; -2,69)	0,500
1 mes	-2,00 (-2,25; -1,38)	-2,25 (-2,88; -1,62)	-3,00 (-3,50; -2,25)	0,420
6 meses	-2,00 (-3,00; -1,50)	-2,25 (-2,88; -1,81)	-3,00 (-3,25; -1,12)	0,860
1 año	-2,50 (-3,00; -1,81)	-2,75 (-3,12; -1,88)	-1,75 (-2,88; -0,25)	0,930
5 años	-2,12 (-3,44; -1,75)	-2,50 (-3,00; -2,12)	-2,00 (-3,56; -1,19)	0,940

Gráfico 68.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del cilindro de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



Preoperatoriamente la mediana del cilindro es mayor en pacientes con K máxima media, después en K máxima alta y por último en la K máxima baja.

En todos los grupos se observa una reducción progresiva de la mediana de este parámetro, pero con una recidiva en el grupo con K máxima baja y media en la revisión del año y en los pacientes con K máxima alta en la de los cinco años (Gráfico 68).

Al final del estudio el primer grupo ha disminuido 0,38D, un 15,20% y en los otros dos 1,00D, un 28,57% y un 33,33% respectivamente.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 152).

## 5.4.2.2 PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS

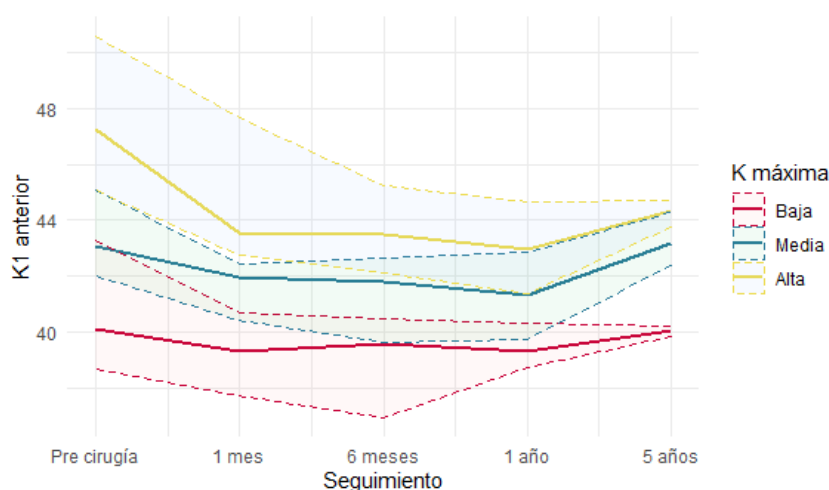
## QUERATOMETRÍA 1 (K1) DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 153.- Descripción de la K1 anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	40,10 (38,70; 43,30)	43,00 (42,00; 45,10)	47,20 (45,10; 50,60)	0,004*
1 mes	39,30 (37,70; 40,70)	42,00 (40,40; 42,50)	43,50 (42,70; 47,60)	<0,001*
6 meses	39,60 (36,90; 40,40)	41,80 (39,70; 42,60)	43,50 (42,10; 45,20)	<0,001*
1 año	39,30 (38,80; 40,30)	41,30 (39,70; 42,90)	43,00 (41,30; 44,70)	0,089
5 años	40,00 (39,80; 40,20)	43,20 (42,40; 44,30)	44,40 (43,80; 44,70)	0,002*

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 69.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es mayor en pacientes con K máxima alta, seguido de K máxima media y por último K máxima baja.

En grupo con K máxima baja el valor de la K1 anterior fluctúa, siendo su mayor cambio el primer mes, 0,80D. En la última revisión es 0,10D inferior al preoperatorio, un 0,24% (Gráfico 69).

En el segundo grupo se observa que el valor de K1 se reduce de manera progresiva durante el primer año, 1,70D, pero en la revisión de los cinco años se encuentra una recidiva de 1,90D. Al final del estudio la mediana es 0,20D superior al preoperatorio, un 0,465%.

En los pacientes con K máxima alta el valor se reduce de manera gradual el primer año, 4,20D. En la revisión de los cinco años vuelve a aumentar, pero sin llegar a valores preoperatorios, en este examen la mediana es 2,80D inferior a la inicial, un 5,93%.

Se observan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en todas las revisiones, menos al año de haber introducido los ICRS ( $p=0,089$ ) (Tabla 153).



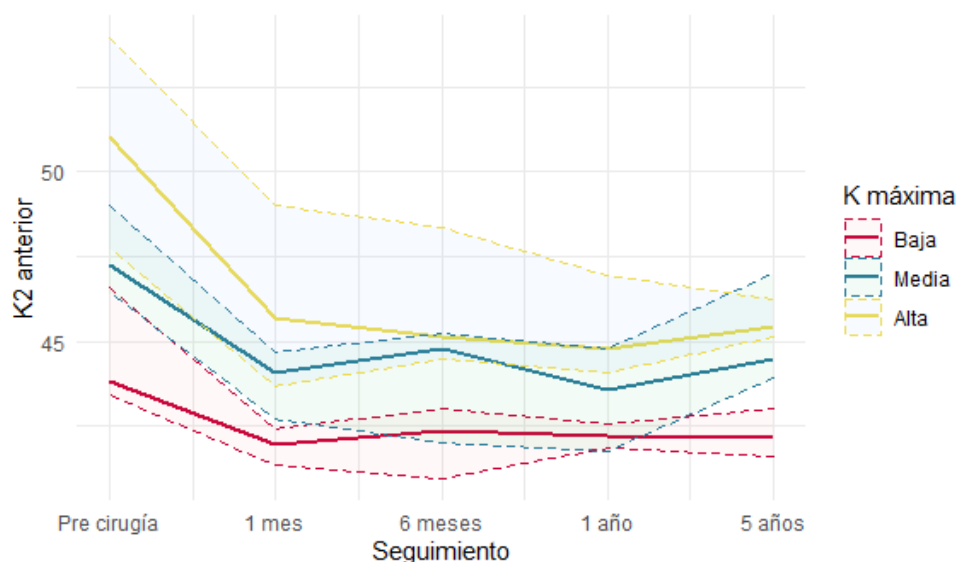
## QUERATOMETRÍA 2 (K2) DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 154.- Descripción de la K2 anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	43,80 (43,40; 46,60)	47,20 (46,50; 49,00)	51,00 (47,70; 53,90)	<0,001*
1 mes	42,00 (41,30; 42,40)	44,00 (42,70; 44,70)	45,70 (43,70; 49,00)	0,002*
6 meses	42,30 (41,00; 43,00)	44,80 (42,00; 45,30)	45,10 (44,50; 48,40)	0,010*
1 año	42,20 (41,90; 42,50)	43,50 (41,80; 44,80)	44,80 (44,10; 47,00)	0,015*
5 años	42,20 (41,60; 43,00)	44,50 (43,90; 47,00)	45,50 (45,10; 46,20)	0,018*

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 70.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es mayor en pacientes con K máxima alta, seguido de K máxima media y por último K máxima baja. Cuanto más alto K máxima preoperatorio mayor es el cambio que obtienen al final del estudio (Gráfico 70).

El grupo con K máxima bajo es el grupo que menos varía, la mayor reducción del valor se observa el primer mes y a partir de allí se mantiene estable. La diferencia con el preoperatorio es de 1,60D, un 3,65%.

En los pacientes con K máxima medio el mayor cambio también se observa el primer mes, a partir de esta revisión fluctúa. A los cinco años es 2,70D inferior al preoperatorio, un 5,72%.

En el tercer grupo el valor de K2 se reduce de manera progresiva durante el primer año, 6,20D y a los cinco años hay una recidiva, pero la mediana se sigue manteniendo 5,50D por debajo del preoperatorio, un 10,78%.

Se observan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en todas las revisiones, pero sobre todo en el preoperatorio ( $p < 0,001$ ) (Tabla 154).

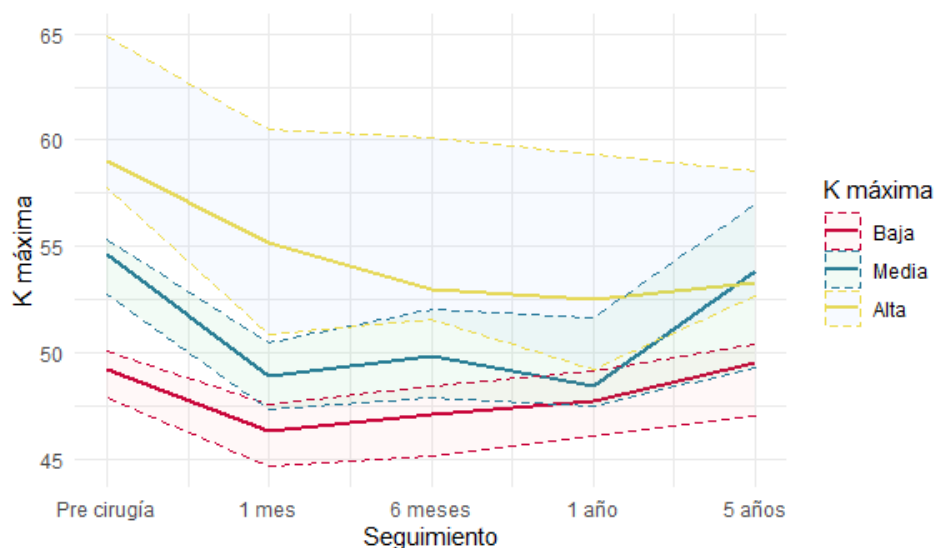
### QUERATOMETRÍA MÁXIMA (K máxima) DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 155.- Descripción de la K máxima de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( D )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
Pre	49,20 (47,90; 50,10)	54,60 (52,70; 55,30)	59,00 (57,70; 64,90)	<0,001*
1 mes	46,30 (44,60; 47,60)	48,90 (47,30; 50,50)	55,20 (50,90; 60,50)	0,001*
6 meses	47,00 (45,20; 48,50)	49,90 (47,90; 52,00)	53,00 (51,50; 60,20)	0,002*
1 año	47,70 (46,00; 49,10)	48,4 (47,4; 51,7)	52,50 (49,20; 59,30)	0,041*
5 años	49,50 (47,00; 50,40)	53,8 (49,2; 57)	53,30 (52,70; 58,50)	0,075

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 71.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K máxima preoperatoria de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es mayor en pacientes con K máxima alta, seguido de K máxima media y por último K máxima baja.

El grupo con K máxima baja se observa una reducción K máxima 2,90D durante el primer mes, pero a partir de allí vuelve a aumentar de manera continua en cada una de las revisiones posteriores. A los cinco años es 0,30D superior al preoperatorio (Gráfico 71).

El grupo con K máxima media actúa de la misma manera, la mediana se reduce 5,70D un mes después de haber introducido los ICRS, pero a partir de allí vuelve a aumentar y al final del estudio es 0,80D inferior al preoperatorio, un 1,46%.

En los pacientes con K máxima alta se encuentra una reducción progresiva de K máxima durante el primer año, 6,60D. A los cinco años hay una recidiva por lo que la diferencia con el preoperatorio es de 5,70D, un 9,66% del valor inicial.

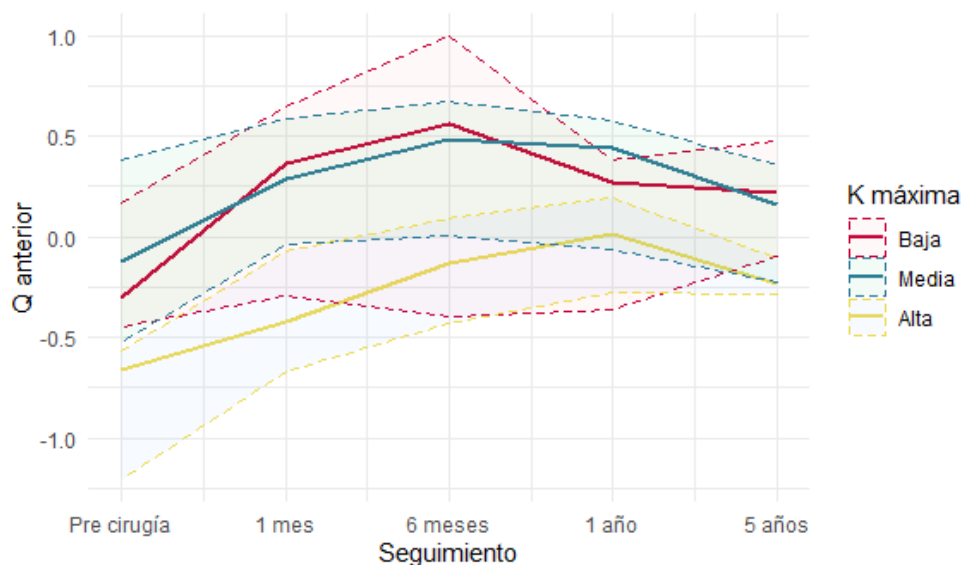
Se observan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en todas las revisiones menos cinco años después de haber introducido los ICRS ( $p=0,075$ ). La mayor significancia se encuentra en el preoperatorio ( $p<0,001$ ) (Tabla 155).

### ASFERICIDAD (Q) DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 156.- Descripción de la Q anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	-0,30 (-0,45; 0,17)	-0,12 (-0,52; 0,38)	-0,66 (-1,21; -0,56)	0,130
1 mes	0,36 (-0,29; 0,64)	0,29 (-0,03; 0,58)	-0,42 (-0,66; -0,07)	0,130
6 meses	0,56 (-0,40; 1,00)	0,48 (0,00; 0,67)	-0,13 (-0,43; 0,09)	0,180
1 año	0,27 (-0,36; 0,38)	0,44 (-0,06; 0,58)	0,01 (-0,27; 0,19)	0,320
5 años	0,22 (-0,10; 0,47)	0,16 (-0,22; 0,36)	-0,23 (-0,28; -0,10)	0,390

Gráfico 72.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es mayor en pacientes con K máxima alta, seguido de K máxima baja y por último K máxima media. En los tres grupos se encuentra una positividad, en K máxima baja y media hasta los seis meses y en K máxima alta hasta la revisión de un año, en las siguientes revisiones vuelve a negativizarse, pero sin llegar a valores preoperatorios. El mayor cambio lo obtiene el grupo con K máxima baja (Gráfico 72).

En los grupos con K máxima baja y media a los cinco años de haber introducido los ICRS la mediana ha pasado el signo negativo a positivo. La diferencia es de 0,55D en el primer grupo, un 183,33%. En el segundo grupo es de 0,28D, un 233%.

El grupo con K máxima alta se ha mantenido su valor negativo del principio hasta los cinco años, la diferencia es de 0,43D respecto al preoperatorio, un 64,66%.

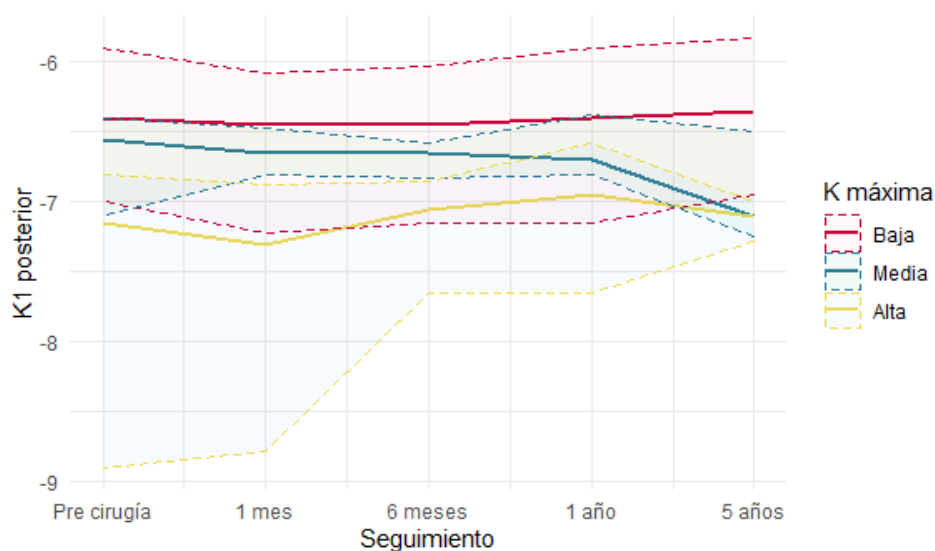
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Gráfico 147).

### QUERATOMETRÍA 1 (K1) DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 157.- Descripción de la K1 posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( D )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
Pre	-6,40 (-7,00; -5,90)	-6,55 (-7,10; -6,40)	-7,15 (-8,90; -6,80)	0,110
1 mes	-6,45 (-7,23; -6,07)	-6,65 (-6,80; -6,47)	-7,30 (-8,77; -6,88)	0,110
6 meses	-6,45 (-7,15; -6,02)	-6,65 (-6,82; -6,57)	-7,05 (-7,65; -6,85)	0,150
1 año	-6,40 (-7,15; -5,90)	-6,70 (-6,80; -6,38)	-6,95 (-7,65; -6,57)	0,280
5 años	-6,35 (-6,95; -5,82)	-7,10 (-7,25; -6,50)	-7,10 (-7,27; -7,00)	0,180

Gráfico 73.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es mayor en pacientes con K máxima alta, seguido de K máxima media y por último K máxima baja. El mayor cambio se observa en K máxima media (Gráfico 73).

Los grupos con K máxima baja y alta se mantienen estables durante todo el estudio. Su mayor cambio es de 0,05D en ambos grupos respecto a la mediana inicial.

El grupo con K máxima media aumenta su valor de manera gradual, al final del estudio es 0,55D superior al preoperatorio, el 8,39% del valor inicial.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 157).

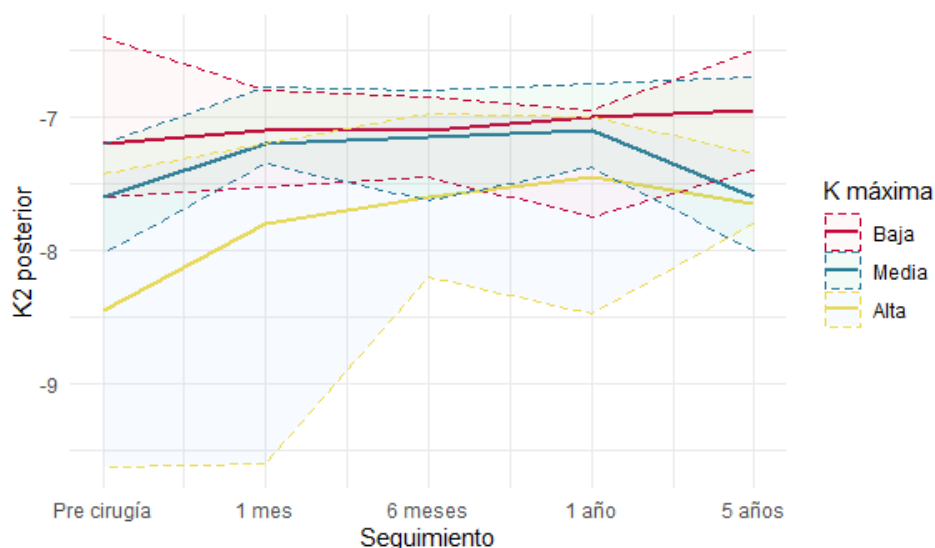
## QUERATOMETRÍA 2 (K2) POSTERIOR

Tabla 158.- Descripción de la K2 posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
Pre	-7,20 (-7,60; -6,40)	-7,60 (-8,03; -7,20)	-8,45 (-9,62; -7,42)	0,021*
1 mes	-7,10 (-7,53; -6,80)	-7,20 (-7,35; -6,77)	-7,80 (-9,60; -7,20)	0,058
6 meses	-7,15 (-7,45; -6,85)	-7,15 (-7,62; -6,80)	-7,60 (-8,20; -6,97)	0,350
1 año	-7,00 (-7,75; -6,95)	-7,10 (-7,38; -6,75)	-7,45 (-8,47; -7,00)	0,390
5 años	-6,95 (-7,40; -6,50)	-7,60 (-8,00; -6,70)	-7,65 (-7,80; -7,28)	0,260

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 74.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es mayor en pacientes con K máxima alta, seguido de K máxima media y por último K máxima baja. El mayor cambio se observa en K máxima alta, ya que K máxima baja y media permanecen estables (Gráfico 74).

La mediana de los pacientes con K máxima baja se reduce de manera gradual en el estudio, el cambio a los cinco años es de 0,25D, un 3,47%.

En los pacientes con K máxima media se reduce 0,50D durante el primer año, pero a los cinco años se encuentra de nuevo una mediana igual a la del examen preoperatorio.

En el último grupo de pacientes también se observa una recidiva en la última revisión, pero se sigue manteniendo por debajo de valores preoperatorios. La diferencia es de 0,80D, un 10,52% del valor inicial.

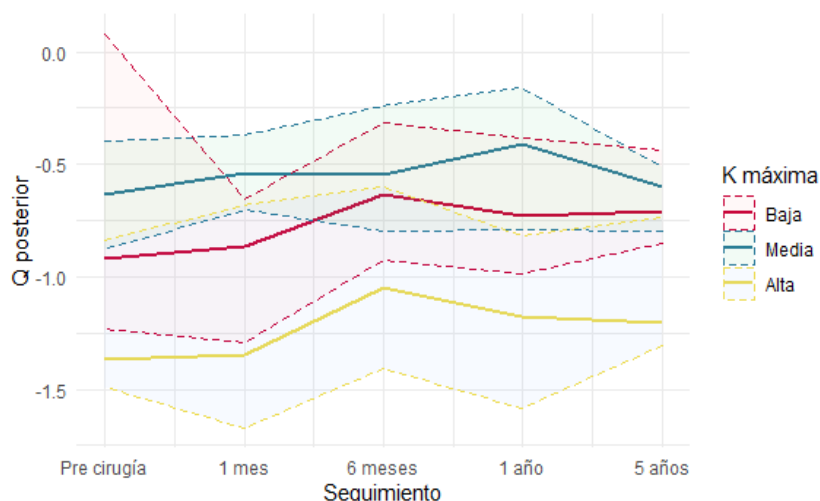
Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en el examen preoperatorio ( $p=0,021$ ) (Tabla 158).

### ASFERICIDAD (Q) DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 159.- Descripción de la Q posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( D )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
Pre	-0,92 (-1,23; 0,08)	-0,63 (-0,88; -0,39)	-1,36 (-1,49; -0,83)	0,390
1 mes	-0,86 (-1,29; -0,65)	-0,54 (-0,70; -0,36)	-1,35 (-1,67; -0,68)	0,065
6 meses	-0,63 (-0,92; -0,31)	-0,54 (-0,79; -0,24)	-1,05 (-1,41; -0,60)	0,150
1 año	-0,73 (-0,98; -0,38)	-0,41 (-0,78; -0,16)	-1,18 (-1,59; -0,82)	0,130
5 años	-0,71 (-0,85; -0,44)	-0,60 (-0,80; -0,51)	-1,21 (-1,31; -0,73)	0,079

Gráfico 75.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es mayor en pacientes con K máxima alta, seguido de K máxima baja y por último K máxima media.

En los tres grupos se observa que el valor se reduce en las primeras revisiones respecto al preoperatorio, para luego volver a aumentar, pero sin llegar a valores preoperatorios. La recidiva se encuentra en la revisión del año en los pacientes con K máxima baja y alta y en los pacientes con K máxima media en la revisión de los cinco años (Gráfico 75).

En el grupo con K máxima baja la diferencia con el preoperatorio es de 0,21, el 22,82% del valor inicial. En los pacientes con K máxima media la diferencia es de 0,035, un 5,51% y en el grupo con K máxima alta de 0,15, un 10,29%.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones, aunque sí que se observa una tendencia hacia la significancia en la revisión del primer mes ( $p=0,065$ ) (Tabla 159).

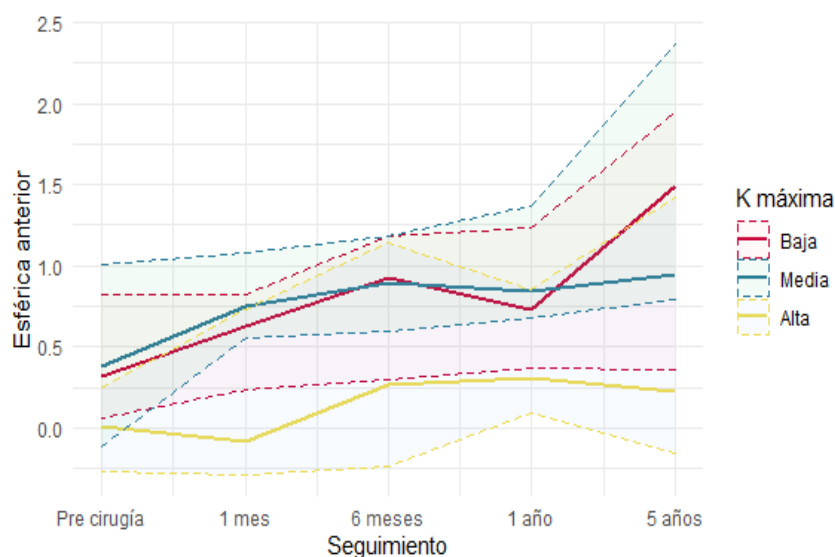
## 5.4.2.3 PARÁMETROS ABERROMÉTRICOS

## ABERRACIÓN ESFÉRICA DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 160.- Descripción de la aberración esférica anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
Pre	0,320 (0,060; 0,820)	0,376 (-0,120; 1,010)	0,012 (-0,271; 0,243)	0,600
1 mes	0,629 (0,240; 0,822)	0,754 (0,551; 1,080)	-0,083 (-0,290; 0,727)	0,290
6 meses	0,930 (0,302; 1,180)	0,897 (0,593; 1,180)	0,268 (-0,235; 1,140)	0,800
1 año	0,729 (0,371; 1,230)	0,841 (0,676; 1,360)	0,312 (0,095; 0,855)	0,790
5 años	1,500 (0,359; 1,940)	0,943 (0,791; 2,370)	0,224 (-0,158; 1,420)	0,940

Gráfico 76.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana de la aberración esférica aumenta el valor positivo en los tres grupos (Gráfico 76).

En los grupos con K máxima baja y media la aberración esférica aumenta de manera gradual durante los cinco años de estudio, con una pequeña recidiva en la revisión de un año. La diferencia entre la última revisión y el preoperatorio es de 1,180 $\mu\text{m}$  en el primer grupo y de 0,567 $\mu\text{m}$  en el segundo.

En los pacientes con K máxima alta la mediana es muy próxima a cero en el examen preoperatorio y al de un mes de haber introducido los ICRS. En las siguientes revisiones fluctúa y en el último examen es 0,212 $\mu\text{m}$  superior al preoperatorio.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 160).

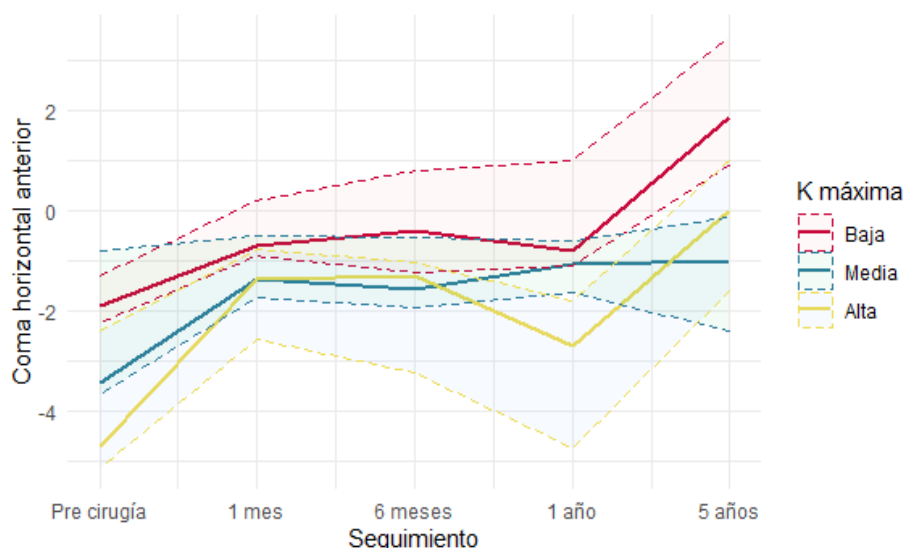
### ABERRACIÓN COMÁTICA HORIZONTAL DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 161.- Descripción del coma horizontal anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
Pre	-1,890 (-2,250; -1,290)	-3,430 (-3,660; -0,811)	-4,680 (-5,120; -2,400)	0,069
1 mes	-0,699 (-0,906; 0,210)	-1,360 (-1,720; -0,488)	-1,360 (-2,540; -0,764)	0,250
6 meses	-0,406 (-1,220; 0,796)	-1,550 (-1,940; -0,521)	-1,290 (-3,230; -1,020)	0,160
1 año	-0,782 (-1,100; 1,010)	-1,060 (-1,640; -0,587)	-2,700 (-4,740; -1,780)	0,046*
5 años	1,870 (0,912; 3,470)	-0,993 (-2,410; -0,147)	0,008 (-1,590; 0,987)	0,110

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 77.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



Al evaluar la aberración comática horizontal se encuentra una mediana preoperatoria negativa en los tres grupos, los cuales se vuelven más positivos durante el estudio. La K máxima baja y alta pasan a ser positivos, pero la K máxima media se mantiene con signo negativo (Gráfico 77).

La mediana en los pacientes con K máxima baja fluctúa durante los cinco años, en la última revisión obtiene un valor igual al preoperatorio, pero con signo positivo. La diferencia entre ambas es de  $3,76\mu\text{m}$ .

El grupo con K máxima media reduce de manera gradual su valor negativo, el valor del coma horizontal en la última revisión se ha reducido  $2,427\mu\text{m}$  respecto al preoperatorio.

La mediana de los pacientes con K máxima alta se positiviza de manera progresiva durante todo el estudio hasta un valor muy cercano a cero, con una pequeña recidiva de  $1,41\mu\text{m}$  en la revisión del año. La diferencia entre la primera y última revisión es de  $4,688\mu\text{m}$ .

Se observa una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos un año después de haber introducido los ICRS ( $p=0,046$ ) (Tabla 161).



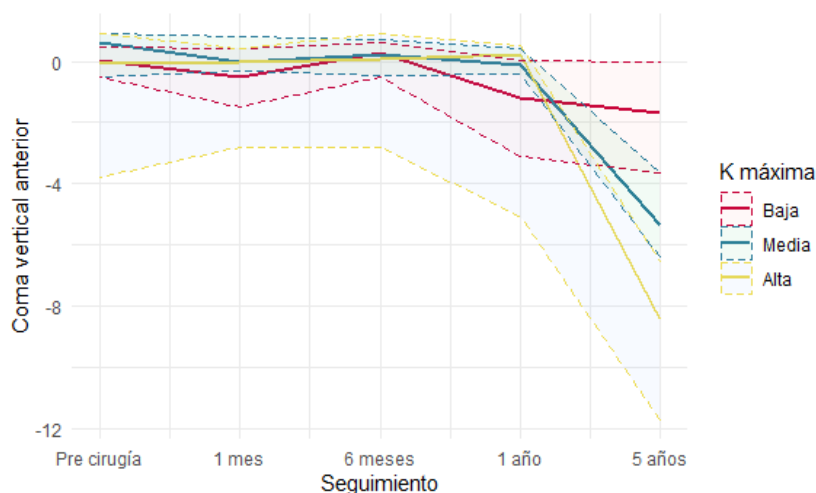
### ABERRACIÓN COMÁTICA VERTICAL DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 162.- Descripción del coma vertical anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	0,052 (-0,507; 0,461)	0,600 (-0,493; 0,921)	-0,056 (-3,81; 0,919)	0,630
1 mes	-0,506 (-1,480; 0,404)	-5,00e-04 (-0,301; 0,795)	-0,012 (-2,790; 0,428)	0,790
6 meses	0,249 (-0,514; 0,635)	0,243 (-0,440; 0,726)	0,066 (-2,790; 0,910)	1,000
1 año	-1,220 (-3,080; 0,037)	-0,127 (-0,411; 0,416)	0,216 (-5,070; 0,495)	0,780
5 años	-1,680 (-3,640; -2,5e-04)	-5,360 (-6,360; -3,650)	-8,410 (-11,700; -6,55)	0,025*

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 78.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es muy cerca de cero en los pacientes con K máxima baja y K máxima alta. Al final del estudio se encuentra un aumento hacia valores más negativos de esta aberración en los tres grupos, sobre todo el grupo con K máxima alta, con un incremento de 8,350 $\mu\text{m}$ , después K máxima media con 5,960 $\mu\text{m}$  y el grupo con K máxima baja con 1,732 $\mu\text{m}$ . En todos los grupos en mayor cambio lo se obtiene en la revisión de los cinco años (Gráfico 78).

Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en la revisión de los cinco años ( $p=0,025$ ) (Tabla 162).

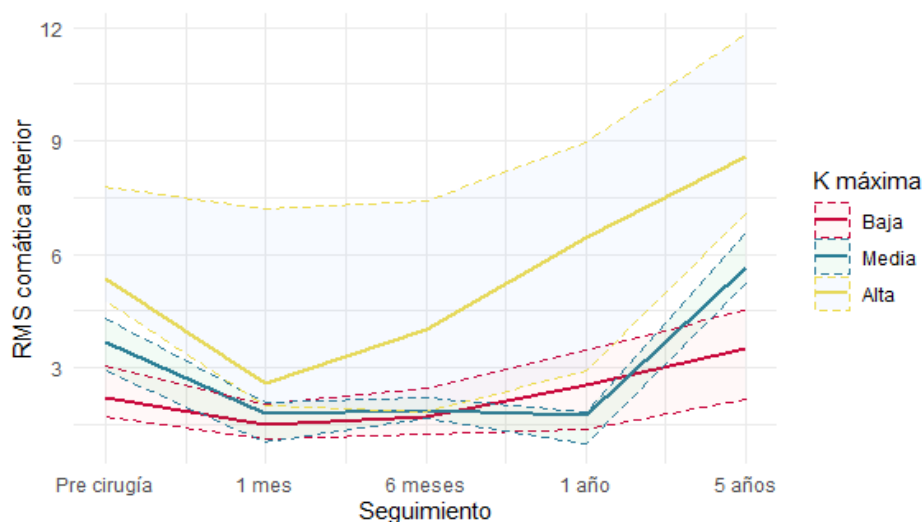
### RMS DE LA ABAERRACIÓN COMÁTICA ANTERIOR

Tabla 163.- Descripción de la RMS comática anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	2,230 (1,700; 3,050)	3,660 (2,930; 4,300)	5,350 (4,760; 7,790)	0,009*
<b>1 mes</b>	1,500 (1,110; 2,060)	1,800 (1,050; 2,070)	2,570 (1,980; 7,190)	0,096
<b>6 meses</b>	1,690 (1,260; 2,470)	1,880 (1,670; 2,220)	4,020 (1,840; 7,430)	0,280
<b>1 año</b>	2,550 (1,380; 3,490)	1,740 (0,994; 1,850)	6,440 (2,920; 8,960)	0,033*
<b>5 años</b>	3,520 (2,190; 4,520)	5,660 (5,230; 6,570)	8,580 (7,090; 11,800)	0,067

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 79.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS comática anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es mayor en pacientes con K máxima alta, seguido de K máxima media y por último K máxima baja. En los tres grupos se observa un aumento de esta aberración y el mayor cambio se observa en K máxima alta (Gráfico 79).

El primer mes el valor de la RMS comática se ha reducido en los tres grupos, pero en las revisiones sucesivas vuelve a aumentar a valores superiores al preoperatorio. La diferencia respecto al preoperatorio es de 1,290 $\mu\text{m}$  en el grupo con K máxima baja, un 57,84%, de 2,000 $\mu\text{m}$  en el grupo con K máxima media, un 54,64% y en los pacientes con K máxima alta 3,230 $\mu\text{m}$  60,37%.

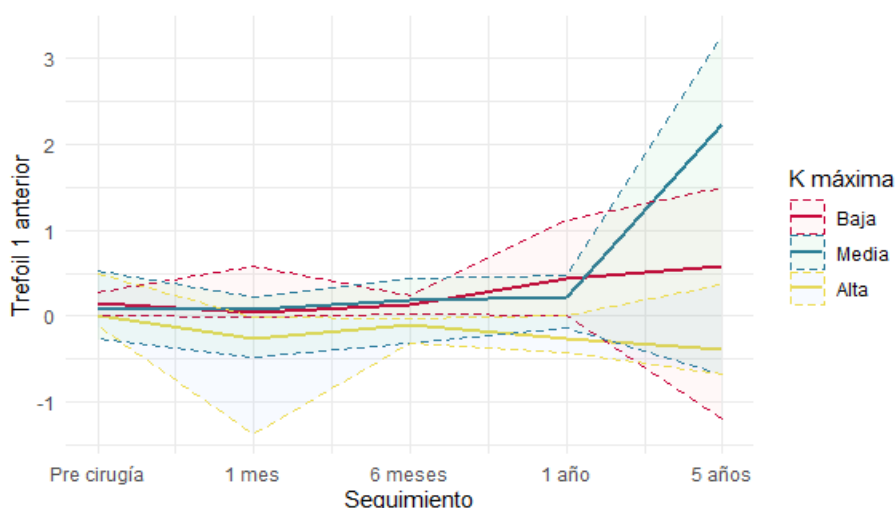
Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el examen preoperatorio ( $p=0,009$ ), el primer año ( $p=0,033$ ) después de haber introducido los ICRS (Tabla 163).

### TREFOIL 1 DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 164.- Descripción del trefoil 1 anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	0,144 (0,002; 0,272)	0,101 (-0,267; 0,520)	-5e-04 (-0,127; 0,500)	0,890
1 mes	0,045 (-0,021; 0,576)	0,069 (-0,479; 0,225)	-0,256 (-1,380; -0,019)	0,170
6 meses	0,141 (0,019; 0,243)	0,178 (-0,316; 0,431)	-0,105 (-0,314; -0,035)	0,100
1 año	0,444 (0,001; 1,130)	0,223 (-0,144; 0,466)	-0,259 (-0,419; 0,004)	0,120
5 años	0,578 (-1,190; 1,490)	2,240 (-0,669; 3,260)	-0,391 (-0,676; 0,359)	0,340

Gráfico 80.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es mayor en pacientes con K máxima baja, seguido de K máxima media y por último K máxima alta. El mayor cambio se observa en los pacientes con K máxima media (Gráfico 80).

En los dos primeros grupos se observa una reducción del valor de esta aberración durante el primer mes, pero en las siguientes revisiones vuelve a aumentando sobrepasando la mediana del preoperatorio. La diferencia a los cinco años respecto al preoperatorio es de 0,434 $\mu\text{m}$  en los pacientes con K máxima baja y 2,239 $\mu\text{m}$ .

La mediana preoperatoria de este parámetro tiene signo negativo y es muy cercana a cero en los pacientes con K máxima alta. Durante el estudio aumenta su valor negativo progresivamente, y al final del estudio hay una diferencia de 0,391 $\mu\text{m}$  con el examen inicial.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 164).

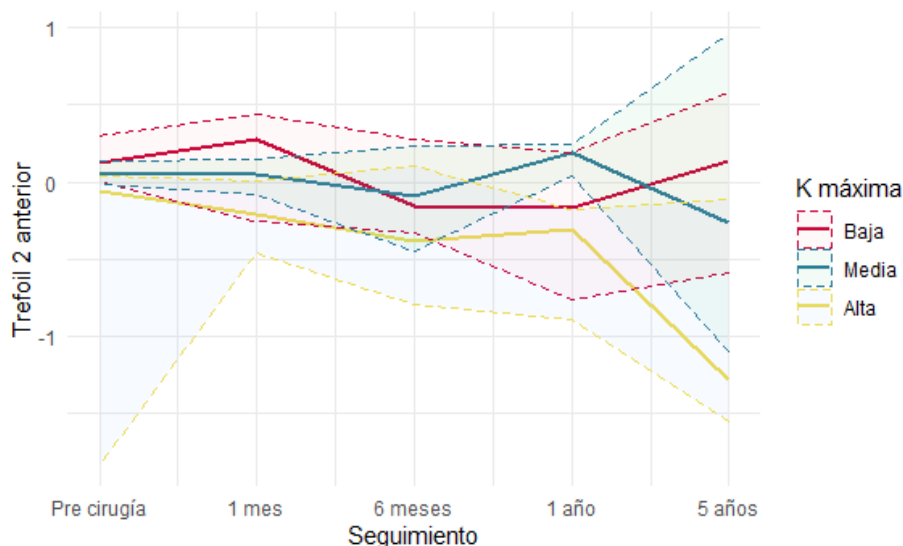
### TREFOIL 2 DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 165.- Descripción del trefoil 2 anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
Pre	0,130 (0,007; 0,298)	0,048 (-0,012; 0,137)	-0,063 (-1,830; 0,044)	0,089
1 mes	0,273 (-0,249; 0,438)	0,050 (-0,079; 0,149)	-0,207 (-0,462; 0,003)	0,380
6 meses	-0,152 (-0,326; 0,278)	-0,092 (-0,448; 0,237)	-0,378 (-0,796; 0,101)	0,610
1 año	-0,168 (-0,766; 0,187)	0,195 (0,0343; 0,25)	-0,308 (-0,892; -0,18)	0,025*
5 años	0,136 (-0,585; 0,584)	-0,261 (-1,100; 0,962)	-1,280 (-1,550; -0,110)	0,400

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 81.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



El grupo con K máxima baja fluctúa durante todo el estudio y en la revisión de los cinco años se encuentra una mediana muy similar a la preoperatoria, la diferencia entre ambas es de  $0,006\mu\text{m}$  (Gráfico 81).

La mediana en los pacientes con K máxima media se mantiene estable el primer mes en valores muy cercanos a 0, pero en las siguientes revisiones oscila por encima y por debajo del preoperatorio. En la última revisión ha cambiado su signo positivo inicial por negativo y la diferencia entre las revisiones es de  $0,309\mu\text{m}$ .

La mediana del grupo con K máxima alta es también cercana a cero en la primera revisión, con el paso del tiempo se observa un aumento progresivo, un total de  $1,210\mu\text{m}$  al final del estudio al compararlo con el preoperatorio.

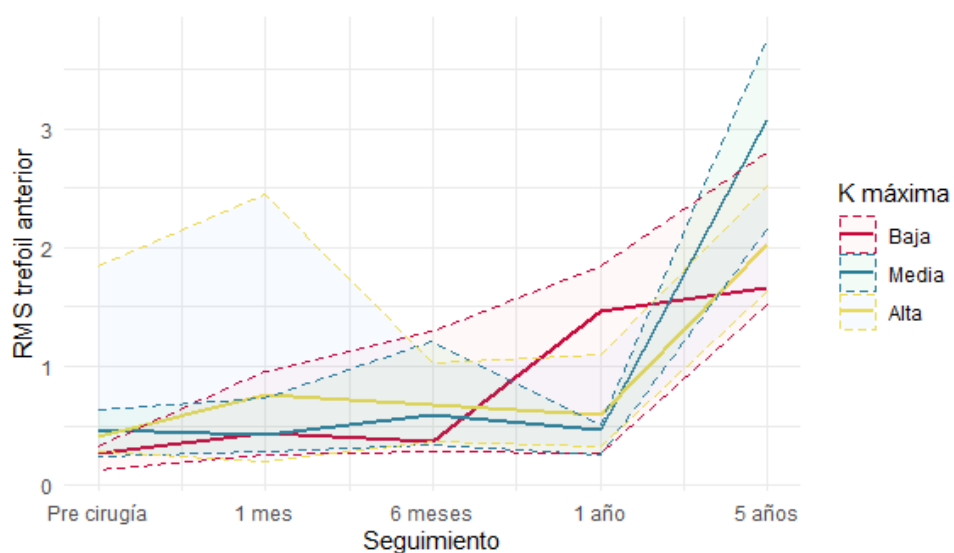
Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en la revisión de un año ( $p=0,025$ ) (Tabla 165).

### RMS DEL TREFOIL DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 166.- Descripción de la RMS trefoil anterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	$p$ -valor
<b>Pre</b>	0,275 (0,130; 0,331)	0,470 (0,236; 0,630)	0,405 (0,291; 1,850)	0,270
<b>1 mes</b>	0,435 (0,257; 0,959)	0,419 (0,278; 0,734)	0,765 (0,197; 2,440)	0,990
<b>6 meses</b>	0,371 (0,278; 1,300)	0,597 (0,339; 1,210)	0,674 (0,368; 1,030)	0,970
<b>1 año</b>	1,460 (0,275; 1,840)	0,461 (0,264; 0,504)	0,593 (0,326; 1,100)	0,800
<b>5 años</b>	1,660 (1,520; 2,800)	3,080 (2,160; 3,760)	2,030 (1,640; 2,510)	0,330

Gráfico 82.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS trefoil anterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



Al evaluar el trefoil anterior en los tres grupos se encuentra un aumento progresivo de la mediana de esta aberración con una recidiva a los seis meses en el grupo con K máxima baja y al año en los otros dos grupos (Gráfico 82).

La diferencia respecto al preoperatorio es de  $1,385\mu\text{m}$  en los pacientes con K máxima baja,  $2,610\mu\text{m}$  en los que tienen K máxima media, y de  $1,625\mu\text{m}$  en el grupo con K máxima alta.

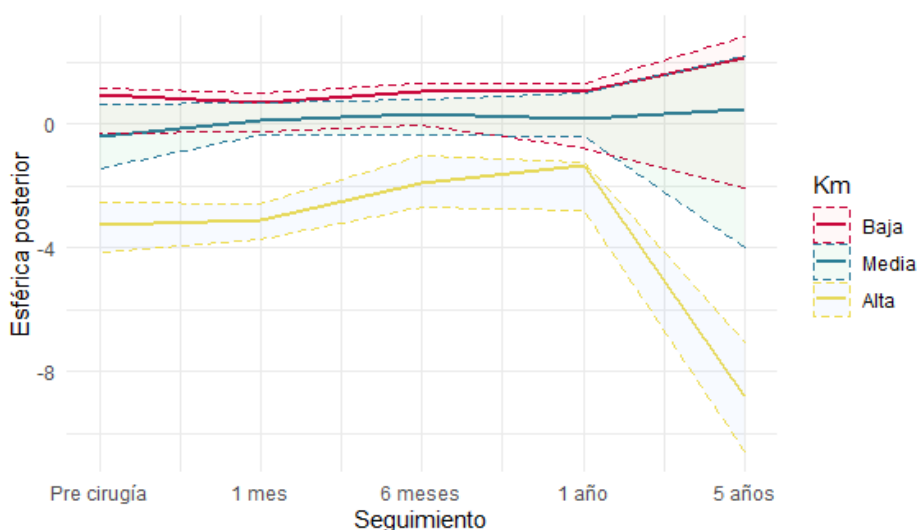
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 166).

### ABERRACIÓN ESFÉRICA DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 167.- Descripción de la aberración esférica posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
Pre	-0,121 (-1,460; 1,150)	0,467 (-0,216; 0,925)	-1,690 (-2,990; -0,955)	0,150
1 mes	-0,162 (-1,630; 0,759)	0,544 (0,206; 1,060)	-1,230 (-2,950; -0,174)	0,059
6 meses	-0,074 (-2,660; 1,070)	0,610 (0,410; 1,460)	-0,326 (-1,880; 0,497)	0,290
1 año	-0,310 (-3,000; 1,190)	0,938 (0,477; 1,260)	-0,531 (-1,230; 0,080)	0,500
5 años	1,170 (-3,850; 2,670)	1,720 (-1,580; 2,580)	-3,330 (-5,090; -0,628)	0,550

Gráfico 83.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



Al evaluar la aberración esférica posterior en pacientes con K máxima baja se encuentran fluctuaciones alrededor del preoperatorio durante el primer año. En la revisión de los cinco años en cambio, se observa un aumento de su valor y un cambio del signo, la diferencia entre el valor inicial y a los cinco años es  $1,291\mu\text{m}$  (Gráfico 83).

En los otros dos grupos el valor de la aberración esférica posterior aumenta progresivamente con cada revisión. En los pacientes con K máxima media la mediana, la cual tiene signo positivo incrementa su valor  $1,253\mu\text{m}$ . La mediana preoperatoria del grupo con K máxima alta es negativa y aumenta  $1,640\mu\text{m}$  su valor negativo durante los cinco años del estudio.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, aunque sí que se observa una tendencia hacia la significancia en la revisión del mes ( $p=0,059$ ) (Tabla 167).

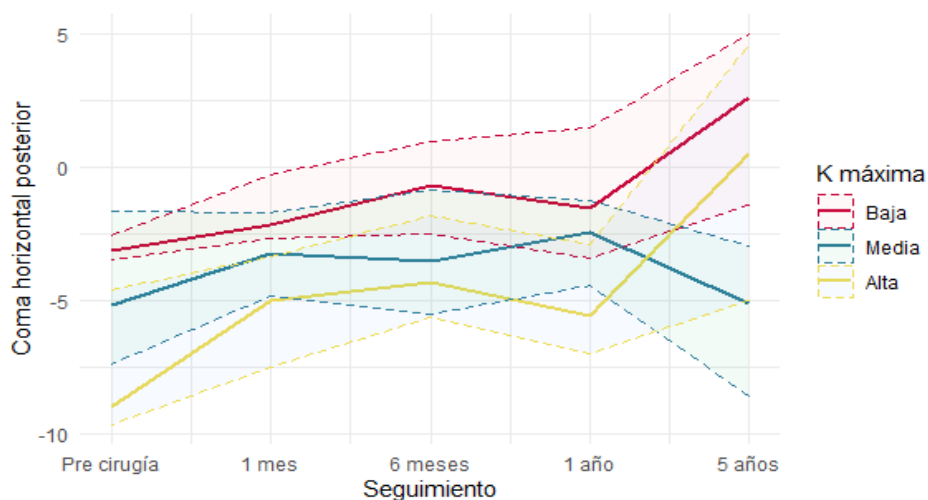
### ABERRACIÓN COMÁTICA HORIZONTAL DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 168.- Descripción del coma horizontal posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	$p$ -valor
Pre	-3,150 (-3,460; -2,550)	-5,200 (-7,410; -1,680)	-8,980 (-9,670; -4,640)	0,079
1 mes	-2,190 (-2,710; -0,291)	-3,270 (-4,840; -1,700)	-5,02 (-7,510; -3,350)	0,093
6 meses	-0,712 (-2,500; 0,946)	-3,550 (-5,500; -0,871)	-4,330 (-5,660; -1,830)	0,086
1 año	-1,570 (-3,420; 1,440)	-2,450 (-4,440; -1,280)	-5,580 (-6,980; -2,940)	0,390
5 años	2,570 (-1,440; 4,990)	-5,110 (-8,590; -2,950)	0,471 (-5,030; 4,590)	0,022*

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 84.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



Se observa una positivización de la mediana de este parámetro en los tres grupos, sobre todo en los pacientes con K máxima alta (Gráfico 84).

El grupo con K máxima baja la positivización ocurre gradualmente con una recidiva a los seis meses. El mayor cambio se encuentra en la revisión de los cinco años donde la mediana cambia su signo preoperatorio de negativo a positivo. Al comparar esta revisión con la inicial la diferencia es de  $5,720\mu\text{m}$ .

En los pacientes con K máxima media se observa una reducción de la mediana durante el primer año, pero en la revisión de los cinco años vuelve a aumentar a valores muy similares al preoperatorio. La diferencia entre el primer y último examen es de  $0,090\mu\text{m}$ .

En el grupo con K máxima alta el valor de la mediana se positiviza progresivamente en cada revisión a excepción del examen del año donde se encuentra una recidiva. En el examen de los cinco años es donde más ha variado este parámetro, acercándose bastante a cero y cambiando su signo de negativo a positivo. La diferencia respecto al preoperatorio es de  $9,451\mu\text{m}$ .

Se encuentran diferencias estadísticamente significativas en la revisión de los cinco años ( $p=0,022$ ) (Tabla 168).

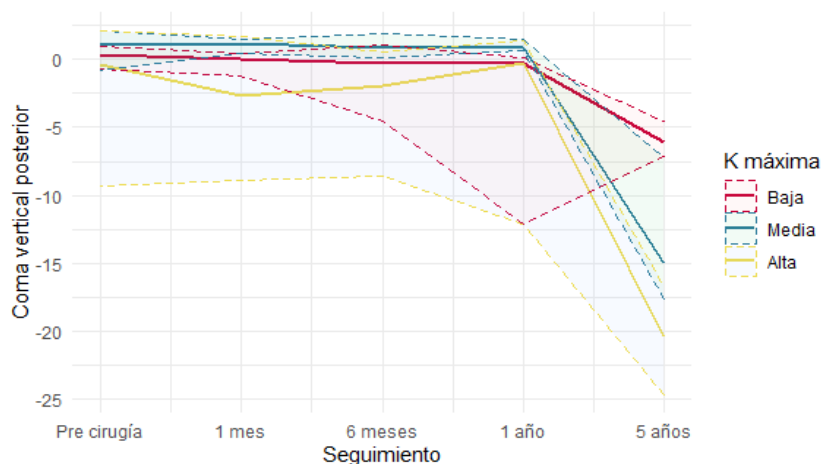
### ABERRACIÓN COMÁTICA VERTICAL POSTERIOR

Tabla 169.- Descripción del coma vertical posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	$p$ -valor
Pre	0,325 (-0,645; 0,931)	1,120 (-0,776; 2,160)	-0,365 (-9,310; 2,080)	0,710
1 mes	0,089 (-1,160; 0,506)	1,210 (0,499; 1,540)	-2,660 (-8,870; 1,740)	0,340
6 meses	-0,267 (-4,490; 1,040)	0,861 (0,119; 1,950)	-1,930 (-8,560; 0,597)	0,200
1 año	-0,233 (-12,100; 0,190)	0,895 (0,643; 1,460)	-0,270 (-12,100; 1,380)	0,400
5 años	-6,120 (-7,130; -4,510)	-15,100 (-17,60; -7,24)	-20,400 (-24,70; -16,7)	0,012*

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 85.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



Cuando se evalúa el coma vertical posterior se observa que en los tres grupos hay una negativización de la mediana de esta aberración de manera gradual durante el estudio, con una recidiva, en el grupo con K máxima baja y media en la revisión del año y en los pacientes con K máxima alta en el examen de los seis meses y un año para luego volver a negativizarse en la última revisión. El mayor cambio se encuentra en los tres grupos en la revisión de los cinco años y el que más varía es el de los pacientes con K máxima alta (Gráfico 85).

El grupo con K máxima baja y media la variación es de  $6,445\mu\text{m}$  y  $16,220\mu\text{m}$  respectivamente, la mediana que preoperatoriamente era positiva cambia su signo y aumenta su valor absoluto.

En los pacientes con K máxima alta la mediana era negativa preoperatoriamente y durante el estudio aumenta su valor. La diferencia entre el preoperatorio y el examen de los cinco años es de  $20,035\mu\text{m}$



Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en la revisión de los cinco años ( $p=0,012$ ) (Tabla 169).

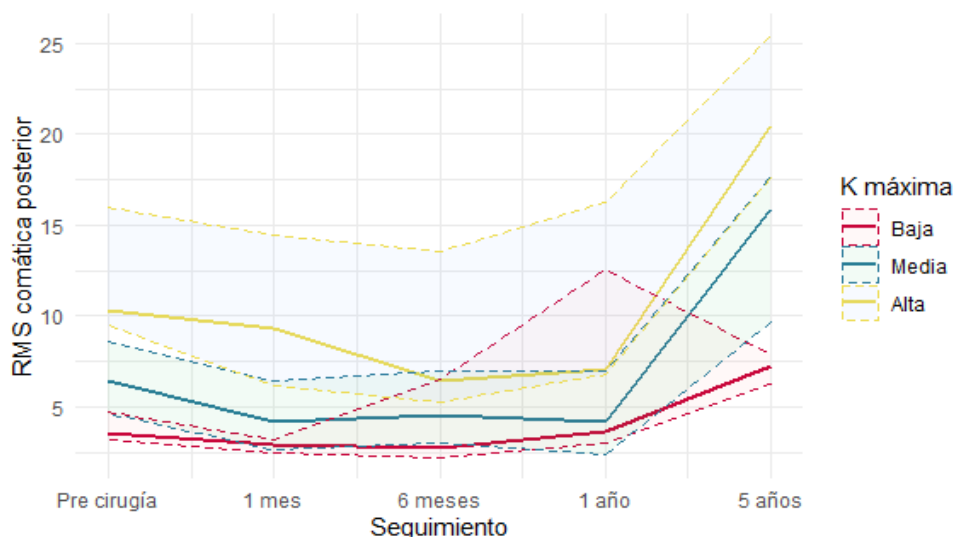
### RMS DE LA ABERRACIÓN COMÁTICA DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 170.- Descripción de la RMS comática posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	$p$ -valor
<b>Pre</b>	3,590 (3,160; 4,690)	6,450 (4,660; 8,550)	10,300 (9,470; 16,000)	0,018*
<b>1 mes</b>	2,890 (2,430; 3,200)	4,170 (2,680; 6,420)	9,340 (6,120; 14,400)	0,011*
<b>6 meses</b>	2,720 (2,200; 6,570)	4,570 (3,020; 6,930)	6,420 (5,240; 13,600)	0,250
<b>1 año</b>	3,670 (2,980; 12,600)	4,180 (2,390; 7,010)	7,060 (6,830; 16,300)	0,240
<b>5 años</b>	7,260 (6,260; 7,840)	15,900 (9,640; 17,700)	20,500 (17,600; 25,50)	0,012*

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 86.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS comática posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es mayor en pacientes con K máxima alta, seguido de K máxima media y por último K máxima baja. El mayor cambio se observa en K máxima alta (Gráfico 86).

En los tres grupos el valor de la RMS comática se reduce durante los primeros seis meses, pero en las revisiones sucesivas ha vuelto a aumentar, en el primer grupo 3,670 $\mu\text{m}$  y en el segundo 9,450 $\mu\text{m}$  y en el tercero 10,200 $\mu\text{m}$ , un 102,22%, 246,51% y 99,02% respectivamente.

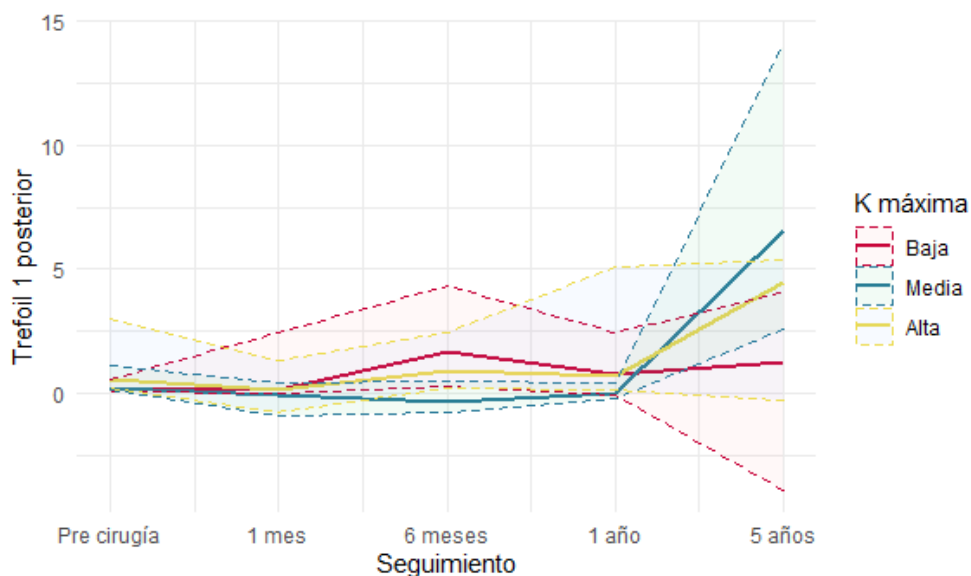
Se encuentran diferencias estadísticamente significativas en el examen preoperatorio ( $p=0,018$ ), en la revisión del mes después de haber introducido los ICRS ( $p=0,011$ ) y en el de los cinco años ( $p=0,012$ ) (Tabla 170).

### TREFOIL 1 DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 171.- Descripción del trefoil 1 posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	0,177 (0,033; 0,537)	0,228 (0,106; 1,120)	0,590 (0,173; 2,970)	0,630
1 mes	0,105 (-0,019; 2,440)	-0,068 (-0,932; 0,382)	0,111 (-0,747; 1,340)	0,480
6 meses	1,660 (0,283; 4,310)	-0,338 (-0,803; 0,466)	0,929 (0,190; 2,460)	0,210
1 año	0,793 (-0,097; 2,450)	-0,014 (-0,214; 0,390)	0,673 (0,117; 5,100)	0,520
5 años	1,250 (-3,920; 4,020)	6,580 (2,560; 14,100)	4,450 (-0,302; 5,380)	0,190

Gráfico 87.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



Cuando se evalúa el trefoil 1 en los tres grupos una fluctuación durante todo el estudio, y en los tres grupos se encuentra un valor superior al preoperatorio a los cinco años, sobre todo el grupo de pacientes con K máxima media (Gráfico 87).

Si se compara la diferencia del preoperatorio con el examen de los cinco años, el grupo con K máxima baja ha aumentado 1,073 $\mu\text{m}$ , el grupo con K máxima media 6,352 $\mu\text{m}$  y en los pacientes con K máxima alta 3,860 $\mu\text{m}$ .

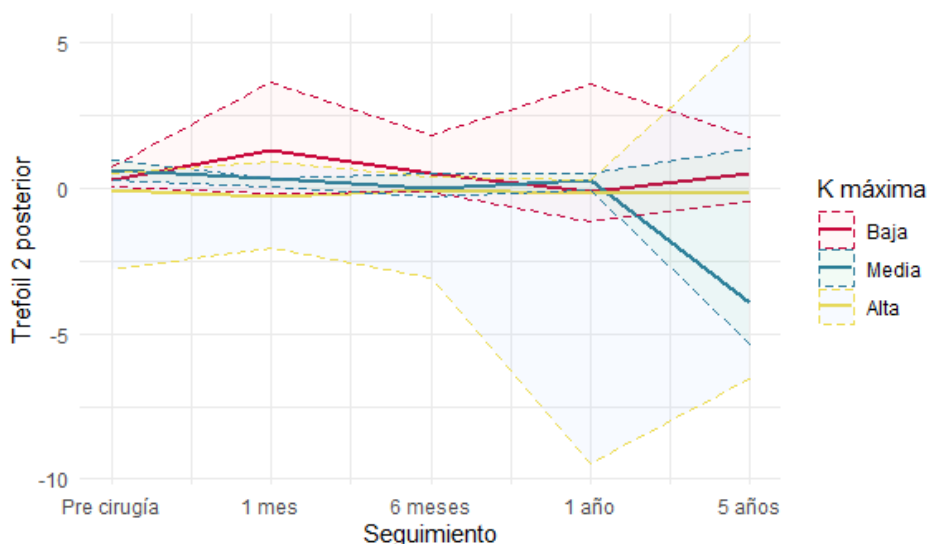
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguno de los exámenes (Tabla 171).

### TREFOIL 2 DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 172.- Descripción del trefoil 2 posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	$p$ -valor
Pre	0,259 (0,038; 0,757)	0,613 (0,257; 0,954)	-0,046 (-2,770; 0,483)	0,140
1 mes	1,320 (-0,174; 3,660)	0,321 (0,038; 0,355)	-0,289 (-2,080; 0,907)	0,210
6 meses	0,528 (-0,110; 1,800)	0,012 (-0,305; 0,535)	-0,032 (-3,060; 0,402)	0,420
1 año	-0,103 (-1,130; 3,570)	0,285 (-0,068; 0,522)	-0,164 (-9,470; 0,264)	0,360
5 años	0,483 (-0,461; 1,740)	-3,920 (-5,360; 1,350)	-0,184 (-6,580; 5,260)	0,850

Gráfico 88.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana del grupo con K máxima baja fluctúa por encima y por debajo de la media durante el estudio. A los cinco años se encuentra un valor  $0,224\mu\text{m}$  por encima de la mediana preoperatoria (Gráfico 88).

La mediana de los pacientes con K máxima media se vuelve más negativa de manera gradual durante el estudio. Preoperatoriamente cuenta con una mediana positiva que cambia su signo al final del estudio. La diferencia entre el trefoil 2 preoperatorio y a los cinco años es de  $4,533\mu\text{m}$ .

El grupo con K máxima alta aumenta su valor negativo al final del estudio, la diferencia entre el preoperatorio y el último examen es de  $0,138\mu\text{m}$ .

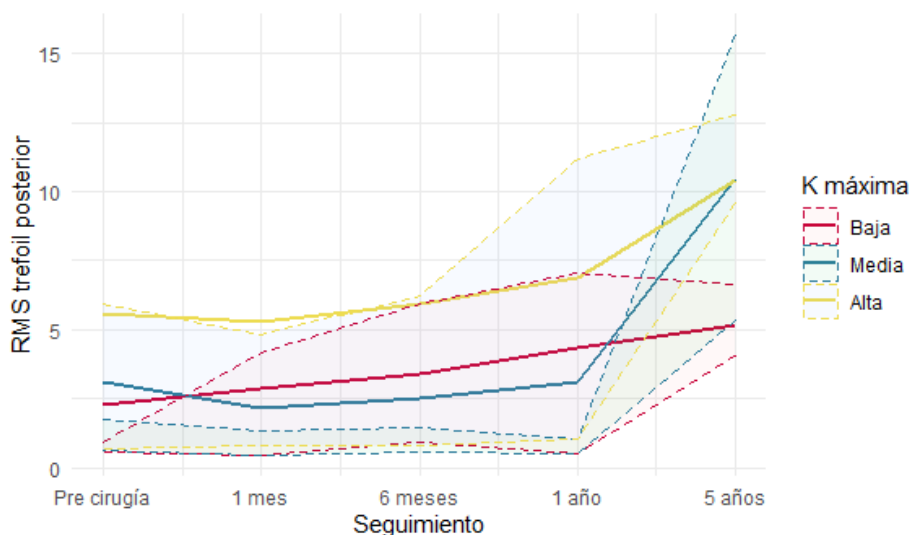
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 172).

### RMS DEL TREFOIL DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 173.- Descripción de la RMS trefoil posterior de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,679 (0,538; 0,901)	0,793 (0,620; 1,750)	1,100 (0,663; 5,930)	0,610
<b>1 mes</b>	1,890 (0,446; 4,160)	0,853 (0,479; 1,330)	1,560 (0,821; 4,810)	0,340
<b>6 meses</b>	1,910 (0,896; 5,950)	1,260 (0,569; 1,460)	1,370 (0,777; 6,230)	0,910
<b>1 año</b>	5,820 (0,513; 7,050)	0,550 (0,479; 1,060)	1,500 (1,010; 11,200)	0,380
<b>5 años</b>	5,210 (4,040; 6,630)	9,540 (5,330; 15,700)	10,700 (9,600; 12,800)	0,096

Gráfico 89.- Evolución media y rango intercuartílico de la RMS trefoil posterior de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



En los tres grupos se observa un aumento del valor de la RMS progresivamente durante los cinco años que dura el estudio con una recidiva, en el grupo con K máxima baja a en la última revisión, en los pacientes con K máxima media en la de un año y en el grupo de K máxima alta a los seis meses (Gráfico 89).

La diferencia la visita de los cinco años y el preoperatorio es de  $4,531\mu\text{m}$  en el primer grupo, de  $8,747\mu\text{m}$  y de  $9,600\mu\text{m}$  en el tercero.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 173).

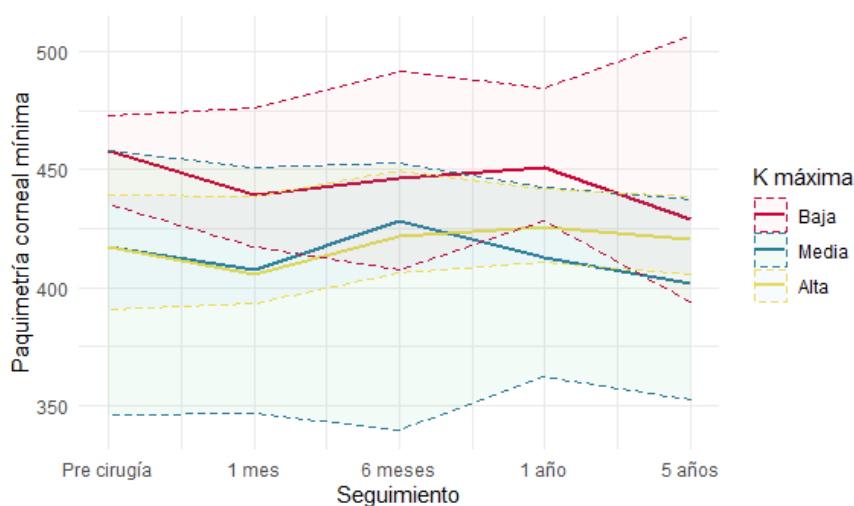
## 5.4.2.4 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS

## PAQUIMETRÍA CORNEAL MÍNIMA

Tabla 174.- Descripción de la paquimetría corneal mínima de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
Pre	458 (435; 473)	418 (346; 458)	418 (390; 439)	0,170
1 mes	439 (417; 476)	408 (347; 451)	406 (394; 438)	0,350
6 meses	446 (408; 492)	428 (340; 453)	422 (406; 450)	0,500
1 año	451 (428; 484)	412 (362; 442)	426 (410; 442)	0,270
5 años	429 (394; 506)	402 (353; 437)	420 (406; 438)	0,320

Gráfico 90.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la paquimetría corneal mínima de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



Preoperatoriamente el grupo con K máxima baja cuenta con valores superiores preoperatorios,  $40\mu\text{m}$ , pero esta diferencia no llega a ser estadísticamente significativa ( $p=0,17$ ).

La paquimetría corneal mínima se ve reducida en los pacientes con K máxima baja y media al final del estudio, en el primer grupo  $29\mu\text{m}$ , un 6,33% y en el segundo de  $16\mu\text{m}$  3,82% (Gráfico 90).

En el grupo con K máxima alta se reduce el valor de la mediana  $12\mu\text{m}$  el primer mes, pero en las revisiones sucesivas vuelve a aumentar. La diferencia entre el preoperatorio y la revisión de los cinco años es de  $2\mu\text{m}$ , un 0,47%.

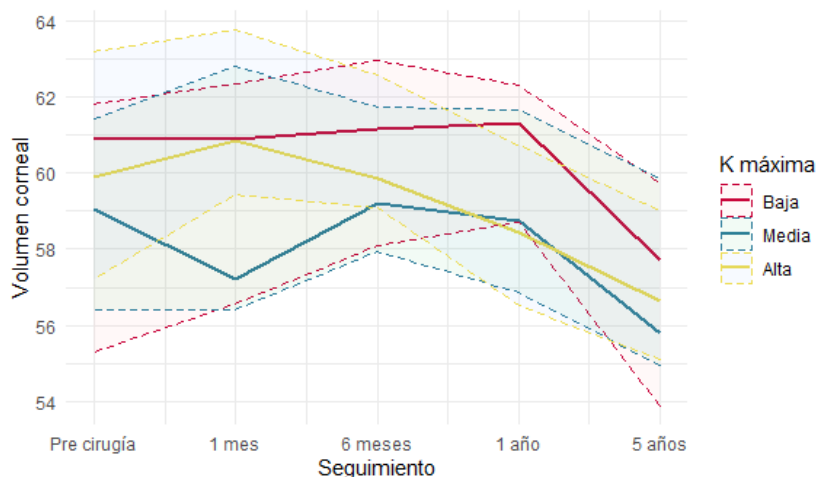
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 174).

## VOLUMEN CORNEAL

Tabla 175.- Descripción del volumen corneal de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( mm <sup>3</sup> )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	60,90 (55,30; 61,80)	59,00 (56,40; 61,40)	59,90 (57,20; 63,20)	0,800
<b>1 mes</b>	60,90 (56,60; 62,40)	57,20 (56,40; 62,80)	60,80 (59,40; 63,80)	0,430
<b>6 meses</b>	61,10 (58,10; 62,90)	59,20 (58,00; 61,70)	59,80 (59,10; 62,60)	0,900
<b>1 año</b>	61,30 (58,70; 62,30)	58,80 (56,90; 61,70)	58,50 (56,50; 60,80)	0,900
<b>5 años</b>	57,70 (53,90; 59,70)	55,80 (55,00; 59,90)	56,60 (55,10; 59,00)	0,930

Gráfico 91.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen corneal de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana del volumen corneal se encuentra reducida en los tres grupos en la última revisión (Gráfico 91).

El grupo con K máxima se mantiene estable durante el primer mes, y partir de esa revisión aumenta hasta el examen de los cinco años dónde el valor de la mediana vuelve a reducirse. En esta revisión en volumen corneal es 3,20mm<sup>3</sup> inferior al preoperatorio, un 5,25%.

La mediana de los pacientes con K máxima media fluctúa durante los primeros seis meses, a partir de allí se reduce y en la última revisión es 3,20mm<sup>3</sup> menor que el preoperatorio, un 5,43%.

En el grupo de pacientes con K máxima alta la media aumenta 0,8mm<sup>3</sup> durante el primer mes, pero en las siguientes revisiones disminuye de manera gradual. La diferencia entre el preoperatorio y el examen de los cinco años es de 3,30mm<sup>3</sup>, un 5,50% del valor inicial.

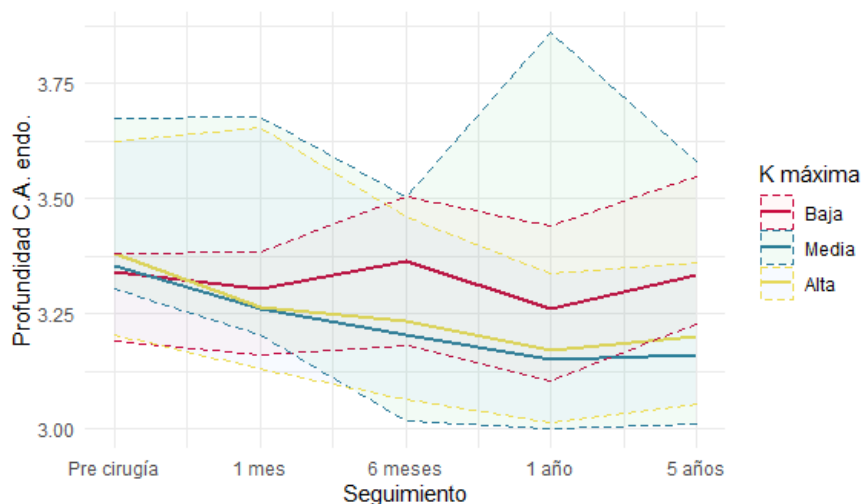
No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 175).

### PROFUNDIDAD DE LA CÁMARA ANTERIOR (CA)

Tabla 176.- Descripción de la profundidad de CA de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( mm )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	3,34 (3,19; 3,38)	3,35 (3,30; 3,67)	3,38 (3,20; 3,62)	0,910
<b>1 mes</b>	3,30 (3,16; 3,38)	3,26 (3,21; 3,68)	3,26 (3,13; 3,65)	0,880
<b>6 meses</b>	3,37 (3,18; 3,50)	3,21 (3,02; 3,50)	3,23 (3,06; 3,46)	0,970
<b>1 año</b>	3,26 (3,10; 3,44)	3,15 (3,00; 3,86)	3,17 (3,02; 3,34)	0,830
<b>5 años</b>	3,33 (3,23; 3,55)	3,16 (3,01; 3,58)	3,20 (3,05; 3,36)	0,810

Gráfico 92.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la profundidad de CA los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



En los tres grupos se observa una disminución del valor de la profundidad de CA, sobre todo en K máxima media y alta (Gráfico 92).

El grupo con K máxima baja aumenta su valor durante los 6 primeros meses de estudio, en la revisión del año disminuye de nuevo para volver a aumentar en el último examen. En la última revisión el valor que se obtiene es muy similar al preoperatorio, la diferencia es de 0,01mm.

Los otros dos grupos reducen su valor de manera progresiva, salvo por una recidiva en la última revisión, de 0,01mm y 0,03mm respectivamente. En los pacientes con K máxima media la diferencia entre el preoperatorio y la revisión de los cinco años es de 0,19mm, un 5,67%. En el grupo con K máxima alta es de 0,18mm, un 5,32% del valor inicial.

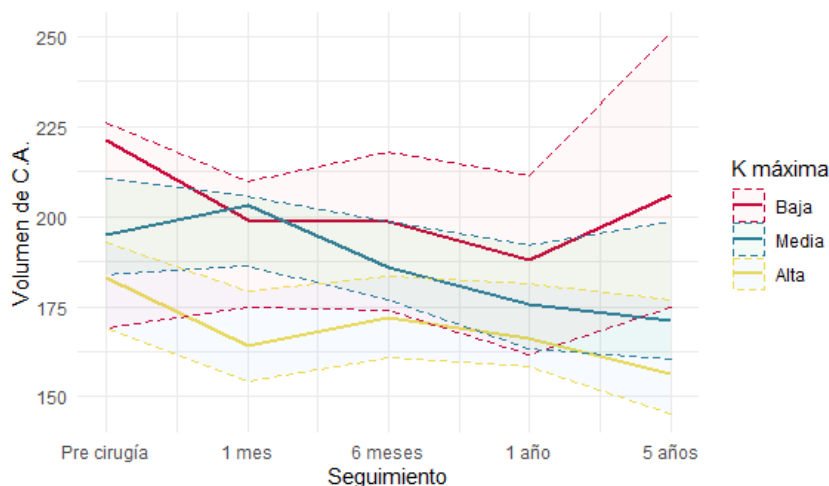
No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 176).

**VOLUMEN DE LA CÁMARA ANTERIOR (CA)**

Tabla 177.- Descripción del volumen de CA de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	<b>K máxima: Baja n=10 (36%)</b>	<b>K máxima: Media n=8 (32%)</b>	<b>K máxima: Alta n=8 (32%)</b>	
( mm <sup>3</sup> )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	221 (169; 226)	195 (184; 210)	183 (169; 193)	0,360
<b>1 mes</b>	199 (175; 210)	203 (186; 206)	164 (154; 179)	0,066
<b>6 meses</b>	198 (174; 218)	186 (177; 199)	172 (161; 183)	0,180
<b>1 año</b>	188 (162; 212)	176 (164; 192)	166 (158; 181)	0,680
<b>5 años</b>	206 (175; 251)	171 (160; 198)	156 (145; 177)	0,320

Gráfico 93.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen de CA de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



Cuando se evalúa el volumen de la CA se encuentra una reducción progresiva de la mediana en los tres grupos (Gráfico 93).

En el grupo con K máxima baja la disminución es progresiva durante el primer año, de 33,00mm<sup>3</sup>, pero en la última revisión ha vuelto a aumentar. La diferencia entre el examen preoperatorio y el de los cinco años es de 0,15mm<sup>3</sup>.

La mediana de los pacientes con K máxima media el primer mes aumenta 8mm<sup>3</sup> y en las revisiones sucesivas disminuye, en la última revisión es 24mm<sup>3</sup> inferior al preoperatorio, un 12,30%.

En los pacientes con K máxima alta la mediana se reduce de manera progresiva durante el estudio, a excepción de la revisión de los seis meses donde se encuentra una pequeña recidiva de 8mm<sup>3</sup>. El valor del volumen de CA a los cinco años se ha reducido 27mm<sup>3</sup> respecto al preoperatorio.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas durante el estudio, pero sí que se observa una tendencia en la revisión del mes ( $p=0,066$ ) (Tabla 177).



## 5.4.2.5 PARÁMETROS BIOMECÁNICOS

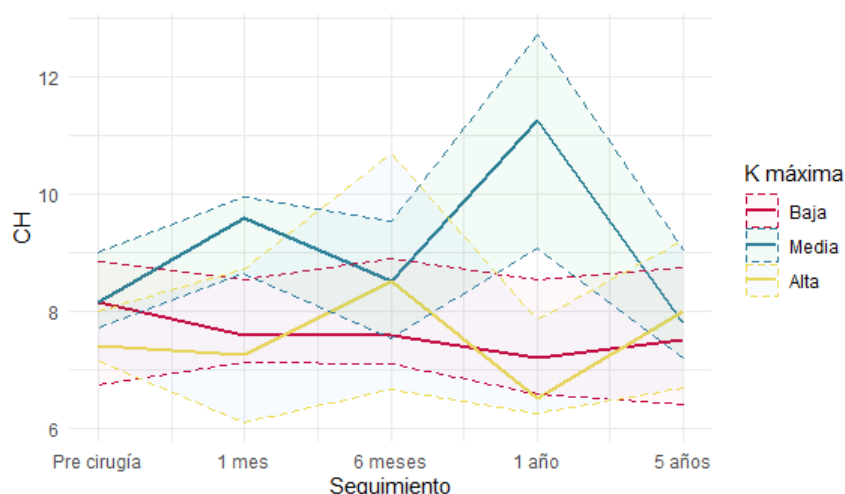
## HISTÉRESIS CORNEAL (CH)

Tabla 178.- Descripción de la CH de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( mmHg )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	8,15 (6,75; 8,85)	8,15 (7,72; 9,00)	7,40 (7,15; 8,00)	0,620
<b>1 mes</b>	7,60 (7,12; 8,55)	9,6 (8,65; 9,95)	7,25 (6,10; 8,72)	0,140
<b>6 meses</b>	7,60 (7,10; 8,90)	8,50 (7,53; 9,55)	8,50 (6,67; 10,70)	0,790
<b>1 año</b>	7,20 (6,60; 8,55)	11,20 (9,08; 12,70)	6,50 (6,25; 7,85)	0,019*
<b>5 años</b>	7,50 (6,40; 8,75)	7,80 (7,20; 9,05)	8,00 (6,70; 9,20)	0,500

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 94.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CH de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



El valor de CH es inferior en los pacientes con K máxima alta, una diferencia de 0,75mmHg que no llega a ser estadísticamente significativa. En cambio, en la última revisión el grupo en el que se observa una mediana mayor también en grupo con K máxima alta.

En el grupo con K máxima alto el valor de la mediana de CH se reduce durante el primer año 0,95mmHg, pero en la última revisión ha vuelto a aumentar. La diferencia entre el preoperatorio y la revisión de los cinco años es de 0,65mmHg, un 7,97% (Gráfico 94).

El valor de la mediana en el grupo con K máxima media oscila, siempre entre valores superiores al preoperatorio, durante el primer año. En la revisión de los cinco años se encuentra un valor 0,35mmHg inferior al preoperatorio, un 4,25%.

En el grupo con K máxima alta el valor de CH fluctúa entre valores superiores e inferiores al preoperatorio durante todo el estudio. En la última revisión la mediana está 0,60mmHg por encima de la inicial, un 7,36%.

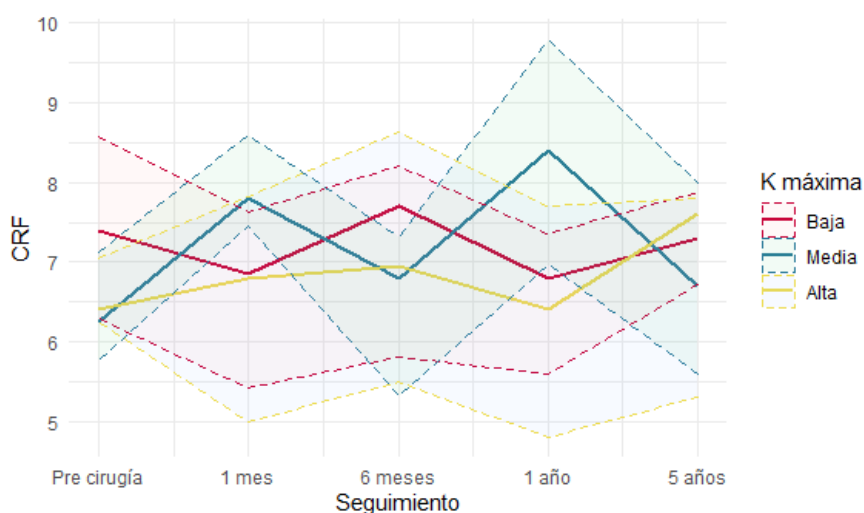
Se encuentran diferencias estadísticamente significativas en la revisión del año ( $p=0,0019$ ) (Tabla 178).

### FACTOR DE RESISTENCIA CORNEAL (CRF)

Tabla 179.- Descripción de la CRF de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( mmHg )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	$p$ -valor
Pre	7,40 (6,30; 8,58)	6,25 (5,78; 7,12)	6,40 (6,25; 7,05)	0,710
1 mes	6,85 (5,42; 7,62)	7,80 (7,45; 8,60)	6,80 (5,00; 7,83)	0,200
6 meses	7,70 (5,80; 8,20)	6,80 (5,33; 7,32)	6,95 (5,5; 8,62)	0,490
1 año	6,80 (5,60; 7,35)	8,40 (6,98; 9,80)	6,40 (4,80; 7,70)	0,330
5 años	7,30 (6,73; 7,88)	6,70 (5,60; 8,00)	7,60 (5,30; 7,80)	0,750

Gráfico 95. Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CRF de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana del CRF oscila por encima y por debajo del preoperatorio en los tres grupos. A los cinco años de haber introducido los ICRS en el grupo con K máxima baja ha disminuido 0,10mmHg respecto al preoperatorio, los pacientes con K máxima media han aumentado su valor 0,45mmHg, y el grupo con K máxima alta 1,20mmHg. Lo cual corresponde al 1,35%, el 7,20% y el 18,75% respectivamente (Gráfico 95).

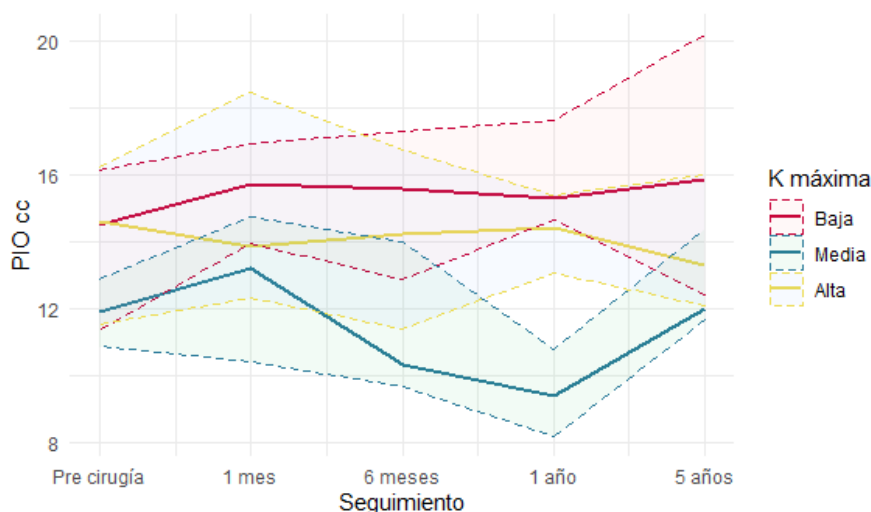
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 179).

### PRESIÓN INTRAOCULAR COMPENSADA (PIOcc)

Tabla 180.- Descripción de la PIOcc de los pacientes según el grado de la K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.

	K máxima: Baja n=10 (36%)	K máxima: Media n=8 (32%)	K máxima: Alta n=8 (32%)	
( mmHg )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	14,50 (11,30; 16,10)	11,9 (10,9; 12,9)	14,60 (11,60; 16,20)	0,400
<b>1 mes</b>	15,70 (13,90; 16,90)	13,20 (10,40; 14,80)	13,90 (12,30; 18,40)	0,400
<b>6 meses</b>	15,60 (12,90; 17,30)	10,30 (9,67; 14,00)	14,20 (11,40; 16,70)	0,150
<b>1 año</b>	15,30 (14,60; 17,60)	9,40 (8,18; 10,80)	14,40 (13,10; 15,40)	0,100
<b>5 años</b>	15,90 (12,40; 20,20)	12,00 (11,60; 14,30)	13,30 (12,10; 16,00)	0,310

Gráfico 96.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la PIOcc de los pacientes según el grado de K máxima preoperatoria de la cara anterior de la córnea.



La mediana de la PIOcc es inferior en los pacientes con K máxima media en el preoperatorio respecto a los otros dos grupos, pero la diferencia no llega a ser estadísticamente significativa.

El grupo con K máxima aumenta 1,20mmHg el primer mes. Durante el primer año vuelve a reducirse 0,40mmHg superior al preoperatorio, el 9,65% del valor inicial (Gráfico 96).

La mediana de la K máxima media lleva una trayectoria similar al grupo con K máxima baja y al final de estudio es de 0,10mmHg superior al preoperatorio, un 0,84%. A los cinco años se sigue manteniendo como el grupo con menos PIOcc.

Los pacientes con K máxima el primer mes reducen el valor de la mediana 0,70mmHg y a partir de allí vuelve a aumentar 0,50mmHg y en la revisión de los cinco años a los vuelve a disminuir 1,10mmHg, La diferencia entre el primer examen y el quinto es de 1,30mmHg, un 8,90%.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 180).

### 5.4.3 EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS SEGÚN EL GRADO DE ASFERICIDAD

En este apartado los pacientes se dividen en tres grupos según la Q anterior preoperatoria. En el grupo 1 se incluyen los pacientes con Q anterior preoperatoria inferior a -0,50, en el grupo 2 aquellos pacientes que cuenten con una Q preoperatoria entre -0,50 y +0,50 y por último en el tercer grupo los que cuenten con una Q superior a +0,50. En la Tabla 181 se muestran los parámetros evaluados en este apartado. Aquellos acompañados de un asterisco (\*) indican que durante el estudio se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

Tabla 181.- Parámetros evaluados en apartado 5.4.3.

PARÁMETROS			
Refractivos	Topográficos	Aberrométricos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avcc *</li> <li>• Esfera</li> <li>• Cilindro *</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1*</li> <li>• K2*</li> <li>• K máxima*</li> <li>• Q*</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1*</li> <li>• K2</li> <li>• Q*</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberración esférica*</li> <li>• Aberración comática: horizontal, vertical y RMS*</li> <li>• Trefoil: 1*, 2, RMS*</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberración esférica*</li> <li>• Aberración comática: horizontal, vertical y RMS</li> <li>• Trefoil: 1, 2, RMS</li> </ul> </li> </ul>	
	Morfológicos	Biomecánicos	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paquimetría corneal mínima*</li> <li>• Volumen corneal</li> <li>• Profundidad de CA</li> <li>• Volumen de la CA*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CH*</li> <li>• CRF*</li> <li>• PIOcc</li> </ul>	

A continuación, se encuentran tablas con el análisis descriptivo de los parámetros refractivos, topográficos, aberrométrico, morfológicos y biomecánicos de los tres grupos.

## 5.4.3.1 PARÁMETROS REFRACTIVOS

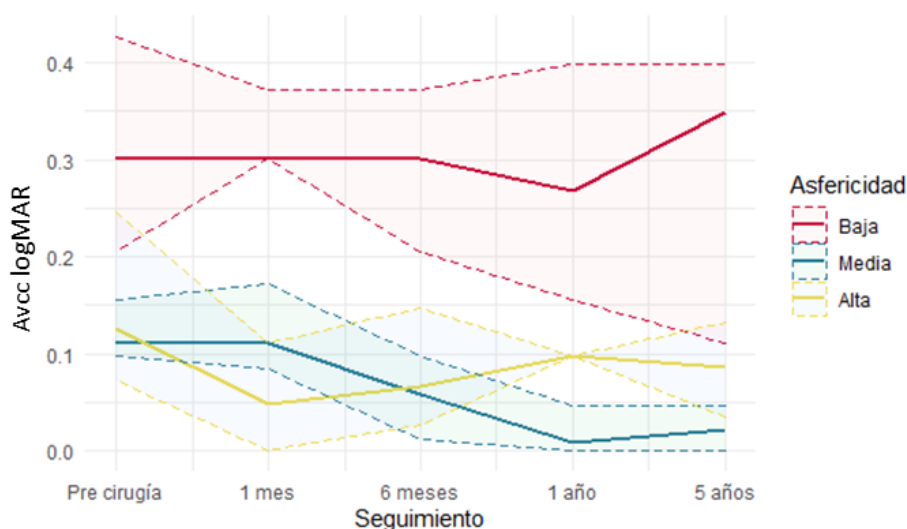
## AGUDEZA VISUAL CON CORRECCIÓN (AVcc)

Tabla 182.- Descripción de la AVcc logMAR de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	Grupo 1 Q < -0,50 n=12 (46,15%)	Grupo 2 Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	Grupo 3 Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
(LogMAR)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
Pre	0,30 (0,20; 0,42)	0,11 (0,09; 0,15)	0,12 (0,07; 0,24)	0,002*
1 mes	0,30 (0,30; 0,37)	0,11 (0,08; 0,17)	0,04 (0,00; 0,11)	0,001*
6 meses	0,30 (0,20; 0,37)	0,05 (0,01; 0,09)	0,06 (0,02; 0,14)	0,004*
1 año	0,26 (0,15; 0,39)	0,01 (0,00; 0,04)	0,09 (0,09; 0,09)	0,002*
5 años	0,34 (0,11; 0,39)	0,02 (0,00; 0,04)	0,08 (0,03; 0,13)	0,024*

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 97.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la AVcc logMAR de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



Preoperatoriamente los pacientes con valores de AVcc superiores son los pacientes con asfericidad media y lo que cuentan con una AVcc inferior son los que tienen Q baja. Estas diferencias entre grupos llegan a ser estadísticamente significativas ( $p=0,002$ ).

Cuando se evalúan los cambios de pacientes del grupo 1 se observa que mantienen una AVcc estable durante los seis primeros meses. En la revisión del año, aumenta, pero en la última revisión vuelve a disminuir hasta a valores inferiores al preoperatorio. La diferencia es de 0,04, un 15,94% del valor inicial (Gráfico 97).

La AVcc del grupo 2 aumenta durante el primer año, 0,10 unidades, pero los cinco años se observa una recidiva. Aun así, en la última revisión AVcc se mantiene un 80,18% por encima del preoperatorio, 0,08 unidades logMAR.

En el último grupo la AVcc aumenta el primer mes para luego volver a disminuir de manera progresiva durante el primer año. En la revisión de los cinco años ha vuelto a aumentar su valor y es 0,041 unidades logMAR superior al preoperatorio, un 32,53%.

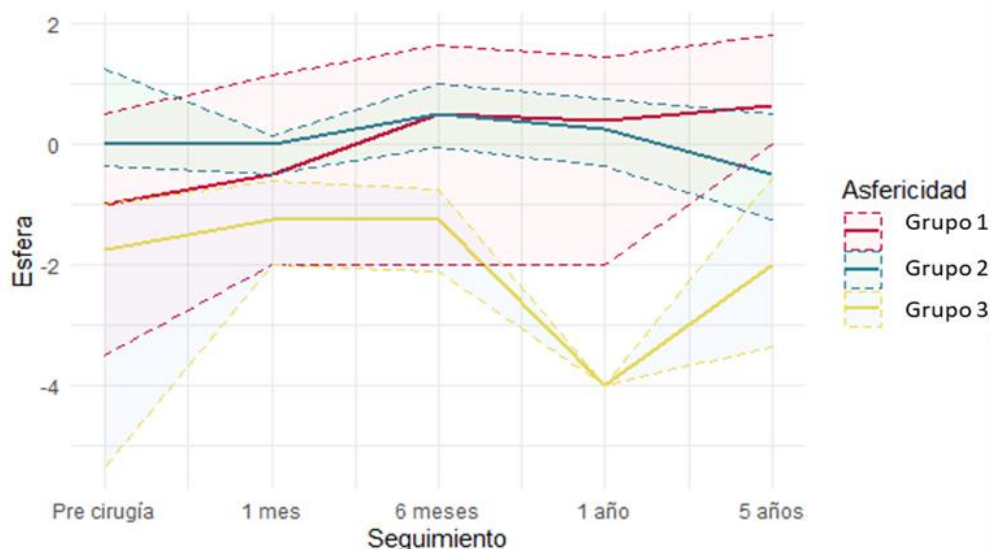
Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en todas las revisiones. La mayor significancia se observa en el examen preoperatorio ( $p=0,002$ ) (Tabla 182).

## ESFERA

Tabla 183.- Descripción de la esfera de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> <b>Q &lt; -0,50</b> <b>n=12 (46,15%)</b>	<b>Grupo 2</b> <b>Q entre -0,50 y +0,50</b> <b>n=10 (38,46%)</b>	<b>Grupo 3</b> <b>Q &gt; +0,50</b> <b>n=4 (15,38%)</b>	
(D)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	-1,00 (-3,50; 0,50)	0,00 (-0,37; 1,25)	-1,75 (-5,38; -1,00)	0,120
<b>1 mes</b>	-0,50 (-2,00; 1,12)	0,00 (-0,50; 0,12)	-1,25 (-2,00; -0,62)	0,640
<b>6 meses</b>	0,50 (-2,00; 1,62)	0,50 (-0,06; 1,00)	-1,25 (-2,12; -0,75)	0,280
<b>1 año</b>	0,37 (-2,00; 1,44)	0,25 (-0,37; 0,75)	-4,00(-4,00; -4,00)	0,360
<b>5 años</b>	0,62 (0,00; 1,81)	-0,50 (-1,25; 0,50)	-2,00 (-3,38; -0,56)	0,056

Gráfico 98.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la esfera de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



El valor preoperatorio de la esfera es inferior en los pacientes del grupo 2, que cuentan con una mediana preoperatoria de 0. Después está el grupo 1 y por último el que tiene una mediana mayor es el grupo 3. Cada uno de los grupos ha variado de distinta manera al final del estudio, el grupo 1 se positiviza, el grupo 2 se vuelve más negativo y el grupo 3 se mantiene igual (Gráfico 98).

Durante el estudio el valor de la esfera del grupo 1 se positiviza de manera progresiva durante todo el estudio. La diferencia con el preoperatorio a los cinco años es de 1,60D.

En el grupo 2 se observa una positivización de la mediana durante los primeros seis meses, pero en las revisiones sucesivas se negativiza, -0,50D respecto al preoperatorio

El grupo 3 también se vuelve más positivo durante los 6 primeros meses, pero en la siguiente revisión aumenta de nuevo hasta duplicar el valor preoperatorio, hay una diferencia de 2,25D entre estas dos revisiones. En el examen de los cinco años se observa que la esfera ha vuelto a disminuir a un valor similar al preoperatorio, la diferencia es de 0,25D.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas, pero, en la revisión de los 5 años sí que hay una tendencia a serlo ( $p=0,056$ ) (Tabla 183).

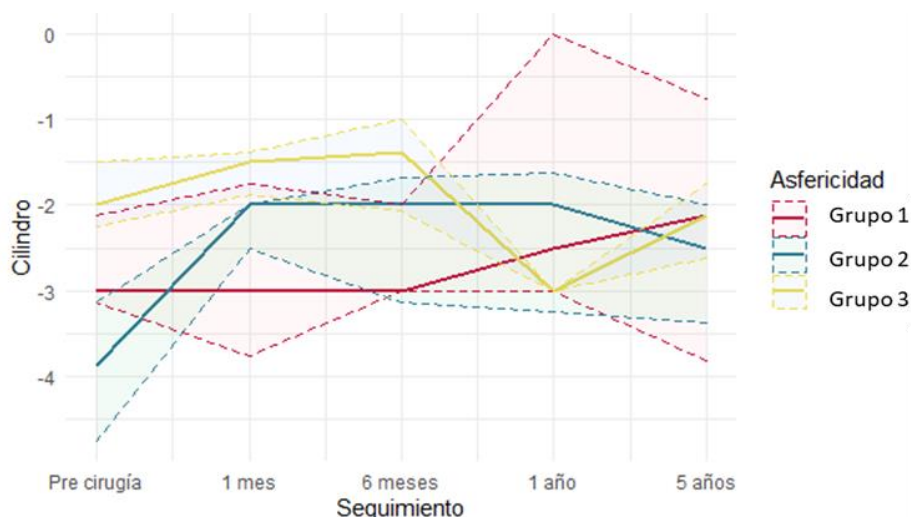
## CILINDRO

Tabla 184.- Descripción del cilindro de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( D )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-3,00 (-3,12; -2,12)	-3,88 (-4,75; -3,12)	-2,00 (-2,25; -1,50)	0,005*
<b>1 mes</b>	-3,00 (-3,75; -1,75)	-2,00 (-2,50; -2,00)	-1,50 (-1,88; -1,38)	0,350
<b>6 meses</b>	-3,00 (-3; -2)	-2,00 (-3,12; -1,69)	-1,38 (-2,06; -1,00)	0,530
<b>1 año</b>	-2,5 (-3; 0)	-2,00 (-3,25; -1,62)	-3,00 (-3,00; -3,00)	0,720
<b>5 años</b>	-2,12 (-3,81; -0,75)	-2,50 (-3,38; -2,00)	-2,12 (-2,62; -1,75)	0,770

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 99.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del cilindro de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



La mediana del cilindro es en el preoperatorio menor en el grupo 3, después en el grupo 2 y la mayor mediana se encuentra en el grupo 1. La diferencia entre los tres grupos en este examen es estadísticamente significativa ( $p=0,005$ ).

## 5. RESULTADOS

En el grupo 1 el cilindro se mantiene estable durante los primeros seis meses (igual que AVcc logMAR), en la revisión sucesiva se reduce progresivamente. A los cinco años es 0,88D inferior al preoperatorio, un 29,33% (Gráfico 99).

En el grupo 2 el cilindro se reduce durante el primer año 1,88D, pero en la última revisión se encuentra una recidiva. Al final del estudio este parámetro es 1,33D inferior al preoperatorio, un 34,27% del valor inicial.

La mediana del cilindro se reduce 0,62D los primeros seis meses del estudio. En la revisión del año hay una recidiva de 1,62D, y aunque a los cinco años vuelve a reducir su valor se sigue manteniendo 0,12D por encima del preoperatorio.

Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos únicamente en el examen preoperatorio ( $p=0,005$ ) (Tabla 184).

### 5.4.3.2 PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS

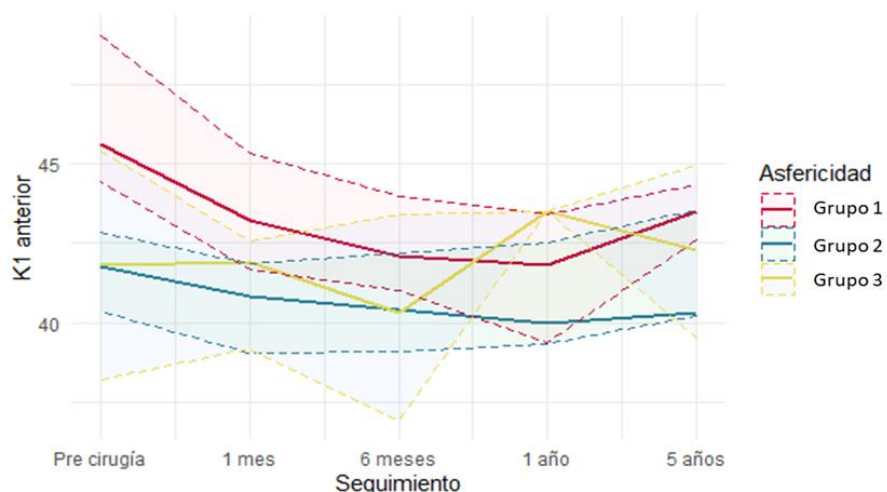
#### QUERATOMETRÍA 1 (K1) DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 185.- Descripción de la K1 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	45,60 (44,50; 49,00)	41,80 (40,40; 42,90)	41,80 (38,20; 45,40)	0,003*
<b>1 mes</b>	43,20 (41,60; 45,30)	40,80 (39,00; 41,90)	41,90 (39,20; 42,50)	0,063
<b>6 meses</b>	42,10 (41,00; 44,00)	40,40 (39,10; 42,20)	40,30 (36,90; 43,40)	0,160
<b>1 año</b>	41,80 (39,40; 43,40)	40,00 (39,30; 42,50)	43,50 (43,50; 43,50)	0,300
<b>5 años</b>	43,50 (42,60; 44,40)	40,30 (40,20; 43,50)	42,30 (39,50; 45,00)	0,330

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 100.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.





En el examen se observa una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos ( $p=0,0039$ ) debido a que los pacientes del grupo 1 tienen una K1 superior a los otros dos grupos. En el último examen los pacientes con Q inferior a  $-0,50$  siguen con la mediana más alta, pero al ser el grupo en el que más cambio la diferencia entre grupos es menor ( $p=0,33$ ).

Durante el estudio se observa una reducción de la de K1 en los tres grupos, con una recidiva en el grupo 1 y 2 en la revisión de los 5 y en el grupo 3 al año. A los cinco años de haber introducido los ICRS la mediana se ha reducido en el grupo 1 y 2, 2,10D y 1,50D respecto al preoperatorio, un 4,60%, y 3,58% (Gráfico 100).

En cambio, en la última revisión en valor de K1 en el grupo 3 es 0,50D superior al preoperatorio, un 1,19%.

Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos únicamente en el examen preoperatorio ( $p=0,003$ ) (Tabla 185).

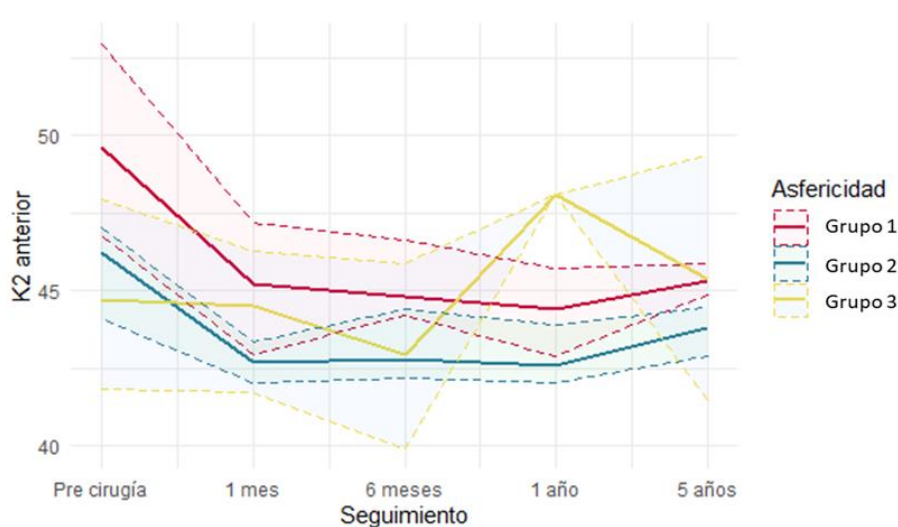
### QUERATOMETRÍA 2 (K2) DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 186.- Descripción de la K2 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	49,60 (46,80; 53,00)	46,20 (44,10; 47,00)	44,70 (41,80; 47,90)	0,039*
<b>1 mes</b>	45,20 (43,00; 47,20)	42,70 (42,00; 43,30)	44,50 (41,70; 46,20)	0,140
<b>6 meses</b>	44,80 (44,20; 46,60)	42,80 (42,20; 44,40)	43,00 (39,90; 45,90)	0,120
<b>1 año</b>	44,40 (42,90; 45,70)	42,60 (42,00; 43,90)	48,10 (48,10; 48,10)	0,110
<b>5 años</b>	45,30 (44,90; 45,90)	43,80 (42,90; 44,50)	45,40 (41,50; 49,30)	0,210

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 101.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



El valor preoperatorio de K2 anterior es superior estadísticamente en los pacientes del grupo 1 ( $p=0,039$ ), es también el grupo que más ha cambiado en la revisión de los cinco años respecto al preoperatorio.

En los 2 primeros grupos se observa una reducción progresiva del K2 anterior durante el primer año de 5,20D y 3,60D, pero en la revisión de los cinco años se encuentra una recidiva, sin llegar a valores preoperatorios. La diferencia entre el examen preoperatorio y el último es de 4,30D en el grupo 1 y 2,40D en el grupo 2, un 8,66% y un 5,19% respectivamente (Gráfico 101).

En el grupo 3 la recidiva se encuentra en el examen de un año y supera la mediana preoperatoria por 3,40D. A los cinco años vuelve a reducirse, pero la mediana sigue manteniéndose 0,70D por encima del preoperatorio, un 1,56%.

Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos únicamente en el examen preoperatorio ( $p=0,039$ ) (Tabla 186).

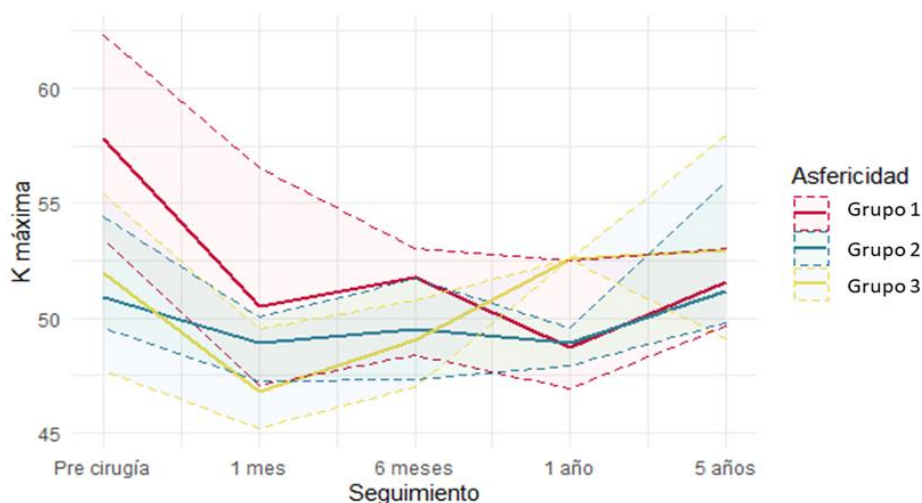
### QUERATOMETRÍA MÁXIMA (K máxima) DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 187.- Descripción de la K máxima de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	Grupo 1 Q < -0,50 n=12 (46,15%)	Grupo 2 Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	Grupo 3 Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	57,80 (53,50; 62,40)	50,90 (49,60; 54,40)	52,00 (47,70; 55,40)	0,014*
1 mes	50,50 (47,00; 56,50)	49,00 (47,30; 50,10)	46,80 (45,20; 49,50)	0,330
6 meses	51,80 (48,40; 53,00)	49,50 (47,30; 51,70)	49,00 (47,00; 50,80)	0,500
1 año	48,70 (47,00; 52,50)	48,90 (47,90; 49,60)	52,60 (52,60; 52,60)	0,700
5 años	51,50 (49,60; 53,00)	51,20 (49,80; 56,00)	53,00 (49,20; 58,00)	0,820

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 102.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K máxima de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



Los valores preoperatorios de la K máxima son estadísticamente superiores en los pacientes del grupo 1 ( $p=0,014$ ), pero a los cinco años al ser el grupo en el que más cambio se observa la diferencia deja de ser estadísticamente significativa ( $p=0,82$ ) (Tabla 187).

En los 2 primeros grupos se observa una reducción progresiva del K máxima anterior el primer año, hasta un total de 9,10D y 2,00D. En la revisión de los cinco años se encuentra una recidiva. La diferencia es en el grupo 1 de 6,30D por debajo del preoperatorio, un 10,89% y 0,30D por encima la mediana preoperatoria en el grupo 2, un 0,57% (Gráfico 102).

En el grupo 3 la recidiva se encuentra en la revisión del año y supera la mediana preoperatoria por 0,60D. A los cinco años vuelve a aumentar, la mediana es 1,00D superior a la preoperatoria, un 1,92%.

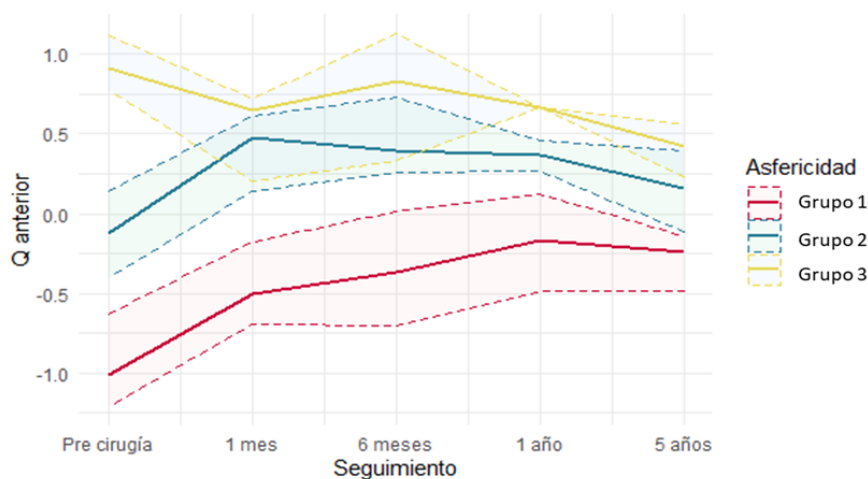
### ASFERICIDAD (Q) DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 188.- Descripción de la Q anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-1,01 (-1,21; -0,63)	-0,12 (-0,40; 0,14)	0,91 (0,77; 1,12)	<0,001*
<b>1 mes</b>	-0,50 (-0,69; -0,18)	0,47 (0,14; 0,61)	0,65 (0,20; 0,72)	0,002*
<b>6 meses</b>	-0,37 (-0,70; 0,01)	0,40 (0,26; 0,73)	0,83 (0,327; 1,13)	0,007*
<b>1 año</b>	-0,17 (-0,48; 0,12)	0,37 (0,27; 0,46)	0,67 (0,67; 0,67)	0,04*
<b>5 años</b>	-0,23 (-0,48; -0,14)	0,16 (-0,11; 0,40)	0,42 (0,23; 0,55)	0,036*

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 103.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



Los grupos se han dividido según el valor preoperatorio de este parámetro.

El grupo con una Q preoperatoria inferior a -0,50 se ha vuelto más positiva durante todo el estudio, salvo por una regresión en el examen de los cinco años. El valor negativo

preoperatorio se ha visto reducido 0,86 unidades, un 85,64%, al final del estudio respecto al preoperatorio (Gráfico 103).

En grupo con Q preoperatorias intermedias se observa que el primer mes se positiviza 0,59, cambiado su signo, que preoperatoriamente era negativo a positivo. En la revisión sucesiva vuelve a negativizarse, pero sin llegar a valores negativos. La diferencia entre el primer y último examen es de 0,28 unidades.

El grupo con Q superiores +0,50 se encuentra una reducción progresiva durante el estudio, hasta un total de 0,49 unidades, un 53,55%.

Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en todas las revisiones, sobre todo en el preoperatorio ( $p < 0,001$ ) (Tabla 188).

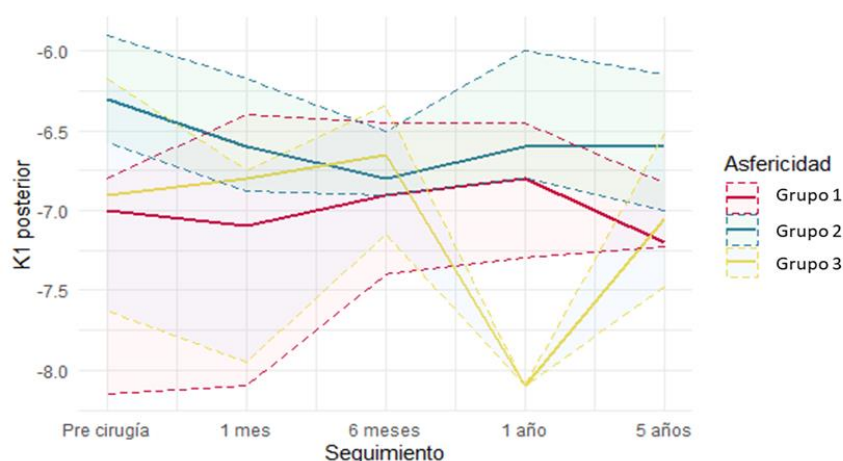
### QUERATOMETRÍA 1 (K1) DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 189.- Descripción de la K1 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> <b>Q &lt; -0,50</b> <b>n=12 (46,15%)</b>	<b>Grupo 2</b> <b>Q entre -0,50 y +0,50</b> <b>n=10 (38,46%)</b>	<b>Grupo 3</b> <b>Q &gt; +0,50</b> <b>n=4 (15,38%)</b>	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-7,00 (-8,15; -6,80)	-6,30 (-6,57; -5,90)	-6,90 (-7,63; -6,18)	0,028*
<b>1 mes</b>	-7,10 (-8,10; -6,40)	-6,60 (-6,88; -6,17)	-6,80 (-7,95; -6,75)	0,30
<b>6 meses</b>	-6,90 (-7,40; -6,45)	-6,80 (-6,90; -6,50)	-6,65 (-7,15; -6,35)	0,64
<b>1 año</b>	-6,80 (-7,30; -6,45)	-6,60 (-6,80; -6,00)	-8,10 (-8,10; -8,10)	0,23
<b>5 años</b>	-7,20 (-7,23; -6,83)	-6,60 (-7,00; -6,15)	-7,05 (-7,47; -6,52)	0,46

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 104.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



En el grupo 1 el valor de la mediana de K1 posterior oscila alrededor del preoperatorio en todo el estudio. En la revisión del año es 0,20D inferior al primer examen, pero a los cinco años vuelve a aumentar 0,40D, por lo que es 0,20D superior al preoperatorio, un 2,85% (Gráfico 104).

El grupo 2 aumenta 0,50D de manera progresiva durante los 6 primeros meses. En la siguiente revisión vuelve a disminuir 0,20D y en la revisión de los cinco años se ha mantenido estable. En la última revisión es 0,30D superior al preoperatorio, un 4,76%.

La mediana del grupo 3 reduce su valor durante los 6 primeros meses. En la revisión del año se encuentra un aumento, de 1,45D respecto al anterior examen y 1,20D superior al preoperatorio. En revisión de los cinco años ha vuelto a reducir, pero sigue siendo 0,15D superior al valor inicial, un 2,17%.

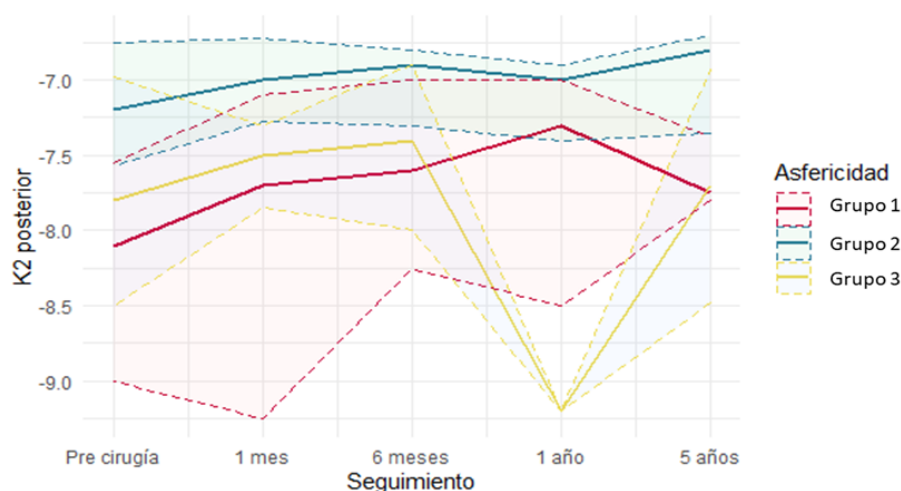
Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos en la revisión preoperatorio ( $p=0,028$ ) (Tabla 189).

### QUERATOMETRÍA 2 (K2) DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 190.- Descripción de la K2 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	Grupo 1 Q < -0,50 n=12 (46,15%)	Grupo 2 Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	Grupo 3 Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
Pre	-8,10 (-9,00; -7,55)	-7,20 (-7,57; -6,75)	-7,80 (-8,50; -6,98)	0,063
1 mes	-7,70 (-9,25; -7,10)	-7,00 (-7,27; -6,73)	-7,50 (-7,85; -7,30)	0,100
6 meses	-7,60 (-8,25; -7,00)	-6,90 (-7,30; -6,80)	-7,40 (-8,00; -6,90)	0,430
1 año	-7,30 (-8,50; -7,00)	-7,00 (-7,40; -6,90)	-9,20 (-9,20; -9,20)	0,130
5 años	-7,75 (-7,80; -7,38)	-6,80 (-7,35; -6,70)	-7,70 (-8,48; -6,92)	0,230

Gráfico 105.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



Al evaluar la K2 posterior se observa que al final del estudio se ha reducido en los tres grupos (Gráfico 105).

Esta reducción se da de manera progresiva durante los cinco años salvo por una recidiva en el grupo 1 en la última revisión y en los otros dos en la revisión del año. La diferencia respecto

al preoperatorio es de 0,35D en el grupo 1, un 4,30%, en el grupo dos es el que más ha cambiado, 0,4D, un 5,55%. El tercer grupo de es el que menos ha variado 0,10D, un 1,28%.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, pero sí que se observa una tendencia a ser en el examen preoperatorio ( $p=0,062$ ) (Tabla 190).

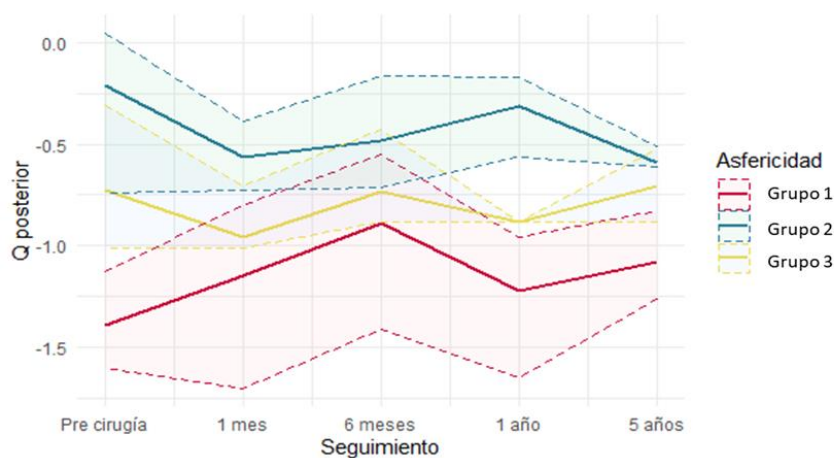
#### ASFERICIDAD (Q) DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 191.- Descripción de la Q posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> <b>Q &lt; -0,50</b> <b>n=12 (46,15%)</b>	<b>Grupo 2</b> <b>Q entre -0,50 y +0,50</b> <b>n=10 (38,46%)</b>	<b>Grupo 3</b> <b>Q &gt; +0,50</b> <b>n=4 (15,38%)</b>	
	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	-1,39 (-1,60; -1,12)	-0,21 (-0,74; 0,05)	-0,72 (-1,02; -0,30)	0,002*
<b>1 mes</b>	-1,15 (-1,71; -0,80)	-0,56 (-0,72; -0,39)	-0,96 (-1,02; -0,70)	0,140
<b>6 meses</b>	-0,89 (-1,42; -0,55)	-0,48 (-0,71; -0,16)	-0,73 (-0,88; -0,42)	0,200
<b>1 año</b>	-1,22 (-1,65; -0,96)	-0,31 (-0,56; -0,17)	-0,88 (-0,88; -0,88)	0,009*
<b>5 años</b>	-1,08 (-1,26; -0,82)	-0,59 (-0,61; -0,51)	-0,70 (-0,88; -0,52)	0,140

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 106.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



La mediana de la Q posterior preoperatoria es negativa en todos los grupos. Los pacientes con la mediana más alta más alta están en el grupo 1, después el 3 y luego el 2. Estas diferencias que se observa entre los grupos son estadísticamente significativas ( $p=0,002$ ).

El grupo 1 reduce su valor durante el estudio de manera progresiva, salvo por una regresión en la revisión del año. A los cinco años de haber introducido los ICRS estos pacientes cuentan con una mediana 0,31 unidades inferior al preoperatorio, un 22,62% del valor inicial (Gráfico 106).

La mediana del grupo 2 y 3 fluctúa durante todo el estudio, siempre entre valores negativos. En el examen final la mediana del grupo 2 se encuentra 0,38 unidades por encima del valor inicial, ha aumentado un 180,95%. En cambio, la mediana del grupo 3 se ha reducido 0,02D, un 2,75%.

Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el preoperatorio y en la revisión del año ( $p=0,009$ ) (Tabla 191).

### 5.4.3.3 PARÁMETROS ABERROMÉTRICOS

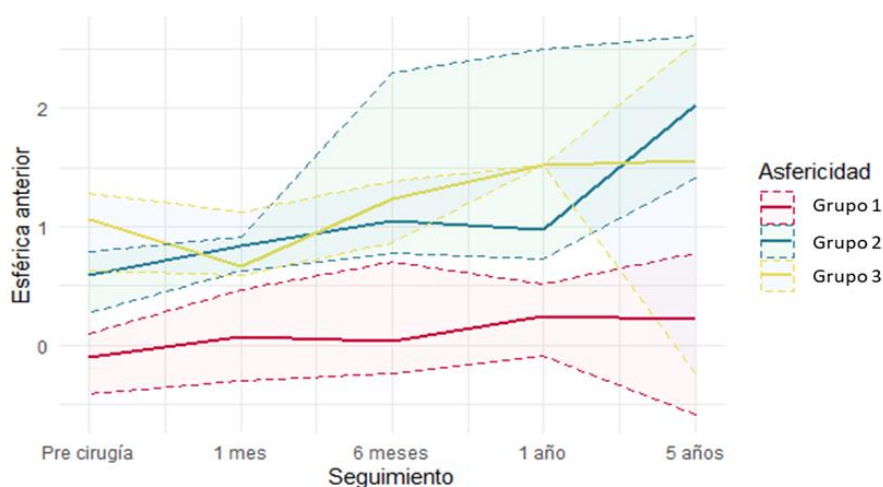
#### ABERRACIÓN ESFÉRICA DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 192.- Descripción de la aberración esférica anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-0,099 (-0,415; 0,094)	0,594 (0,269; 0,791)	1,070 (0,622; 1,290)	0,007*
<b>1 mes</b>	0,071 (-0,302; 0,472)	0,842 (0,634; 0,916)	0,668 (0,592; 1,130)	0,011*
<b>6 meses</b>	0,039 (-0,240; 0,702)	1,050 (0,776; 2,290)	1,230 (0,864; 1,380)	0,017*
<b>1 año</b>	0,244 (-0,086; 0,513)	0,976 (0,729; 2,500)	1,520 (1,520; 1,520)	0,012*
<b>5 años</b>	0,224 (-0,585; 0,781)	2,020 (1,400; 2,610)	1,550 (-0,235; 2,550)	0,037*

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 107.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



Se observa en el preoperatorio que cuanto más positivo es el valor de Q anterior, más positiva es la aberración esférica. El valor más negativo e inferior se encuentra en el grupo 1 y el más positivo y de mayor valor en el grupo 3.

Los tres grupos se positivizan durante el estudio gradualmente, pero con una recidiva en el grupo 1 a los seis meses, en el grupo 2 al año de haber introducido los ICRS y en el tercer grupo el primer mes (Gráfico 107).

La final del estudio se ha positivizado  $0,323\mu\text{m}$  en el grupo 1,  $1,426\mu\text{m}$  en el grupo 2 y  $0,480\mu\text{m}$  en el 3.

Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en todas las revisiones, sobre todo en el examen preoperatorio ( $p=0,007$ ) (Tabla 192).

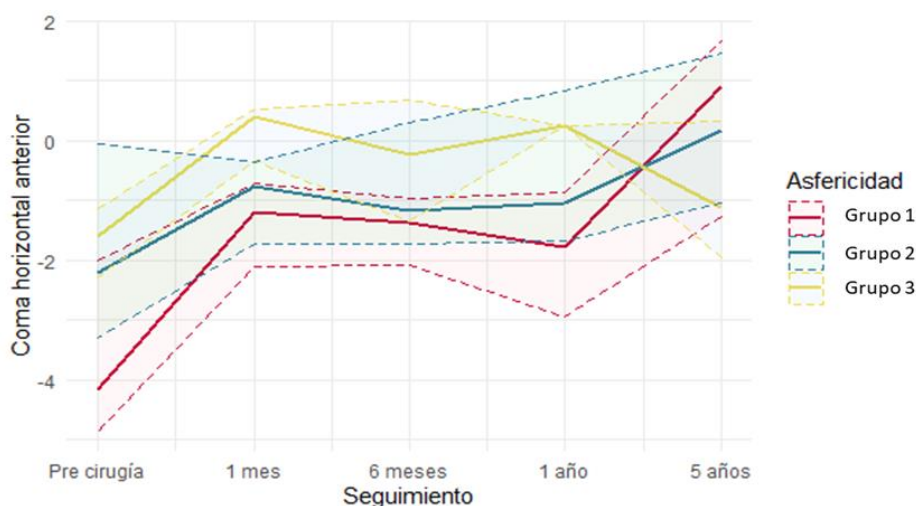


### ABERRACIÓN COMÁTICA HORIZONTAL DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 193.- Descripción del coma horizontal anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-4,160 (-4,880; -2,010)	-2,220 (-3,290; -0,056)	-1,590 (-2,290; -1,160)	0,180
<b>1 mes</b>	-1,190 (-2,100; -0,704)	-0,762 (-1,740; -0,359)	0,396 (-0,333; 0,516)	0,450
<b>6 meses</b>	-1,360 (-2,100; -0,958)	-1,170 (-1,730; 0,308)	-0,237 (-1,350; 0,679)	0,270
<b>1 año</b>	-1,780 (-2,950; -0,871)	-1,060 (-1,680; 0,824)	0,253 (0,253; 0,253)	0,190
<b>5 años</b>	0,918 (-1,280; 1,670)	0,171 (-1,050; 1,460)	-1,110 (-1,960; 0,323)	0,820

Gráfico 108. Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



El valor del coma horizontal es superior en el grupo 1, después en el 2 y finalmente en el 3. Inicialmente todos cuentan con una mediana negativa, pero durante el estudio en los tres grupos se observa una positivación y el grupo 1 y dos cambian su signo al final de estudio (Gráfico 108).

El grupo que más ha cambiado ha sido el grupo 1 que contaba con valores preoperatoriamente mayores, se ha vuelto  $5,079\mu\text{m}$  más positivo a los cinco años de haber introducido el ICRS cuando se compara con el preoperatorio. El grupo 2 se ha vuelto  $2,391\mu\text{m}$  más positiva y el tercer grupo  $0,480\mu\text{m}$ .

No se observan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 193).

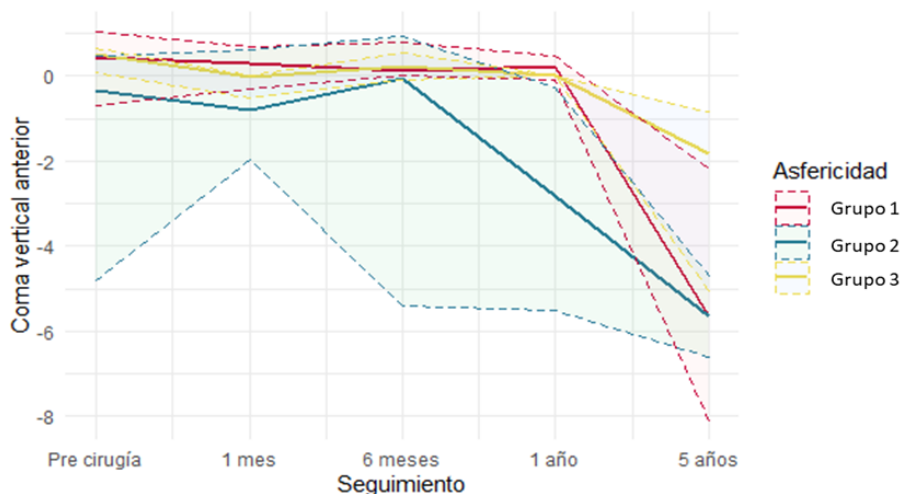


### ABERRACIÓN COMÁTICA VERTICAL DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 194.- Descripción del coma vertical anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,433 (-0,690; 1,050)	-0,353 (-4,820; 0,492)	0,511 (0,069; 0,640)	0,540
<b>1 mes</b>	0,312 (-0,308; 0,701)	-0,795 (-1,960; 0,629)	-0,031 (-0,512; -5 e-04)	0,530
<b>6 meses</b>	0,133 (5,00e-04; 0,776)	-0,045 (-5,410; 0,926)	0,227 (-0,085; 0,549)	0,830
<b>1 año</b>	0,216 (-0,080; 0,489)	-2,800 (-5,520; -0,258)	0,004 (0,004; 0,004)	0,290
<b>5 años</b>	-5,640 (-8,100; -2,170)	-5,640 (-6,600; -4,700)	-1,840 (-5,060; -0,832)	0,750

Gráfico 109.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



El coma vertical se negativiza en todos los grupos durante los cinco años de estudio, sobre todo en el grupo 1 (Gráfico 109).

La mediana del grupo 1 es 6,073 $\mu\text{m}$  más negativa respecto al preoperatorio en la última revisión. El mayor cambio se encuentra entre la revisión del año y los 5 años, un total de 5,424 $\mu\text{m}$ .

El grupo 2 se negativiza 5,287 $\mu\text{m}$  y el grupo 3 2,351 $\mu\text{m}$ .

No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 194).

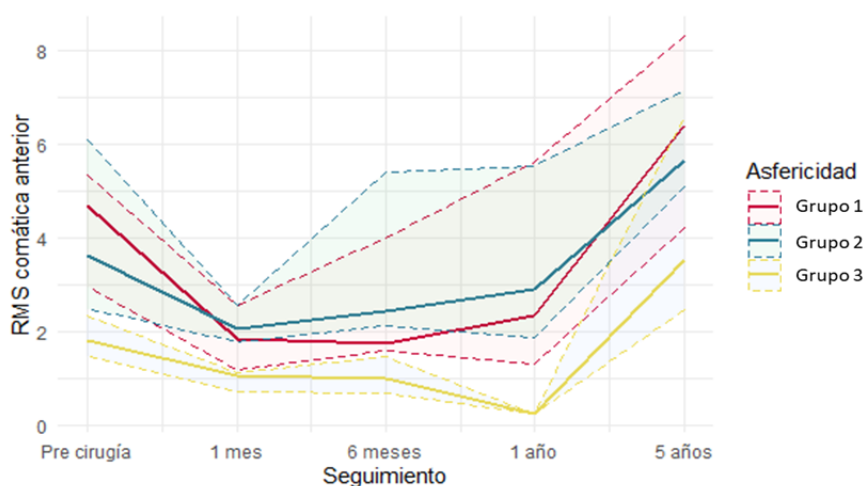
### RMS DE LA ABERRACIÓN COMÁTICA DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 195.- Descripción de la RMS comática anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	4,700 (2,970; 5,350)	3,620 (2,510; 6,100)	1,820 (1,510; 2,360)	0,150
<b>1 mes</b>	1,830 (1,180; 2,570)	2,080 (1,790; 2,550)	1,060 (0,730; 1,120)	0,100
<b>6 meses</b>	1,760 (1,600; 4,020)	2,460 (2,140; 5,420)	1,00 (0,703; 1,480)	0,032*
<b>1 año</b>	2,360 (1,310; 5,610)	2,920 (1,880; 5,550)	0,253 (0,253; 0,253)	0,210
<b>5 años</b>	6,400 (4,220; 8,320)	5,660 (5,100; 7,160)	3,520 (2,460; 6,580)	0,840

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 110.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS comática anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



La mediana es mayor en el grupo 1, después en el 2 y por último en el 3. Los tres grupos aumenta el valor del coma preoperatorio al final del estudio (Gráfico 110).

El grupo 1 reduce su valor positivo durante los primeros seis meses, a partir de allí aumenta, superando el valor preoperatorio, a los cinco años es 1,700 $\mu\text{m}$  superior al preoperatorio.

El grupo 2 disminuye 1,540 $\mu\text{m}$  el primer mes, a partir de allí aumenta su valor gradualmente. La diferencia entre el preoperatorio y la última revisión es de 3,040 $\mu\text{m}$ .

En el grupo 3 la mediana se reduce durante el primer año 1,567 $\mu\text{m}$ , pero en la última revisión hay una recidiva. Al final del estudio el coma horizontal es 1,700 $\mu\text{m}$  superior al preoperatorio.

Se encuentran diferencias entre los grupos en la revisión de los seis meses ( $p=0,032$ ) (Tabla 195).

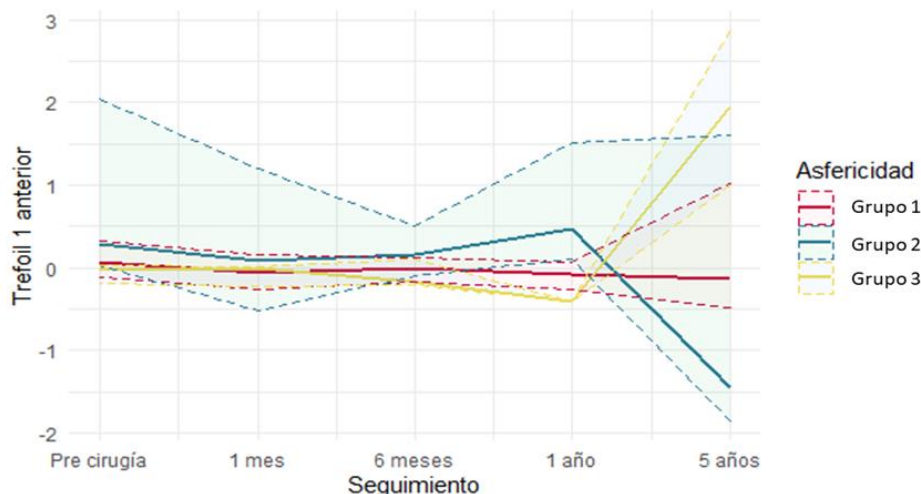
### TREFOIL 1 DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 196.- Descripción del trefoil 1 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,059 (-0,114; 0,325)	0,281 (0,0375; 2,03)	-0,018 (-0,185; 0,036)	0,22
<b>1 mes</b>	-0,057 (-0,258; 0,149)	0,0925 (-0,528; 1,2)	-0,004 (-0,222; 0,002)	0,71
<b>6 meses</b>	-0,008 (-0,177; 0,122)	0,148 (-0,107; 0,497)	-0,175 (-0,21; 0,101)	0,47
<b>1 año</b>	-0,084 (-0,265; 0,060)	0,475 (0,101; 1,52)	-0,404 (-0,404; -0,404)	0,034*
<b>5 años</b>	-0,131 (-0,49; 1,01)	-1,46 (-1,86; 1,6)	1,94 (0,995; 2,87)	0,34

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 111.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



Se observa una negativización de la mediana en los grupos 1 y 2 durante el estudio, en cambio en el grupo 3 el trefoil 1 anterior se vuelve más positivo (Gráfico 111).

En el grupo 1 este cambio es progresivo, la diferencia respecto al preoperatorio al final del estudio es de  $0,190\mu\text{m}$ .

La mediana del grupo 2 se vuelve más positiva durante el primer año, pero en la última revisión se observa una regresión. En el examen de los cinco años la mediana es  $1,741\mu\text{m}$  más negativa que el preoperatorio.

El grupo 3 preoperatoriamente cuenta con un valor negativo cercano a cero, durante el primer año se vuelve  $0,386\mu\text{m}$  más negativo. A los cinco años se encuentra una recidiva, la mediana cambia su signo a positivo y el valor es  $1,958\mu\text{m}$  más positivo que el preoperatorio.

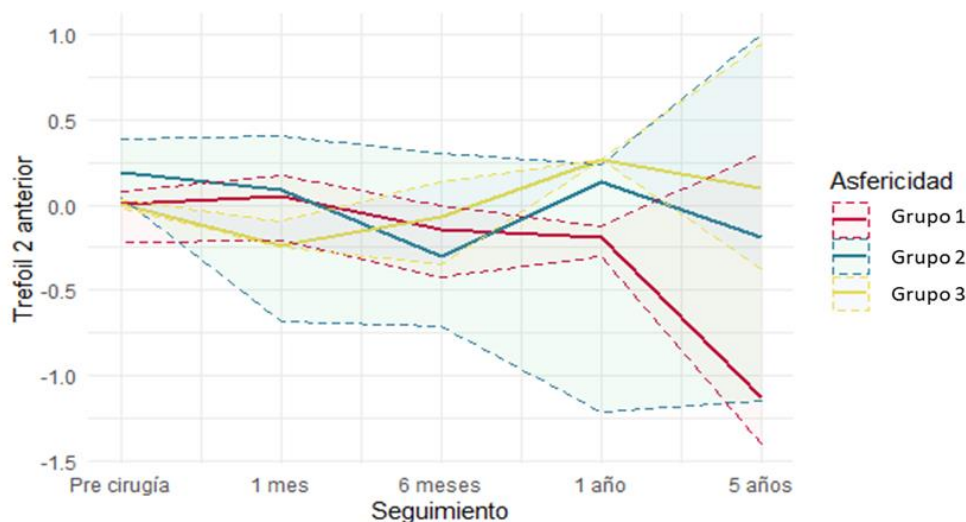
Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos un año después de haber insertado los ICRS ( $p=0,034$ ) (Tabla 196).

**TREFOIL 2 DE LA CARA ANTERIOR**

Tabla 197.- Descripción del trefoil 2 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> <b>Q &lt; -0,50</b> <b>n=12 (46,15%)</b>	<b>Grupo 2</b> <b>Q entre -0,50 y +0,50</b> <b>n=10 (38,46%)</b>	<b>Grupo 3</b> <b>Q &gt; +0,50</b> <b>n=4 (15,38%)</b>	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r, Q <sub>1</sub> ; 3r, Q <sub>3</sub> )	Mediana (1r, Q <sub>1</sub> ; 3r, Q <sub>3</sub> )	Mediana (1r, Q <sub>1</sub> ; 3r, Q <sub>3</sub> )	p-valor
<b>Pre</b>	0,006 (-0,218; 0,084)	0,191 (0,045; 0,388)	0,0075 (-0,013; 0,031)	0,150
<b>1 mes</b>	0,055 (-0,207; 0,172)	0,085 (-0,684; 0,408)	-0,24 (-0,25; -0,097)	0,660
<b>6 meses</b>	-0,140 (-0,427; -0,004)	-0,304 (-0,713; 0,306)	-0,067 (-0,349; 0,141)	0,940
<b>1 año</b>	-0,186 (-0,300; -0,122)	0,138 (-1,220; 0,236)	0,266 (0,266; 0,266)	0,240
<b>5 años</b>	-1,130 (-1,400; 0,306)	-0,191 (-1,140; 1,010)	0,101 (-0,375; 0,948)	0,470

Gráfico 112.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es positiva en los tres grupos. Al evaluar los cambios se observa una negativización de la mediana en los grupos 1 y 2 durante el estudio, en cambio en el grupo 3 el trefoil 2 anterior se vuelve más positivo (Gráfico 112).

La mediana del grupo 1 se vuelve negativa de manera progresiva a partir de primer mes. La diferencia entre el preoperatorio y el examen final es de  $1,136\mu$ .

En el grupo 2 la negativización también es progresiva, pero con una recidiva en la revisión de un año. En el último examen la mediana es  $0,382\mu$  más negativo que el preoperatorio.

La mediana del grupo 3 fluctúa durante el estudio y a los cinco años es  $0,093\mu$  más positivo que el preoperatorio.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 197).

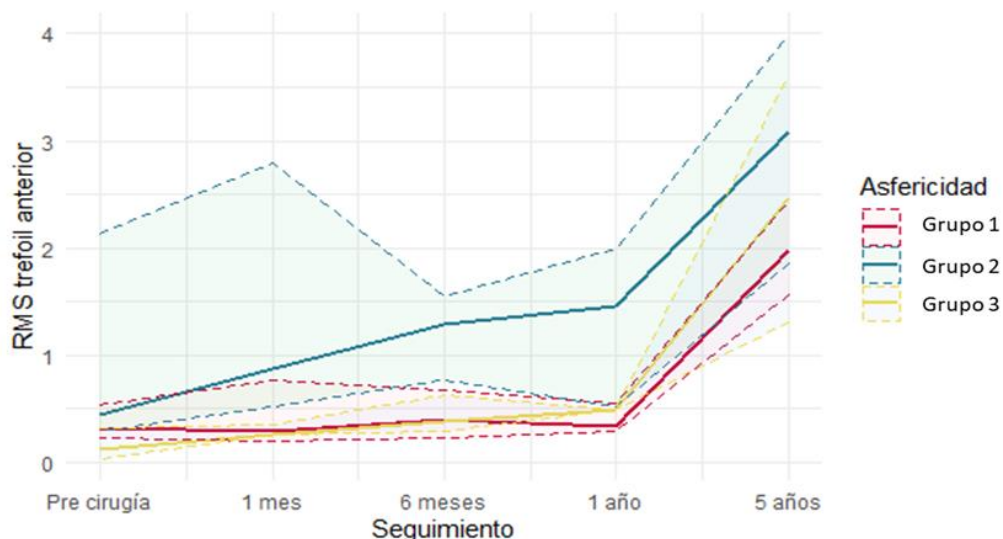
### RMS DEL TREFOIL DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 198.- Descripción de la RMS trefoil anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,312 (0,230; 0,541)	0,438 (0,289; 2,130)	0,113 (0,025; 0,311)	0,150
<b>1 mes</b>	0,289 (0,198; 0,765)	0,875 (0,521; 2,800)	0,260 (0,250; 0,352)	0,035*
<b>6 meses</b>	0,390 (0,228; 0,674)	1,290 (0,765; 1,540)	0,373 (0,280; 0,618)	0,029*
<b>1 año</b>	0,326 (0,286; 0,554)	1,460 (0,511; 2,000)	0,484 (0,484; 0,484)	0,150
<b>5 años</b>	1,980 (1,560; 2,440)	3,080 (1,850; 4,000)	2,470 (1,310; 3,600)	0,260

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 113.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS trefoil anterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



La mediana es mayor en el grupo 1, después en el 2 y por último en el 3. En los tres grupos aumenta el valor del coma preoperatorio al final del estudio, sobre todo en la última revisión (Gráfico 113).

El aumento del valor de la mediana es progresivo en todos los grupos. La diferencia entre el preoperatorio y los cinco años es de 1,668 $\mu\text{m}$  en el grupo 1, de 2,642 $\mu\text{m}$  en el grupo 2 y 2,357 $\mu\text{m}$  en el grupo 3.

Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en la revisión un mes después de introducir los ICRS ( $p=0,035$ ) y a los seis meses ( $p=0,029$ ) (Tabla 198).

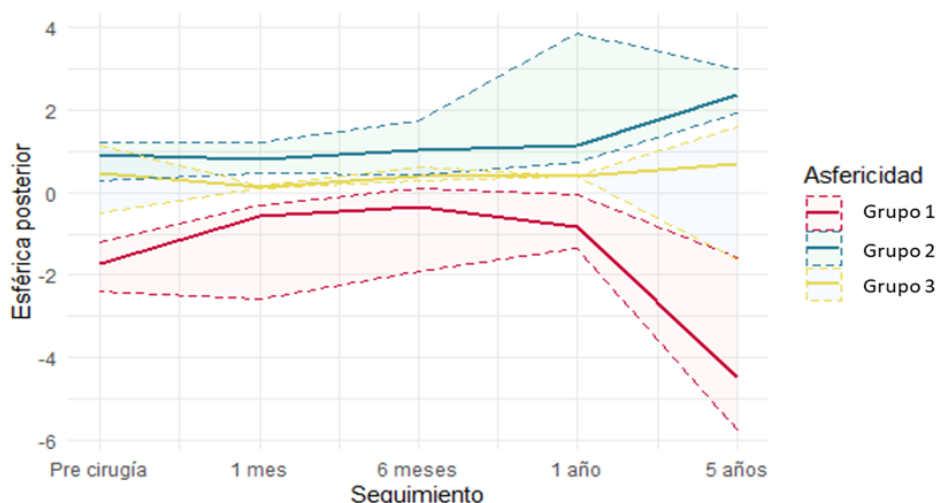
### ABERRACIÓN ESFÉRICA DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 199.- Descripción de la aberración esférica posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> <b>Q &lt; -0,50</b> <b>n=12 (46,15%)</b>	<b>Grupo 2</b> <b>Q entre -0,50 y +0,50</b> <b>n=10 (38,46%)</b>	<b>Grupo 3</b> <b>Q &gt; +0,50</b> <b>n=4 (15,38%)</b>	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	-1,740 (-2,400; -1,220)	0,917 (0,281; 1,210)	0,487 (-0,512; 1,140)	0,013*
<b>1 mes</b>	-0,574 (-2,590; -0,314)	0,794 (0,466; 1,200)	0,131 (0,085; 0,181)	0,012*
<b>6 meses</b>	-0,332 (-1,900; 0,096)	1,020 (0,445; 1,740)	0,380 (0,275; 0,639)	0,120
<b>1 año</b>	-0,837 (-1,340; -0,063)	1,140 (0,734; 3,870)	0,391 (0,391; 0,391)	0,100
<b>5 años</b>	-4,470 (-5,740; -1,570)	2,370 (1,920; 3,010)	0,690 (-1,630; 1,580)	0,049*

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 114.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria más negativa se encuentra en el grupo 1, después en el 3 y la más positiva en el dos. Esta diferencia de la aberración esférica preoperatoria entre los tres grupos es estadísticamente significativa ( $p=0,013$ ). El grupo que más varía durante el estudio es el 1, después el 2 y el que menos el 3 (Gráfico 114).

En el grupo 1 la mediana se va volviendo más negativa con el tiempo, la diferencia entre el preoperatorio y la revisión de los cinco años es de  $2,730\mu\text{m}$ .

En los grupos 2 y 3 la aberración esférica se mantiene siempre en valores positivos. En el primer mes después de introducir los ICRS la mediana se reduce en ambos grupos, pero en las revisiones sucesivas vuelve a aumentar. La diferencia con el preoperatorio es de  $1,458\mu\text{m}$  en el grupo 2 y  $0,203\mu\text{m}$  en el 3.

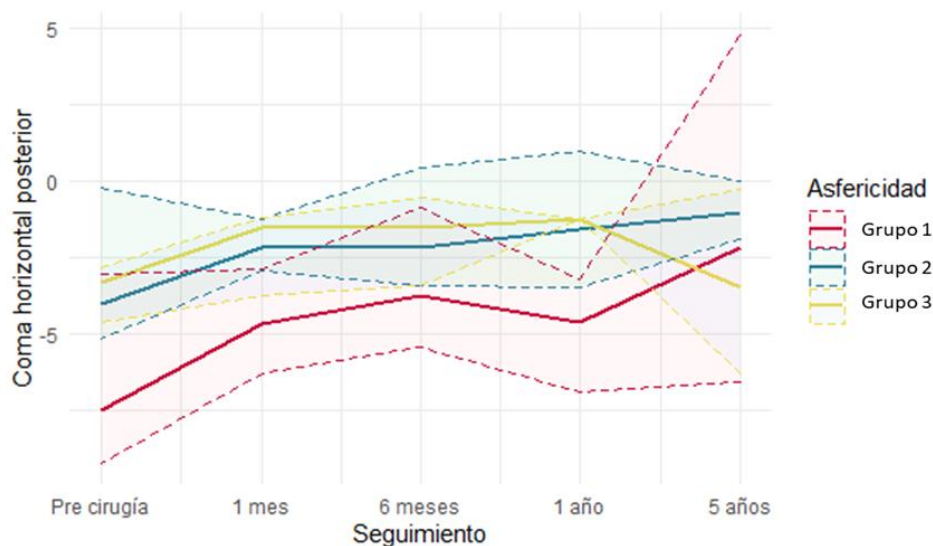
Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el preoperatorio ( $p=0,013$ ), el primer mes ( $p=0,012$ ) y en la última revisión ( $p=0,049$ ) (Tabla 199).

### ABERRACIÓN COMÁTICA HORIZONTAL DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 200.- Descripción del coma horizontal posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-7,490 (-9,240; -3,050)	-4,050 (-5,14; -0,213)	-3,310 (-4,610; -2,840)	0,250
<b>1 mes</b>	-4,690 (-6,330; -2,870)	-2,200 (-2,950; -1,250)	-1,530 (-3,760; -1,180)	0,130
<b>6 meses</b>	-3,770 (-5,450; -0,883)	-2,200 (-3,440; 0,447)	-1,540 (-3,430; -0,575)	0,670
<b>1 año</b>	-4,620 (-6,910; -3,200)	-1,570 (-3,500; 0,963)	-1,240 (-1,240; -1,240)	0,160
<b>5 años</b>	-2,200 (-6,600; 4,790)	-1,030 (-1,890; -0,004)	-3,480 (-6,300; -0,303)	0,740

Gráfico 115.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



Se encuentra una mediana preoperatoria negativa en los tres grupos y se mantiene durante todo el estudio. El valor más alto es del grupo 1, donde se encuentra además mayor variación de la aberración, después el grupo 2 y por último el 3 (Gráfico 115).

El grupo 1 reduce su valor de forma gradual con una recidiva, que no llega a valores preoperatorios, en la revisión del año. Al final del estudio la mediana es 5,290 $\mu\text{m}$  inferior al preoperatorio.

En el grupo 2 la mediana se reduce de forma gradual durante todo el estudio, siendo el valor de esta a los cinco años 3,020 $\mu\text{m}$  inferior al examen inicial.

En el grupo 3 se observa una reducción del coma horizontal durante el primer año, 2,070 $\mu\text{m}$ , pero a los cinco años vuelve a aumentar un valor 0,170 $\mu\text{m}$  superior al preoperatorio.

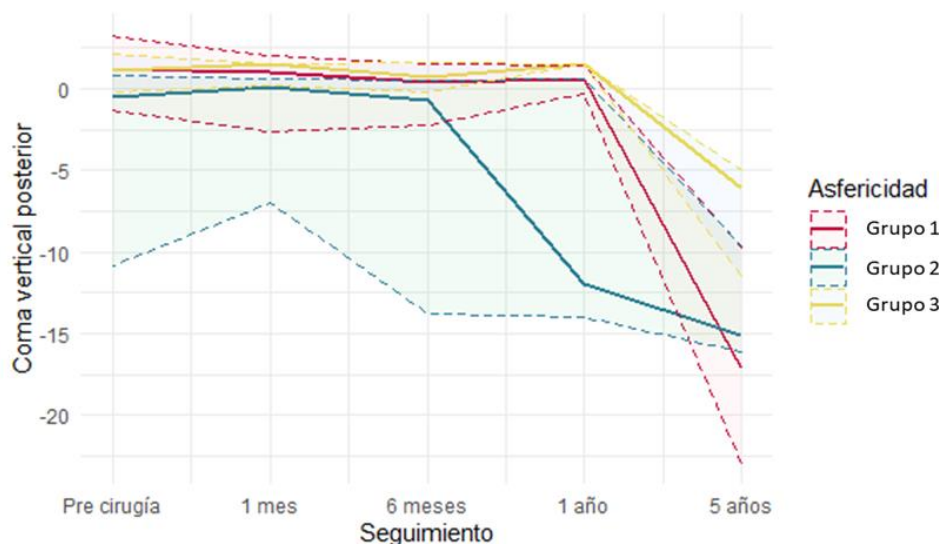
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 200).

**ABERRACIÓN COMÁTICA VERTICAL DE LA CARA POSTERIOR**

Tabla 201.- Descripción del coma vertical posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	1,250 (-1,280; 3,270)	-0,479 (-10,800; 0,840)	1,080 (-0,244; 2,160)	0,230
<b>1 mes</b>	1,020 (-2,660; 1,990)	0,121 (-7,010; 0,595)	1,510 (0,240; 1,570)	0,420
<b>6 meses</b>	0,423 (-2,260; 1,490)	-0,703 (-13,800; 0,512)	0,698 (-0,206; 1,600)	0,370
<b>1 año</b>	0,627 (-0,261; 1,410)	-12,00 (-14,000; 0,642)	1,570 (1,570; 1,570)	0,210
<b>5 años</b>	-17,10 (-22,90; -9,730)	-15,100 (-16,20; -9,67)	-6,12 (-11,400; -4,930)	0,210

Gráfico 116.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



Al evaluar esta aberración se observa una negativización en los tres grupos, sobre todo en el grupo 1 (Gráfico 116).

La mediana preoperatoria del grupo 1 es positiva, pero durante el estudio se va negativizando. Hasta los cinco años no cambia su signo, la revisión donde se encuentra el mayor cambio. La diferencia de este examen con el preoperatorio es de 18,350 $\mu\text{m}$ .

El grupo 2 el primer mes se vuelve positiva, pero en la revisión sucesiva se ha vuelto a negativizar. El mayor cambio respecto al examen anterior se encuentra en la revisión del año, 11,297 $\mu\text{m}$ . En este grupo al final del estudio la mediana es 14,620 $\mu\text{m}$ .

El último grupo también positiviza 0,590 $\mu\text{m}$  durante el primer año, pero en la última revisión se encuentra una recidiva y el valor de la media es 7,200 $\mu\text{m}$  más negativo que el preoperatorio.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 201).

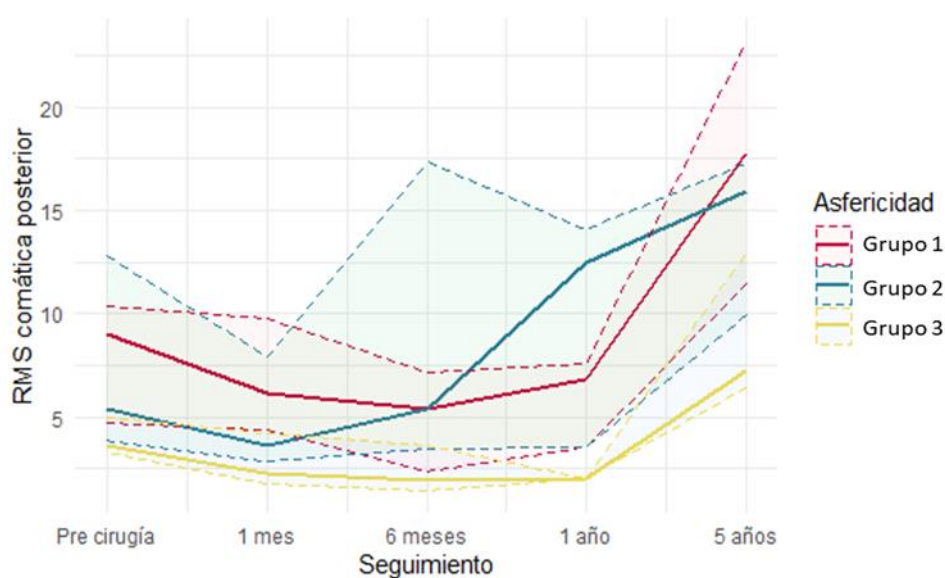


### RMS DE LA ABERRACIÓN COMÁTICA DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 202.- Descripción de la RMS comática posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	9,050 (4,750; 10,300)	5,410 (3,870; 12,800)	3,590 (3,270; 4,940)	0,390
<b>1 mes</b>	6,130 (4,340; 9,730)	3,600 (2,870; 7,880)	2,230 (1,780; 4,210)	0,260
<b>6 meses</b>	5,350 (2,330; 7,180)	5,410 (3,460; 17,400)	1,940 (1,410; 3,580)	0,190
<b>1 año</b>	6,830 (3,560; 7,570)	12,400 (3,560; 14,000)	2,000 (2,000; 2,000)	0,370
<b>5 años</b>	17,800 (11,500; 23,20)	15,900 (9,920; 17,300)	7,260 (6,360; 13,000)	0,470

Gráfico 117.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



La mediana de la RMS aumenta su valor en los tres grupos, pero en especial en grupo 2 (Gráfico 117).

El grupo 1 reduce su valor durante los 6 primeros meses para después volver a aumentar. A los cinco años en 8,750 $\mu\text{m}$  superior al preoperatorio.

La mediana del grupo 2 se reduce el primer mes, pero en las revisiones sucesivas ha vuelto a aumentar su valor, en la última revisión la mediana esta 10,490 $\mu\text{m}$  por encima del preoperatorio.

En el grupo 3 la mediana de la RMS se reduce durante el primer año 1,590 $\mu\text{m}$ , pero a los cinco años hay una regresión. La diferencia entre este examen y el preoperatorio es de 3,700 $\mu\text{m}$ .

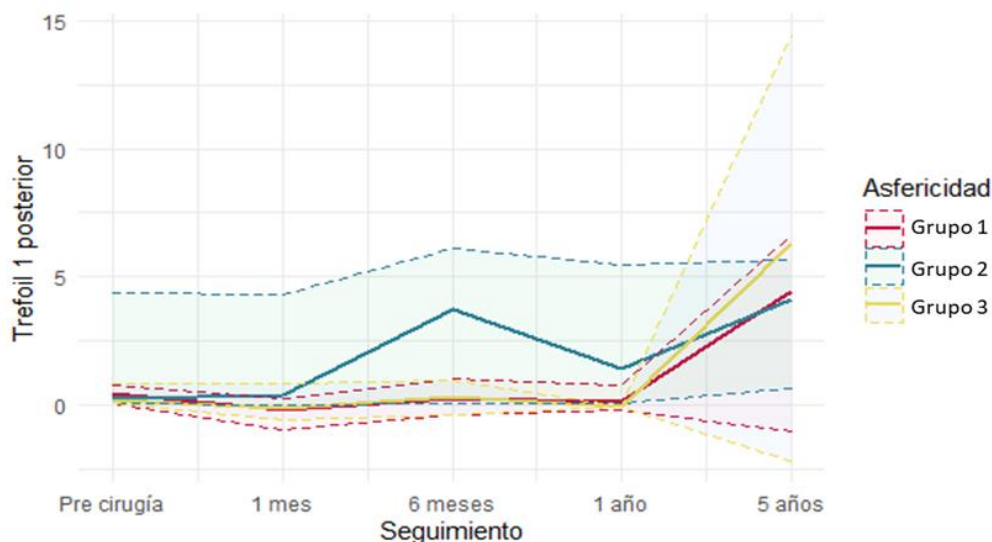
No se observan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 202).

**TREFOIL 1 DE LA CARA POSTERIOR**

Tabla 203.- Descripción del trefoil 1 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> <b>Q &lt; -0,50</b> <b>n=12 (46,15%)</b>	<b>Grupo 2</b> <b>Q entre -0,50 y +0,50</b> <b>n=10 (38,46%)</b>	<b>Grupo 3</b> <b>Q &gt; +0,50</b> <b>n=4 (15,38%)</b>	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,424 (0,072; 0,753)	0,220 (0,045; 4,340)	0,177 (0,071; 0,828)	0,990
<b>1 mes</b>	-0,184 (-0,949; 0,257)	0,399 (0,006; 4,280)	-0,140 (-0,609; 0,825)	0,120
<b>6 meses</b>	0,257 (-0,426; 0,996)	3,710 (0,071; 6,120)	0,316 (-0,411; 0,958)	0,260
<b>1 año</b>	0,117 (-0,238; 0,763)	1,420 (0,050; 5,470)	-0,079 (-0,079; -0,079)	0,400
<b>5 años</b>	4,450 (-1,020; 6,620)	4,080 (0,605; 5,690)	6,290 (-2,210; 14,400)	0,810

Gráfico 118.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria del trefoil 1 es positiva en los tres grupos y va aumentando su valor con el tiempo. El valor es mayor en el grupo 1, después en el 2 y el menor en el grupo 3, que es el grupo dónde más ha aumentado la mediana del final del estudio (Gráfico 118).

El trefoil 1 en el grupo 1 oscila durante el estudio entre valores cercanos al preoperatorio durante el primer año, pero a los cinco años se observa un aumento de  $4,026\mu\text{m}$  respecto a la mediana del primer examen.

En el grupo 2 la mediana aumenta progresivamente durante los cinco años, con una recidiva en el examen de un año. La diferencia entre el preoperatorio y la última revisión es de  $3,860\mu\text{m}$ .

La mediana del grupo 3 fluctúa entre valores positivos y negativos cercanos al preoperatorio durante el primer año, pero en la última revisión es  $6,113\mu\text{m}$  superior al preoperatorio.

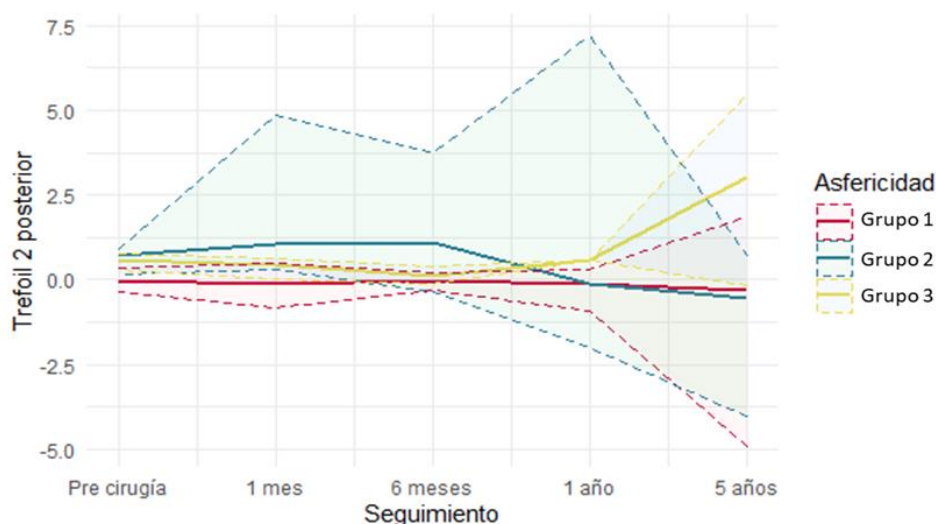
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 203).

## TREFOIL 2 DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 204.- Descripción del trefoil 2 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-0,038 (-0,367; 0,350)	0,707 (0,151; 0,923)	0,568 (0,287; 0,789)	0,069
<b>1 mes</b>	-0,114 (-0,818; 0,480)	1,060 (0,318; 4,840)	0,427 (-5,00e-04; 0,642)	0,160
<b>6 meses</b>	-0,046 (-0,313; 0,214)	1,090 (-0,349; 3,710)	0,090 (-0,144; 0,401)	0,430
<b>1 año</b>	-0,120 (-0,940; 0,304)	-0,103 (-1,990; 7,220)	0,568 (0,568; 0,568)	0,520
<b>5 años</b>	-0,325 (-4,920; 1,850)	-0,569 (-4,010; 0,736)	3,030 (-0,151; 5,450)	0,420

Gráfico 119.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



Al evaluar la mediana de los tres grupos se observa que al final de la revisión, en los grupos 1 y 2 se ha vuelto más negativa y el grupo 3 más positiva. Es el último grupo en el que más ha variado el valor del trefoil 2 posterior (Gráfico 119).

La mediana en el grupo 1 fluctúa entre valores ligeramente superiores al preoperatorio. En la última revisión es 0,287 $\mu\text{m}$  más positivo que el preoperatorio

El grupo 2 aumenta su valor positivo inicial durante los seis primeros meses, pero en las siguientes revisiones se ha ido negativizando, alcanzando en la revisión del año un valor negativo. La diferencia entre el preoperatorio y la revisión de los cinco años es de 1,276 $\mu\text{m}$ .

En el grupo 3 se observa un aumento progresivo de la mediana durante todo el estudio, salvo por una recidiva un año después de haber introducido los ICRS. En la última revisión la mediana es 2,452 $\mu\text{m}$  superior al preoperatorio.

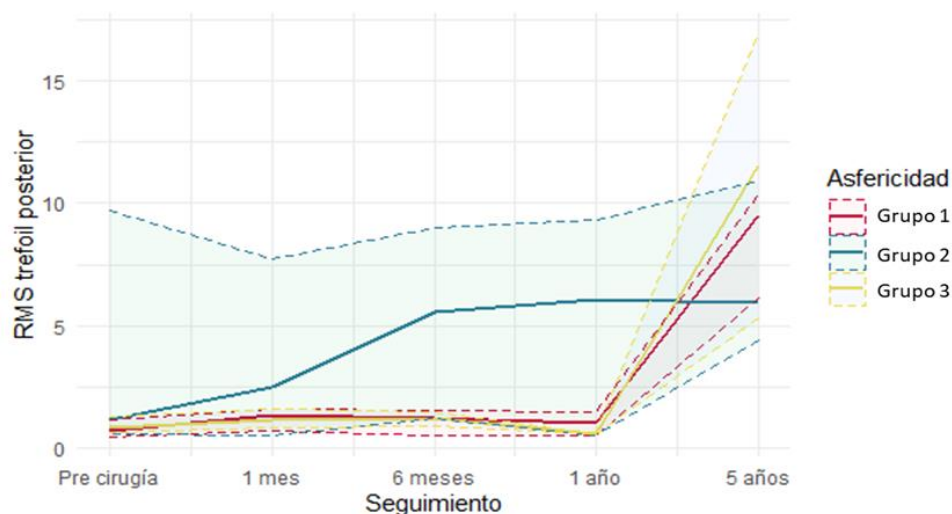
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguno de las revisiones, aunque sí que se observa una tendencia en el examen preoperatorio ( $p=0,069$ ) (Tabla 204).

### RMS DEL TREFOIL DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 205.- Descripción de la RMS trefoil posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> <b>Q &lt; -0,50</b> <b>n=12 (46,15%)</b>	<b>Grupo 2</b> <b>Q entre -0,50 y +0,50</b> <b>n=10 (38,46%)</b>	<b>Grupo 3</b> <b>Q &gt; +0,50</b> <b>n=4 (15,38%)</b>	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	$p$ -valor
<b>Pre</b>	0,681 (0,442; 1,170)	1,120 (0,594; 9,690)	0,819 (0,638; 1,250)	0,580
<b>1 mes</b>	1,320 (0,671; 1,560)	2,500 (0,503; 7,720)	1,160 (0,805; 1,570)	0,530
<b>6 meses</b>	1,240 (0,509; 1,540)	5,550 (1,230; 9,010)	1,230 (0,874; 1,460)	0,340
<b>1 año</b>	1,030 (0,521; 1,470)	6,080 (0,526; 9,330)	0,573 (0,573; 0,573)	0,510
<b>5 años</b>	9,500 (6,140; 10,400)	5,940 (4,420; 10,900)	11,600 (5,310; 16,900)	0,740

Gráfico 120.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS trefoil posterior de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



La mediana ha aumentado en los tres grupos durante el estudio, el mayor cambio se observa en el grupo 3 (Gráfico 120).

La media del grupo 1 aumenta progresivamente durante los cinco años de estudio, a excepción de una recidiva en la revisión del año. En el último examen es donde se encuentra el mayor cambio y la diferencia de la mediana respecto al preoperatorio es de  $8,819\mu$ .

El valor de la RMS del trefoil posterior aumenta durante el primer año de estudio  $4,960\mu\text{m}$ , para luego volver a reducir ligeramente su valor en la última revisión. Aun así, se sigue manteniendo  $4,820\mu\text{m}$  por encima del preoperatorio.

La mediana del grupo 3 aumenta gradualmente durante el estudio, menos en la revisión de un año donde se observa una regresión. Al final del estudio la mediana de la RMS trefoil es 10,781 $\mu\text{m}$  superior al preoperatorio.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 205).

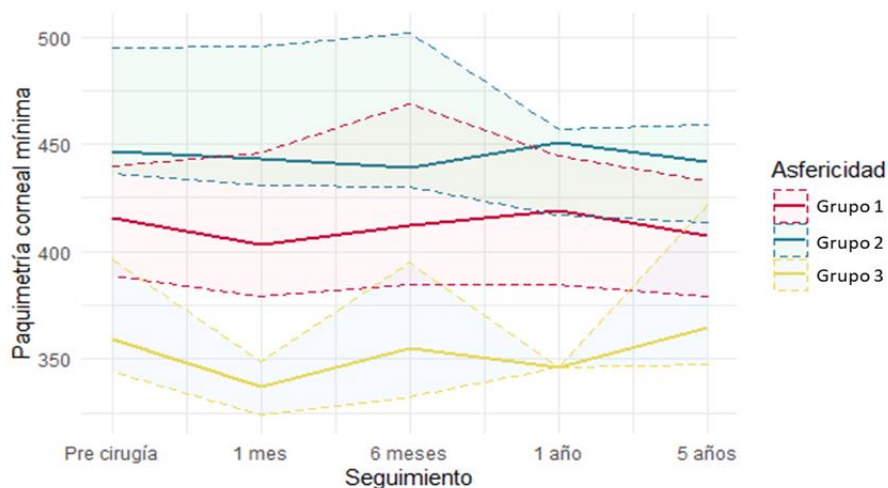
#### 5.4.3.4 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS

##### PAQUIMETRÍA CORNEAL MÍNIMA

Tabla 206.- Descripción de la paquimetría corneal mínima de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	416 (389; 440)	446 (436; 495)	360 (344; 396)	0,024*
<b>1 mes</b>	403 (380; 446)	444 (430; 496)	337 (324; 349)	0,001*
<b>6 meses</b>	412 (384; 468)	439 (430; 502)	355 (332; 395)	0,033*
<b>1 año</b>	419 (385; 444)	451 (417; 457)	346 (346; 346)	0,130
<b>5 años</b>	408 (380; 433)	442 (414; 459)	365 (348; 422)	0,180

Gráfico 121.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la paquimetría corneal mínima de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



En este parámetro se observa una mediana preoperatoria en el grupo 3 estadísticamente inferior a los otros dos grupos ( $p=0,024$ ).

A los cinco años de haber introducido los ICRS en los dos primeros grupos la paquimetría corneal mínima se ha visto reducida, en el grupo 1 8 $\mu\text{m}$ , un 1,92% del valor inicial y en el grupo 2 4 $\mu\text{m}$ , un 0,89% (Gráfico 121).

En cambio, la mediana de la paquimetría aumenta en los pacientes del grupo 3 a los cinco años 5 $\mu\text{m}$ , un 1,38% del valor inicial.

## 5. RESULTADOS

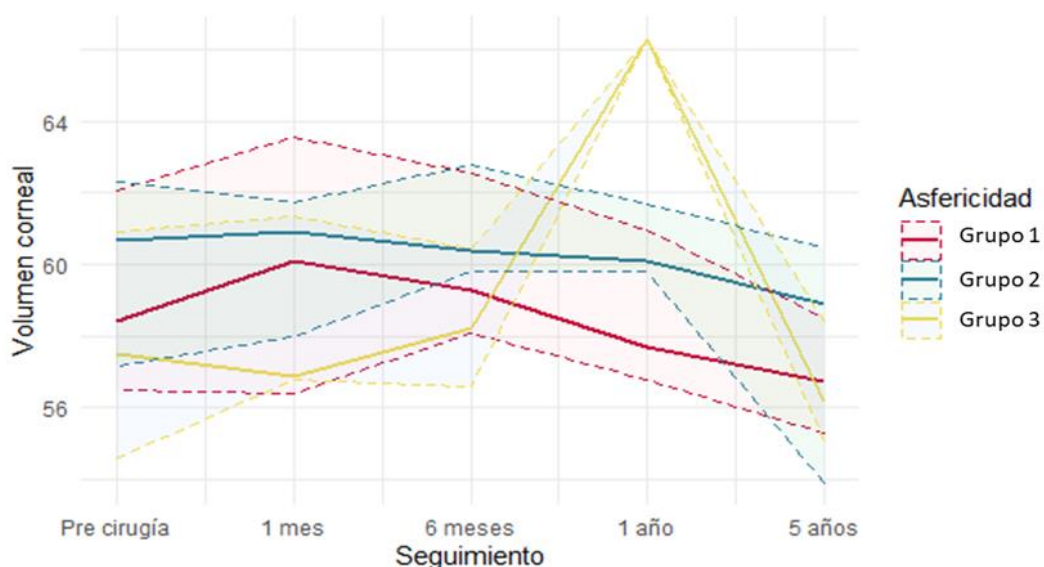
Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el preoperatorio, un mes después de haber introducido los ICRS ( $p=0,001$ ) y a los seis meses ( $p=0,033$ ) (Tabla 206).

### VOLUMEN CORNEAL

Tabla 207.- Descripción del volumen corneal de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( mm <sup>3</sup> )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	58,4 (56,5; 62)	60,6 (57,2; 62,3)	57,5 (54,6; 60,9)	0,75
<b>1 mes</b>	60,1 (56,4; 63,6)	60,9 (58; 61,7)	56,9 (56,8; 61,3)	0,92
<b>6 meses</b>	59,3 (58,1; 62,5)	60,4 (59,8; 62,8)	58,2 (56,6; 60,5)	0,55
<b>1 año</b>	57,7 (56,8; 61)	60,1 (59,8; 61,7)	66,3 (66,3; 66,3)	0,25
<b>5 años</b>	56,8 (55,3; 58,5)	58,9 (53,9; 60,5)	56,1 (55,1; 58,4)	0,98

Gráfico 122.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen corneal de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



Al evaluar el volumen corneal se observa una reducción de la mediana en los tres grupos al final del estudio.

En el grupo 1 en valor de este parámetro aumenta el primer mes  $1,50\text{mm}^3$ , pero en las revisiones sucesivas disminuye. En el examen de los cinco años es  $1,60\text{mm}^3$  inferior al preoperatorio, un 2,73% (Gráfico 122).

El grupo 2 lleva una trayectoria igual al 1, la mediana el primer mes aumenta, en este caso  $0,30\text{mm}^3$  para volver a reducir su valor en las siguientes revisiones. Al final del estudio la mediana es  $1,70\text{mm}^3$  inferior al preoperatorio, un 2,80% del valor inicial.

En el último grupo, el primer mes el valor de la mediana se reduce 0,60mm<sup>3</sup> pero luego vuelve a aumentar, 8,80mm<sup>3</sup> en total, hasta la revisión de los cinco años donde ha vuelto a disminuir. La mediana en esta revisión es 1,40mm<sup>3</sup> inferior al preoperatorio.

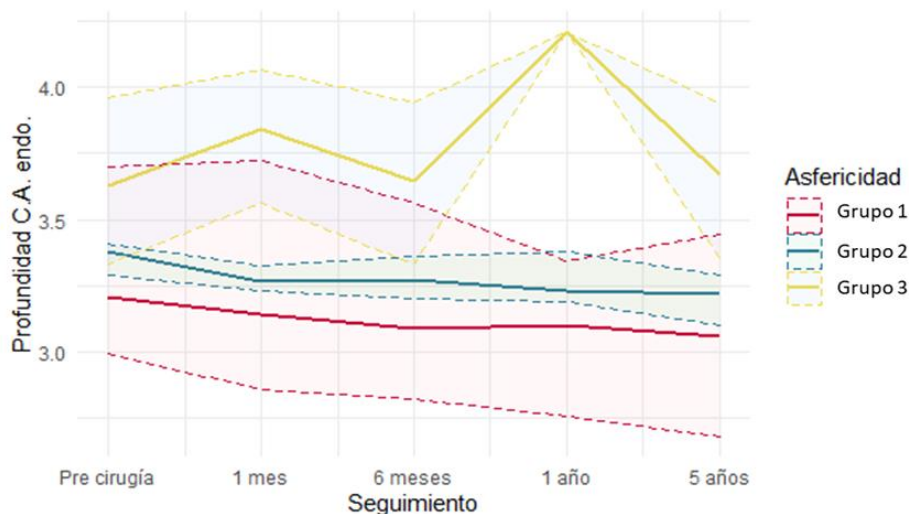
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 207).

### PROFUNDIDAD DE LA CÁMARA ANTERIOR (CA)

Tabla 208.- Descripción de la profundidad CA de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( mm )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	3,21 (3,00; 3,70)	3,38 (3,29; 3,41)	3,62 (3,33; 3,96)	0,330
<b>1 mes</b>	3,14 (2,86; 3,72)	3,27 (3,23; 3,33)	3,84 (3,56; 4,06)	0,250
<b>6 meses</b>	3,09 (2,82; 3,56)	3,27 (3,02; 3,36)	3,64 (3,33; 3,94)	0,180
<b>1 año</b>	3,10 (2,75; 3,34)	3,23 (3,19; 3,38)	4,21 (4,21; 4,21)	0,150
<b>5 años</b>	3,06 (2,68; 3,44)	3,22 (3,10; 3,29)	3,67 (3,35; 3,94)	0,200

Gráfico 123.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la profundidad CA de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



A los cinco años de haber introducido los ICRS en los dos primeros grupos la profundidad de la cámara anterior se ha visto reducida, en el grupo 0,15mm, un 4,67% del valor inicial y en el grupo 3 0,16mm, un 4,73% (Gráfico 123).

En cambio, la mediana del grupo 3 ha aumentado a los cinco años respecto al preoperatorio, 0,05mm, un 1,38% del valor inicial.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 208).



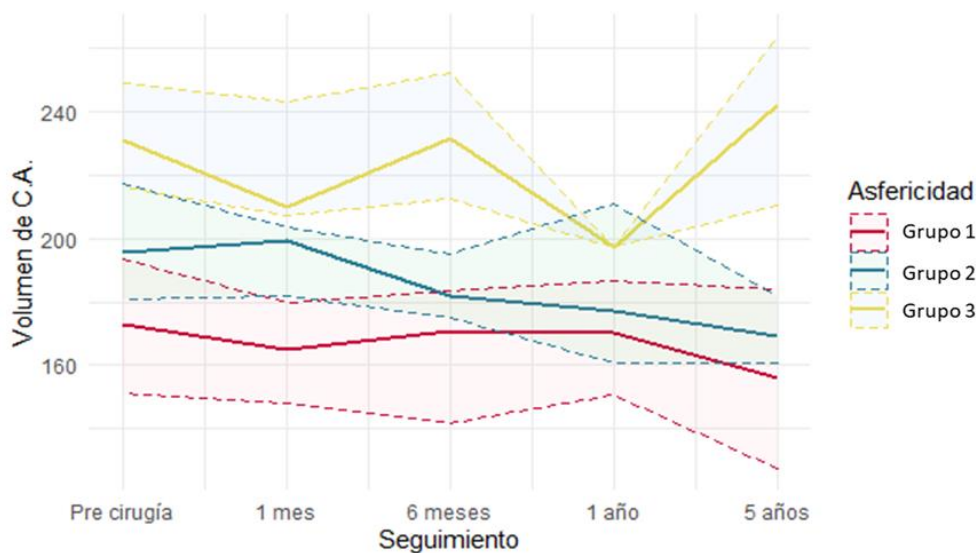
**VOLUMEN DE LA CAMARA ANTERIOR (CA)**

Tabla 209.- Descripción del volumen de CA de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> <b>Q &lt; -0,50</b> <b>n=12 (46,15%)</b>	<b>Grupo 2</b> <b>Q entre -0,50 y +0,50</b> <b>n=10 (38,46%)</b>	<b>Grupo 3</b> <b>Q &gt; +0,50</b> <b>n=4 (15,38%)</b>	
( mm <sup>3</sup> )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	173 (152; 194)	196 (181; 217)	231 (216; 249)	0,053
<b>1 mes</b>	165 (148; 180)	199 (182; 204)	210 (207; 243)	0,012*
<b>6 meses</b>	171 (142; 184)	182 (175; 195)	232 (212; 252)	0,018*
<b>1 año</b>	170 (150; 186)	177 (161; 211)	197 (197; 197)	0,420
<b>5 años</b>	156 (128; 184)	169 (160; 182)	242 (210; 264)	0,063

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 124.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen de CA de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



En este parámetro se observa una mediana mayor en el grupo 3, después en el grupo 2 y la más pequeña en el grupo 1, siendo estas diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,053$ ).

La mediana del volumen de la CA de los dos primeros grupos se ha visto reducido en el último examen, en el grupo 1  $17\text{mm}^3$ , un 9,82% del valor inicial y en el grupo 2  $27\text{mm}^3$ , un 13,77% (Gráfico 124).

En cambio, la mediana del volumen de la CA ha aumentado en los pacientes del grupo 3 a los cinco años  $11\text{mm}^3$ , un 4,76% del valor inicial.

Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el preoperatorio, un mes después de haber introducido los ICRS ( $p=0,012$ ) y a los seis meses ( $p=0,018$ ) (Tabla 209).



## 5.4.3.5 PARÁMETROS BIOMECÁNICOS

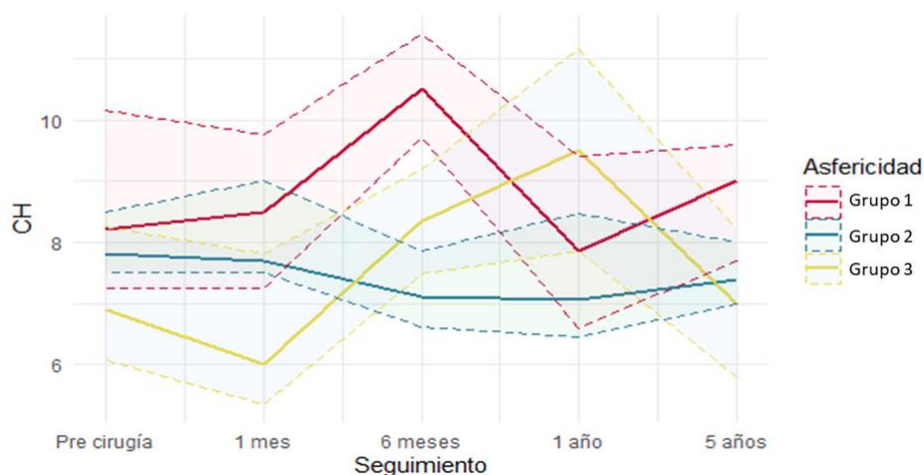
## HISTÉRESIS CORNEAL (CH)

Tabla 210.- Descripción de la CH de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> <b>Q &lt; -0,50</b> <b>n=12 (46,15%)</b>	<b>Grupo 2</b> <b>Q entre -0,50 y +0,50</b> <b>n=10 (38,46%)</b>	<b>Grupo 3</b> <b>Q &gt; +0,50</b> <b>n=4 (15,38%)</b>	
( mmHg )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	8,20 (7,25; 10,10)	7,80 (7,50; 8,50)	6,90 (6,07; 8,25)	0,430
<b>1 mes</b>	8,50 (7,25; 9,75)	7,70 (7,50; 9,0)	6,00 (5,35; 7,80)	0,430
<b>6 meses</b>	10,50 (9,70; 11,40)	7,10 (6,62; 7,85)	8,35 (7,47; 9,20)	0,003*
<b>1 año</b>	7,85 (6,60; 9,40)	7,05 (6,45; 8,48)	9,50 (7,85; 11,20)	0,780
<b>5 años</b>	9,00 (7,70; 9,60)	7,40 (7,00; 8,00)	7,00 (5,80; 8,20)	0,200

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 125.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CH de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



En este parámetro se observa una mediana mayor en el grupo 1, después en el grupo 2 y la más pequeña en el grupo 3, las diferencias no llegan a ser estadísticamente significativas ( $p=0,430$ ).

El grupo 1 reduce el valor de la mediana durante los seis primeros meses, al de un año aumenta, pero a los cinco años ha disminuido de nuevo. En la última revisión el valor de la mediana incrementa su valor 0,80mmHg respecto al preoperatorio, un 9,75% (Gráfico 125).

En el segundo grupo se observa una reducción progresiva de 0,75mmHg el primer año de estudio, para volver a aumentar en la revisión de los cinco años. La mediana de este examen es 0,40mmHg inferior al preoperatorio, un 5,12% de su valor inicial.

El grupo 3 reduce su valor el primer mes 0,90mmHg, en las dos siguientes revisiones vuelve a aumentar 3,50mmHg, pero en la última revisión de nuevo se encuentra una disminución del CH. La diferencia entre el examen de los cinco años y el preoperatorio es de 0,10mmHg, un 1,44%.

## 5. RESULTADOS

Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en la revisión de los seis meses ( $p=0,003$ ) (Tabla 210).

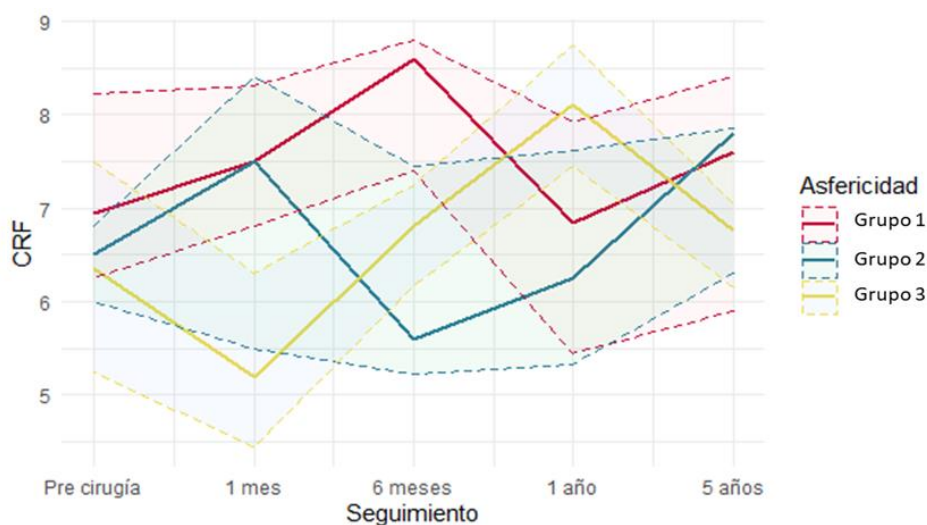
### FACTOR DE RESISTENCIA CORNEAL (CRF)

Tabla 211.- Descripción de la CRF de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( mmHg )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	6,95 (6,25; 8,23)	6,50 (6,00; 6,80)	6,35 (5,25; 7,50)	0,60
<b>1 mes</b>	7,50 (6,80; 8,30)	7,50 (5,50; 8,40)	5,20 (4,45; 6,30)	0,22
<b>6 meses</b>	8,60 (7,40; 8,80)	5,60 (5,23; 7,45)	6,80 (6,17; 7,25)	0,029*
<b>1 año</b>	6,85 (5,45; 7,92)	6,25 (5,33; 7,63)	8,10 (7,45; 8,75)	0,63
<b>5 años</b>	7,60 (5,90; 8,40)	7,80 (6,30; 7,85)	6,75 (6,15; 7,05)	0,60

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 126.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CRF de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



Al evaluar la CRF se observa una mediana mayor en el grupo 1, después en el grupo 2 y la más pequeña en el grupo 3, las diferencias no llegan a ser estadísticamente significativas ( $p=0,60$ ).

El valor de este parámetro fluctúa en los tres grupos durante el estudio, pero en la revisión de los cinco años en la mediana ha aumentado en todos los casos (Gráfico 126).

En el grupo 1 el aumento es de 0,65mmHg, en el grupo 2 de 1,30mmHg y el último de 0,40mmHg, un 9,33%, un 20% y un 6,29% respectivamente.

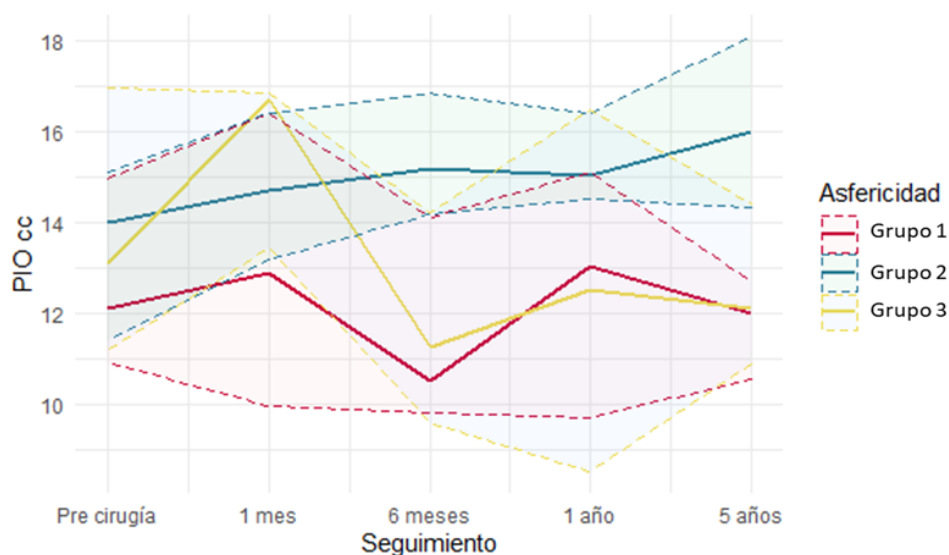
Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en la revisión de los seis meses ( $p=0,029$ ) (Tabla 211).

### PRESIÓN INTRAOCULAR COMPENSADA (PIOcc)

Tabla 212.- Descripción de la PIOcc de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> Q < -0,50 n=12 (46,15%)	<b>Grupo 2</b> Q entre -0,50 y +0,50 n=10 (38,46%)	<b>Grupo 3</b> Q > +0,50 n=4 (15,38%)	
( mmHg )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	12,10 (10,90; 15,00)	14,00 (11,40; 15,10)	13,10 (11,20; 17,00)	0,590
<b>1 mes</b>	12,90 (9,95; 16,40)	14,70 (13,20; 16,40)	16,70 (13,40; 16,90)	0,950
<b>6 meses</b>	10,50 (9,80; 14,10)	15,20 (14,20; 16,90)	11,20 (9,57; 14,20)	0,190
<b>1 año</b>	13,10 (9,68; 15,10)	15,10 (14,50; 16,40)	12,50 (8,50; 16,50)	0,420
<b>5 años</b>	12,00 (10,60; 12,70)	16,00 (14,30; 18,10)	12,10 (10,90; 14,40)	0,072

Gráfico 127.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la PIOcc de los pacientes según el grado de asfericidad de la cara anterior de la córnea.



En este parámetro se observa una mediana mayor en el grupo 2, después en el grupo 3 y la más pequeña en el grupo 1, las diferencias no llegan a ser estadísticamente significativas ( $p=0,590$ ). El grupo con PIOcc preoperatorio más alto aumenta el valor de la mediana al final del estudio mientras que el grupo 1 se mantiene igual y el grupo 3, disminuye (Gráfico 127).

En el grupo 1 la mediana fluctúa durante el estudio, y al final del estudio la diferencia con el preoperatorio es de 0,10mmHg, un 0,82%.

En el grupo 2 aumenta de manera gradual durante todo el estudio y a los cinco años es 2,00mmHg superior al preoperatorio, un 14,28%.

La mediana del grupo 3 aumenta 3,40mmHg el primer mes para luego ir reduciendo su valor en los exámenes sucesivos. A los cinco años es 1mmHg inferior al preoperatorio, un 7,63%.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, pero sí una tendencia en el último examen ( $p=0,072$ ) (Tabla 212).

#### 5.4.4 EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS SEGÚN LA RELACIÓN ENTRE ET Y EC PREOPERATORIOS

A continuación, se analiza la evolución de los parámetros dividiendo a los pacientes en tres grupos, según si el eje topográfico y comático preoperatorio son coincidentes entre sí, la diferencia entre los ejes es inferior a 30°, no coincidentes, la separación entre ambos está entre 30° y 60°, y por último el grupo de los ejes perpendiculares, cuando la diferencia entre los ejes es superior a 60°. En la Tabla 213 se muestran los parámetros evaluados en este apartado, los acompañados por un asterisco (\*) son aquellos en los que se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los grupos a lo largo del estudio.

Tabla 213. Parámetros evaluados en el apartado 5.4.4.

PARÁMETROS			
Refractivos	Topográficos	Aberrométricos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avcc*</li> <li>• Esfera</li> <li>• Cilindro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1*</li> <li>• K2</li> <li>• K máxima</li> <li>• Q</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K1*</li> <li>• K2</li> <li>• Q</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cara anterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberración esférica</li> <li>• Aberración comática: horizontal, vertical y RMS</li> <li>• Trefoil: 1, 2, RMS</li> </ul> </li> <li>• <b>Cara posterior:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberración esférica</li> <li>• Aberración comática: horizontal, vertical y RMS</li> <li>• Trefoil: 1, 2*, RMS</li> </ul> </li> </ul>	
	Morfológicos	Biomecánicos	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paquimetría corneal mínima</li> <li>• Volumen corneal</li> <li>• Profundidad de CA</li> <li>• Volumen de la CA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CH*</li> <li>• CRF</li> <li>• PIOcc*</li> </ul>	

A continuación, se encuentran tablas con el análisis descriptivo de los parámetros refractivos, topográficos, aberrométrico, morfológicos y biomecánicos de los tres grupos.

## 5.4.4.1 PARÁMETROS REFRACTIVOS

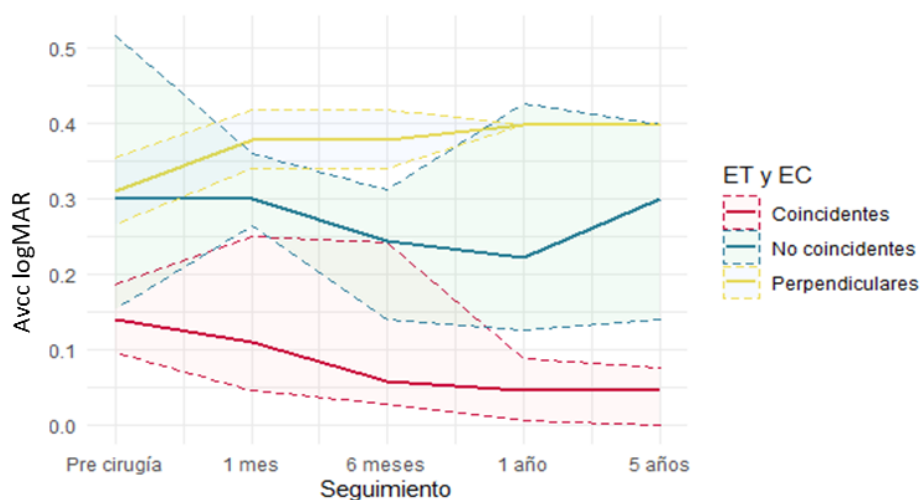
## AGUDEZA VISUAL CON CORRECCIÓN (AVcc)

Tabla 214.-Descripción del de la AVcc logMAR de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
(LogMAR)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,14 (0,09; 0,18)	0,30 (0,15; 0,51)	0,31 (0,26; 0,35)	0,023*
<b>1 mes</b>	0,11 (0,04; 0,25)	0,30 (0,26; 0,36)	0,37 (0,34; 0,41)	0,009*
<b>6 meses</b>	0,05 (0,02; 0,24)	0,24 (0,14; 0,31)	0,37 (0,34; 0,41)	0,023*
<b>1 año</b>	0,04 (0,01; 0,08)	0,22 (0,12; 0,42)	0,39 (0,36; 0,46)	0,056
<b>5 años</b>	0,04 (0,00; 0,07)	0,30 (0,14; 0,39)	0,39 (0,36; 0,46)	0,011*

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 128.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del de la AVcc logMAR de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La AVcc es peor en grupo 3, después en el grupo 2 y por último el grupo 1 es donde se encuentra una mejor visión. Durante todo el estudio se mantienen en este orden. La diferencia es estadísticamente significativa en cada una de las revisiones, sobre todo en el examen de un mes ( $p=0,009$ ) (Tabla 214).

En el grupo 1 mejora la AVcc 0,09 unidades logMAR el primer año, un 67,28% del valor inicial, a partir de allí se mantiene estable (Gráfico 128).

La AVcc del grupo 2 aumenta durante el primer año 0,07 unidades, pero en la última revisión se observa una regresión y la mediana vuelve a obtener el valor preoperatorio.

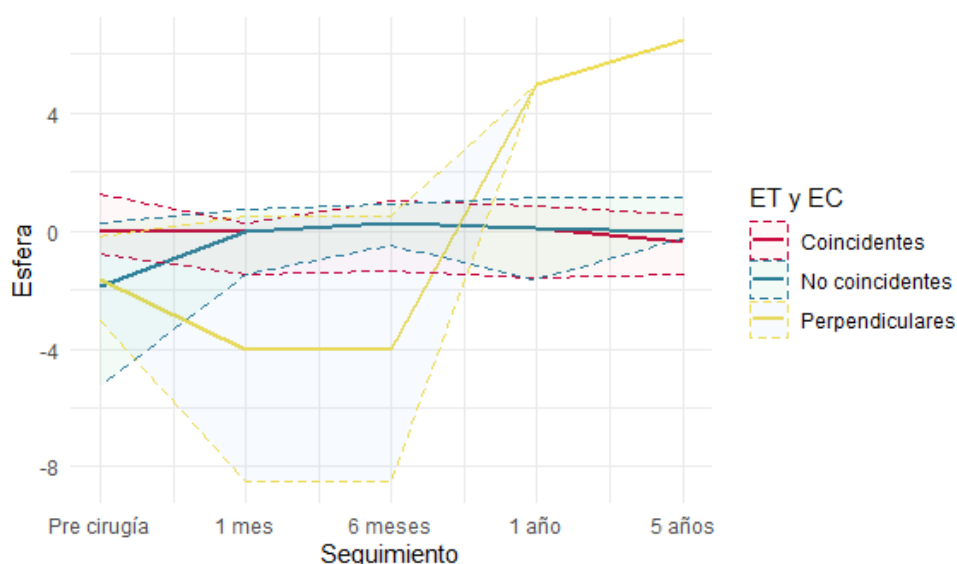
El grupo 3 la AVcc disminuye de manera progresiva durante el estudio, la diferencia entre la mediana a los cinco años y el preoperatorio es 0,08 unidades, un 29,38% del valor inicial.

## ESFERA

Tabla 215.- Descripción de la esfera de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,00 (-0,75; 1,25)	-1,88 (-5,25; 0,25)	-1,62 (-3,06; -0,188)	0,980
<b>1 mes</b>	0,00 (-1,50; 0,25)	0,00 (-1,50; 0,75)	-4,00 (-8,50; 0,50)	0,980
<b>6 meses</b>	0,25 (-1,38; 1,00)	0,25 (-0,50; 0,93)	-4,00 (-8,50; 0,50)	0,960
<b>1 año</b>	0,125 (-1,56; 0,87)	0,125 (-1,62; 1,12)	5,00 (-5; 10,45)	0,340
<b>5 años</b>	-0,37 (-1,5; 0,56)	0,00 (-0,25; 1,12)	6,50 (-4,36; 11,50)	0,210

Gráfico 129.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la esfera de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria más negativa se encuentra en el grupo 2 y después en el grupo 3, en el grupo 1 es de 0,00D. Durante el estudio el grupo 1 se vuelve más negativo y los otros dos se positivizan. En ninguno de estos casos se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 215).

La mediana del grupo 1 se mantiene estable durante el primer año y a los cinco años se encuentra un valor -0,37D más negativo que el preoperatorio (Gráfico 129).

El grupo 2 se vuelve 1,88D más positivo durante el primer mes, siendo el valor de la mediana en esta revisión de 0,00D, a partir de allí permanece estable.

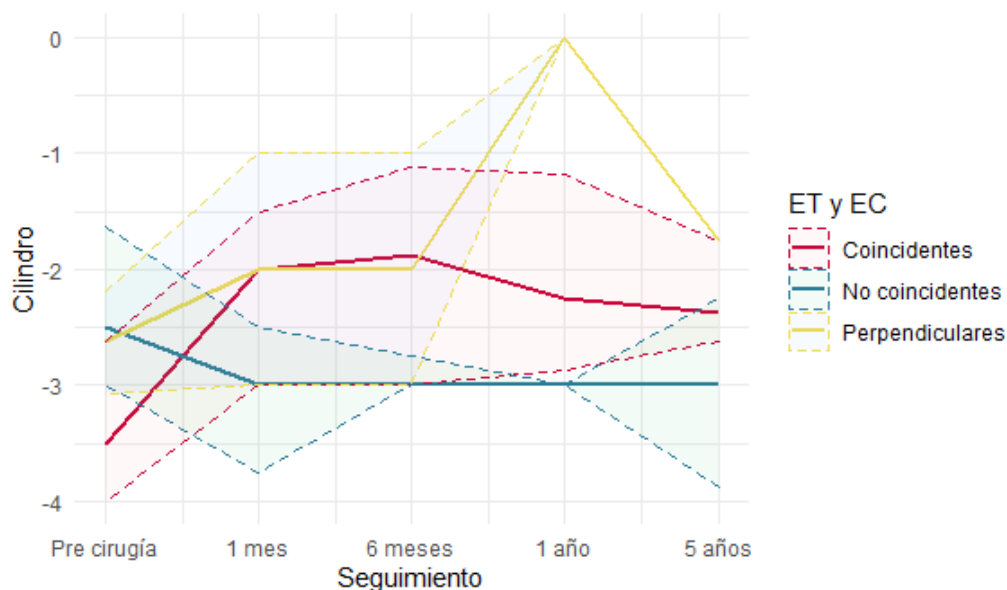
En el grupo 3 se observa que en los 6 primeros meses la mediana se vuelve 2,38D más negativa, pero en la revisión del año se encuentra una positivización de 9,00D y en la siguiente revisión otras 1,50D. Al final del estudio la diferencia con el preoperatorio es de 8,12D.

## CILINDRO

Tabla 216.- Descripción del cilindro de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
(D)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-3,50 (-4,00; -2,62)	-2,50 (-3,00; -1,62)	-2,62 (-3,06; -2,19)	0,063
<b>1 mes</b>	-2,00 (-3,00; -1,50)	-3,00 (-3,75; -2,50)	-2,00 (-3,00; -1,00)	0,170
<b>6 meses</b>	-1,88 (-3,00; -1,12)	-3,00 (-3,00; -2,75)	-2,00 (-3,00; -1,00)	0,330
<b>1 año</b>	-2,25 (-2,88; -1,19)	-3,00 (-3,00; -3,00)	0,00 (-1,00; 1,00)	0,130
<b>5 años</b>	-2,38 (-2,62; -1,75)	-3,00 (-3,88; -2,25)	-1,75 (-2,75; -1,00)	0,350

Gráfico 130.-Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del cilindro de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria más negativa se encuentra en el grupo 1 y después en el grupo 3, y por último en el grupo 2.

En nuestro estudio los grupos 1 y 3 disminuyen su valor preoperatorio, pero con una regresión en la última revisión. A los cinco años en el grupo 1 la mediana es 1,12D inferior al preoperatorio y en el grupo 2, donde la recidiva es mayor, de 0,87D (Gráfico 130).

En el grupo 2 la mediana del cilindro aumenta 0,50D el primer mes y en el resto de las revisiones permanece estable.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, pero sí que se observa una tendencia a serlo en el examen preoperatorio ( $p=0,063$ ) (Tabla 216).

## 5.4.4.2 PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS

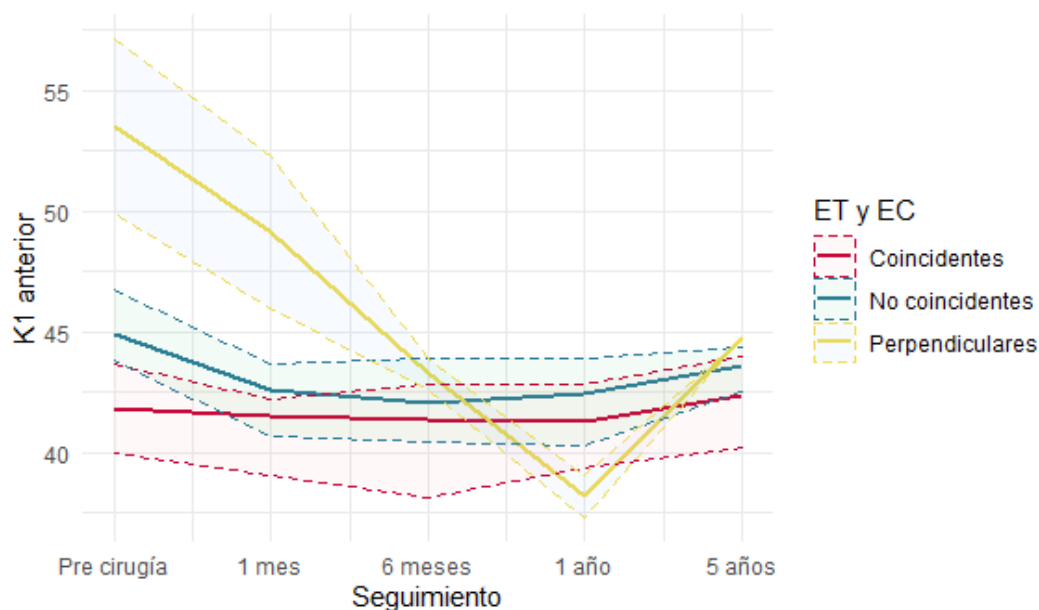
## QUERATOMETRÍA 1 (K1) DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 217.-Descripción de la K1 anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	41,90 (40,00; 43,70)	44,90 (43,80; 46,80)	53,50 (49,90; 57,20)	0,021*
<b>1 mes</b>	41,50 (39,10; 42,20)	42,60 (40,70; 43,70)	49,10 (46,00; 52,30)	0,170
<b>6 meses</b>	41,40 (38,10; 42,80)	42,10 (40,5; 44)	43,30 (42,60; 44,00)	0,350
<b>1 año</b>	41,30 (39,40; 42,80)	42,50 (40,30; 44,00)	38,20 (37,30; 39,10)	0,230
<b>5 años</b>	42,40 (40,20; 44,00)	43,60 (42,50; 44,40)	44,80 (43,80; 54,40)	0,260

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 131.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria de K1 anterior es inferior en el grupo 1, después en el 2 y el valor más alto se encuentra en el grupo 3. La diferencia entre los distintos grupos es estadísticamente significativa ( $p=0,021$ ).

En los tres grupos se encuentra una reducción de la mediana durante el primer año con una recidiva a los cinco años. El grupo que más ha reducido su valor es el tercero (Gráfico 131).

La mediana del grupo 1 debido a la regresión del último examen es a los cinco años 0,50D superior al preoperatorio, un 1,19%.



En el grupo 2 y 3 en la revisión de los cinco años la mediana sigue manteniéndose en valores inferiores al preoperatorio, en el grupo 2 1,30D, se ha reducido un 2,89% y en el grupo 3 8,70D, un 16,20%.

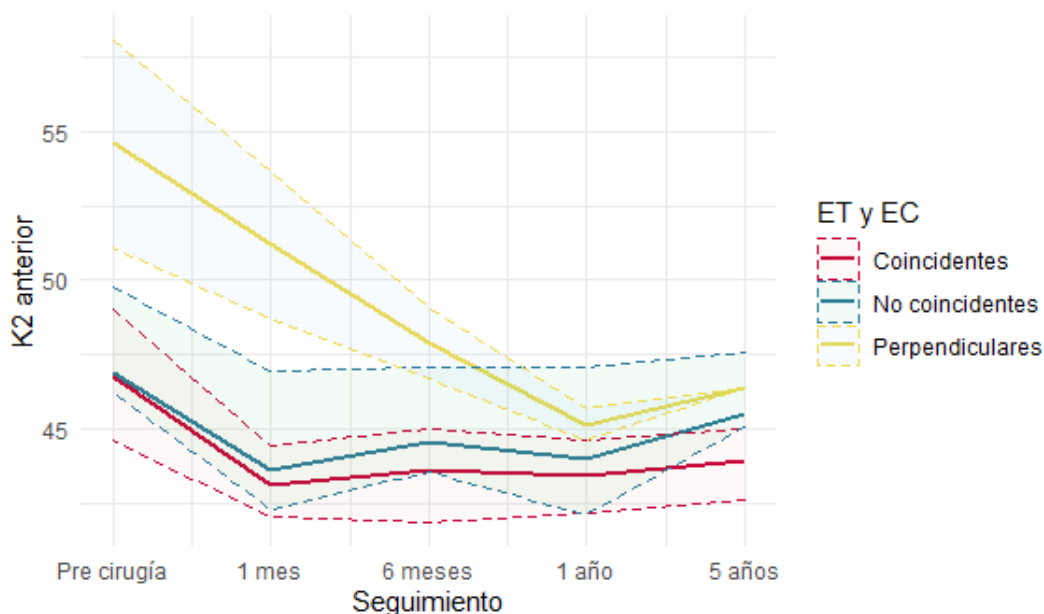
Se encuentran diferencias estadísticamente significativas únicamente en el examen preoperatorio ( $p=0,021$ ) (Tabla 217).

### QUERATOMETRÍA 2 (K2) DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 218.- Descripción de la K2 anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( D )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	46,80 (44,60; 49,00)	46,90 (46,20; 49,80)	54,60 (51,10; 58,10)	0,260
<b>1 mes</b>	43,10 (42,00; 44,50)	43,60 (42,30; 47,00)	51,20 (48,70; 53,70)	0,130
<b>6 meses</b>	43,60 (41,90; 45,00)	44,50 (43,50; 47,10)	47,90 (46,70; 49,10)	0,086
<b>1 año</b>	43,40 (42,20; 44,60)	44,00 (42,10; 47,10)	45,20 (44,60; 45,70)	0,550
<b>5 años</b>	43,90 (42,60; 45,00)	45,50 (45,00; 47,60)	46,40 (45,30; 47,90)	0,100

Gráfico 132.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



En el examen preoperatorio la mediana es superior en el grupo 3 y el grupo 1 y 2 cuentan con valores similares, esta diferencia no llega a ser estadísticamente significativa ( $p=0,26$ ).

En los tres grupos se observa una reducción progresiva del valor de K2 durante el primer año y una regresión en la última revisión, pero sin llegar a valores preoperatorios. Al final del estudio el mayor cambio se encuentra en el grupo 3 (Gráfico 132).

La diferencia respecto al preoperatorio es de 2,90D en el grupo 1, un 6,19% del valor inicial, en el grupo 2 es de 1,40D, un 2,89% y en el último grupo de 8,20D, un 15,01%.

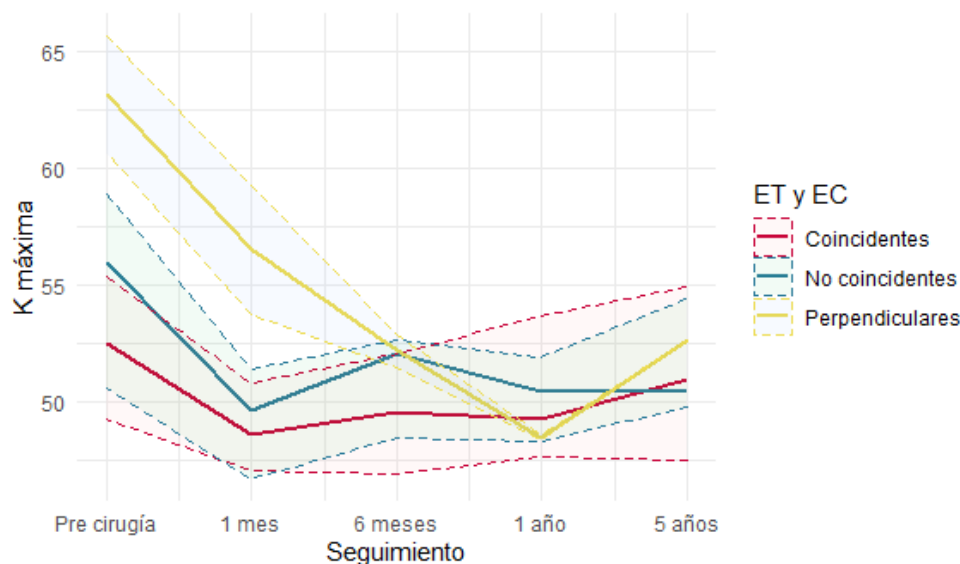
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las revisiones (Tabla 218).

### QUERATOMETRÍA MÁXIMA (K máxima) DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 219.- Descripción de la K máxima de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	52,50 (49,20; 55,30)	55,90 (50,50; 58,90)	63,20 (60,60; 65,70)	0,067
<b>1 mes</b>	48,60 (47,00; 50,80)	49,60 (46,60; 51,40)	56,50 (53,80; 59,20)	0,320
<b>6 meses</b>	49,50 (46,80; 52,00)	52,00 (48,50; 52,60)	52,20 (51,40; 52,90)	0,430
<b>1 año</b>	49,20 (47,60; 53,60)	50,40 (48,20; 51,90)	48,50 (48,30; 48,60)	0,780
<b>5 años</b>	50,90 (47,50; 54,90)	50,50 (49,80; 54,30)	52,60 (51,60; 53,70)	0,940

Gráfico 133.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K máxima de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria de K máxima es superior en el grupo 3, después en el 2 y el valor más bajo se encuentran en el grupo 1. La diferencia entre los grupos no es estadísticamente significativa pero sí que hay una tendencia a serlo ( $p=0,067$ ).

En los tres grupos se encuentra una reducción de la mediana durante el primer año con una recidiva a los cinco años, en los tres casos se mantiene por debajo del preoperatorio. El grupo que más ha reducido su valor es el 3 (Gráfico 133).

En el grupo 1 la mediana es 1,60D inferior al preoperatorio, un 3,04% del valor inicial, en el grupo 2 la diferencia es de 5,40D, un 9,66% y en el tercer grupo de 10,60D, un 16,77%.

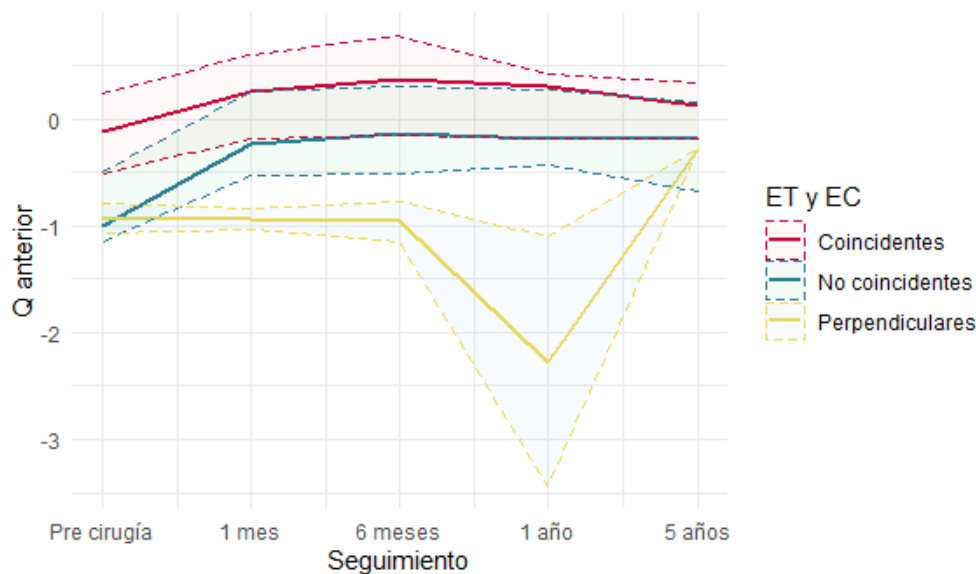
No se encuentra diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 219).

### ASFERICIDAD (Q) DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 220.- Descripción de la Q anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)	<b>Grupo 2</b> ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)	<b>Grupo 3</b> ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)	
	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-0,12 (-0,517; 0,242)	-1,01 (-1,14; -0,50)	-0,93 (-1,07; -0,79)	0,057
<b>1 mes</b>	0,25 (-0,19; 0,595)	-0,24 (-0,53; 0,26)	-0,94 (-1,04; -0,84)	0,090
<b>6 meses</b>	0,37 (-0,16; 0,785)	-0,13 (-0,51; 0,3)	-0,96 (-1,14; -0,77)	0,056
<b>1 año</b>	0,31 (-0,18; 0,422)	-0,18 (-0,43; 0,27)	-2,28 (-3,44; -1,11)	0,310
<b>5 años</b>	0,12 (-0,188; 0,338)	-0,19 (-0,68; 0,16)	-0,28 (-0,53; -0,21)	0,530

Gráfico 134.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



Preoperatoriamente la mediana tiene signo negativo en los tres grupos, el valor más alto se encuentra en el grupo 2, después en el grupo 3 y por último en el 1.

Los tres grupos se han vuelto más positivos al final del estudio respecto al preoperatorio, sobre todo el grupo 2.

La mediana del grupo 1 se vuelve más positiva durante los seis primeros meses, cambiando su signo de negativo a positivo, pero en la revisión sucesiva vuelve a negativizarse,

sin llegar a valores preoperatorios. En la revisión de los cinco años es 0,24 unidades más positiva que el preoperatorio (Gráfico 134).

En el grupo 2 la mediana se mantiene durante todo el estudio con signo negativo. El valor de Q en este grupo se reduce durante los ses primeros meses 0,87 unidades, pero en las siguientes revisiones vuelve a aumentar. La mediana en este grupo es en la revisión de los cinco años 0,82 unidades inferior al preoperatorio.

El grupo 3 aumenta progresivamente su valor el primer año de estudio, 1,31 unidades, pero en la revisión de los cinco años ha vuelto a reducirse hasta valores inferiores al preoperatorio. La diferencia entre el preoperatorio y la última revisión es de 0,65 unidades.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones, pero sí que se observa una tendencia en el preoperatorio ( $p=0,057$ ) y en la revisión de los seis meses ( $p=0,056$ ) (Tabla 220).

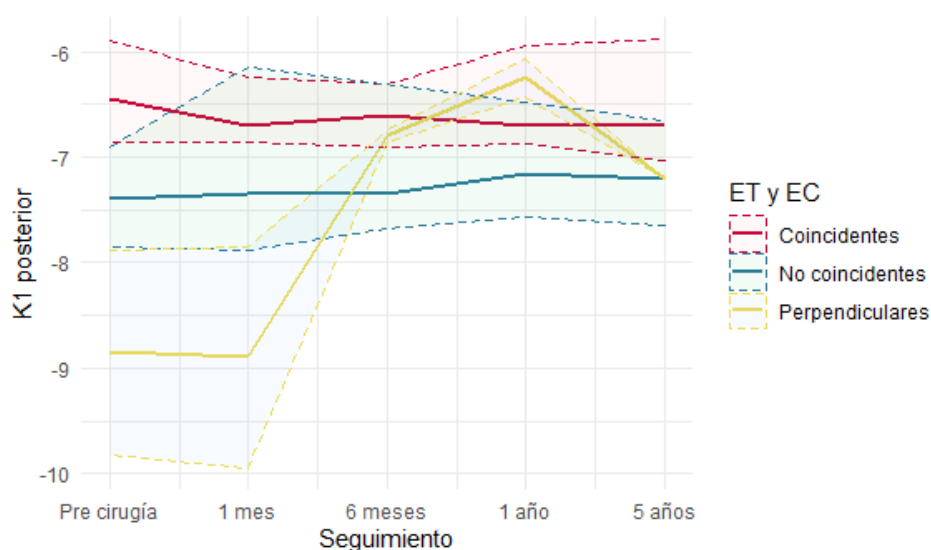
### QUERATOMETRÍA 1 (K1) DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 221.- Descripción del K1 posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( D )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-6,45 (-6,85; -5,9)	-7,40 (-7,85; -6,90)	-8,85 (-9,83; -7,88)	0,014*
<b>1 mes</b>	-6,70 (-6,85; -6,25)	-7,35 (-7,88; -6,15)	-8,90 (-9,95; -7,85)	0,180
<b>6 meses</b>	-6,60 (-6,90; -6,30)	-7,35 (-7,68; -6,30)	-6,80 (-6,85; -6,75)	0,340
<b>1 año</b>	-6,70 (-6,88; -5,95)	-7,15 (-7,58; -6,47)	-6,25 (-6,42; -6,08)	0,240
<b>5 años</b>	-6,70 (-7,03; -5,88)	-7,20 (-7,65; -6,65)	-7,20 (-7,65; -7,00)	0,220

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 135.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K1 posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria de K1 posterior es inferior en el grupo 1, después en el 2 y el valor más alto se encuentra en el grupo 3. La diferencia entre los grupos es estadísticamente significativa ( $p=0,014$ ) (Tabla 221).

La mediana del grupo 1 aumenta su valor 0,25D, un 3,87% del valor inicial y partir de allí permanece estable (Gráfico 135).

En el grupo 2 se observa una reducción progresiva del K1 posterior hasta la revisión del primer año, un total de 0,25D. En la revisión de los cinco años ha vuelto a aumentar 0,05D, la diferencia de este examen es de 0,20D, un 2,70% del valor inicial.

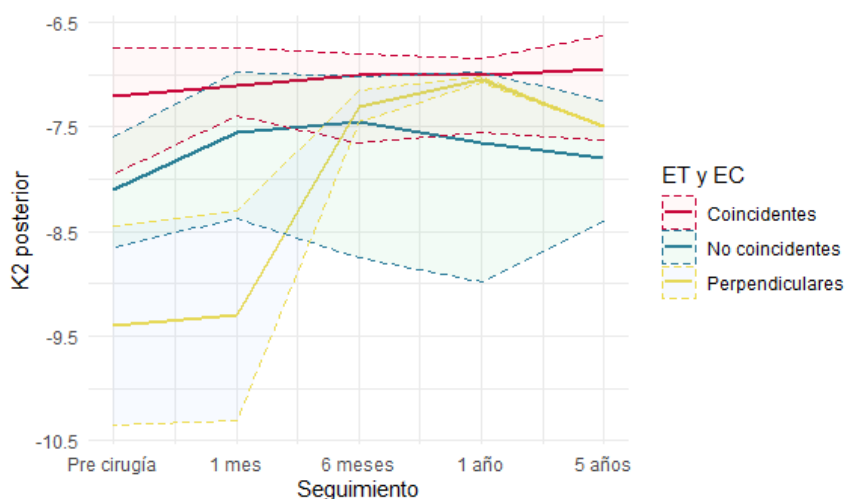
La mediana del grupo 3 disminuye 2,60D, gradualmente durante el primer año de estudio, pero en la última revisión ha vuelto a aumentar 0,95D. El valor de K1 posterior es 1,65D inferior en el último examen respecto al preoperatorio, un 18,64%.

### QUERATOMETRÍA 2 (K2) DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 222.- Descripción de la K2 posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-7,2 (-7,95; -6,75)	-8,1 (-8,65; -7,6)	-9,4 (-10,4; -8,45)	0,11
<b>1 mes</b>	-7,1 (-7,4; -6,75)	-7,55 (-8,38; -6,97)	-9,3 (-10,3; -8,3)	0,21
<b>6 meses</b>	-7 (-7,65; -6,8)	-7,45 (-8,75; -7,02)	-7,3 (-7,45; -7,15)	0,55
<b>1 año</b>	-7 (-7,55; -6,85)	-7,65 (-8,98; -6,97)	-7,05 (-7,07; -7,03)	0,57
<b>5 años</b>	-6,95 (-7,62; -6,62)	-7,8 (-8,4; -7,25)	-7,5 (-7,55; -7,40)	0,31

Gráfico 136.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la K2 posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria de K2 posterior es superior en el grupo 3, después en el 2 y el

valor más bajo se encuentra en el grupo 1. En los tres grupos se observa una reducción del valor preoperatorio al final del estudio, el mayor cambio se encuentra en el grupo 3 (Gráfico 136).

En el grupo 1 el valor de la mediana se reduce de manera gradual durante los cinco años de estudio. La diferencia entre este examen y el preoperatorio es de 0,25D, un 3,44% del valor inicial.

La mediana del grupo 2 disminuye durante los primeros seis meses 1,45D, para después volver a aumentar. Al final del estudio el valor de K2 posterior es 0,30D inferior al preoperatorio, un 3,70%.

En el grupo 3 la K2 posterior disminuye 2,35D dioptrías el primer año, pero en la última revisión hay una regresión de 0,45D. Cinco años después de haber introducido los ICRS la mediana de K2 posterior es 1,90D inferior al preoperatorio.

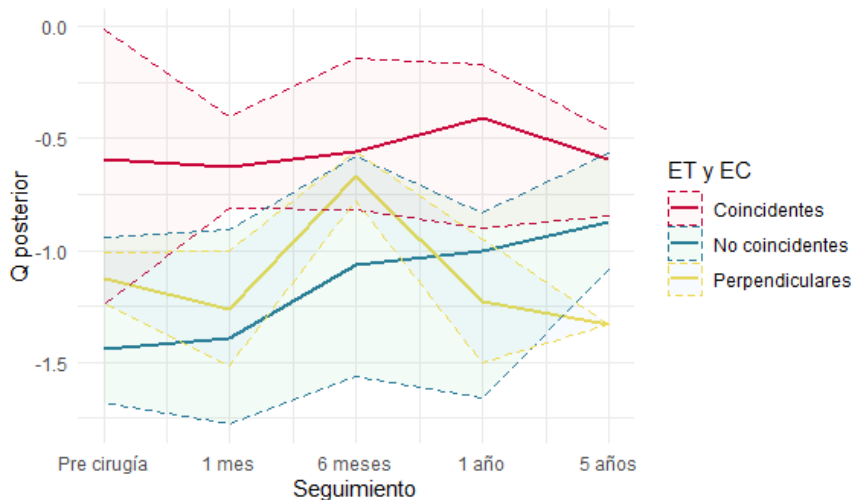
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 222).

### ASFERICIDAD (Q) DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 223.- Descripción de la Q posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( D )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-0,59 (-1,24; -0,01)	-1,44 (-1,68; -0,94)	-1,12 (-1,24; -1,01)	0,061
<b>1 mes</b>	-0,63 (-0,81; -0,40)	-1,40 (-1,77; -0,91)	-1,26 (-1,52; -1,00)	0,066
<b>6 meses</b>	-0,56 (-0,81; -0,14)	-1,06 (-1,56; -0,58)	-0,67 (-0,78; -0,56)	0,190
<b>1 año</b>	-0,41 (-0,90; -0,17)	-1,00 (-1,66; -0,83)	-1,23 (-1,50; -0,94)	0,110
<b>5 años</b>	-0,59 (-0,84; -0,46)	-0,87 (-1,08; -0,56)	-1,33 (-1,50; -1,06)	0,200

Gráfico 137.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la Q posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria del Q posterior presenta signo negativo en los tres grupos y se mantiene durante todo el estudio. El valor más alto se encuentra en el grupo 2, después en el 3 y por último en el 1. El mayor cambio en la última revisión se observa en el grupo 2.

La mediana del grupo 1 aumenta el primer mes 0,04 unidades, para volver a disminuir durante el primer año 0,22 unidades. En la última revisión se encuentra una regresión de 0,18 unidades. La diferencia entre el preoperatorio y la última revisión es de 0,005 unidades (Gráfico 137).

La mediana del grupo 2 reduce su valor progresivamente durante los cinco años de estudio. En la última revisión Q posterior es 0,57 unidades inferior al preoperatorio.

En el grupo 3 la mediana aumenta gradualmente durante el estudio con una recidiva a los seis meses de haber implantado los ICRS. Al final del estudio la mediana ha aumentado 0,21 unidades su valor respecto al preoperatorio.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones, aunque sí se observa una tendencia en el preoperatorio ( $p=0,061$ ) y en la revisión del mes ( $p=0,066$ ) (Tabla 223).

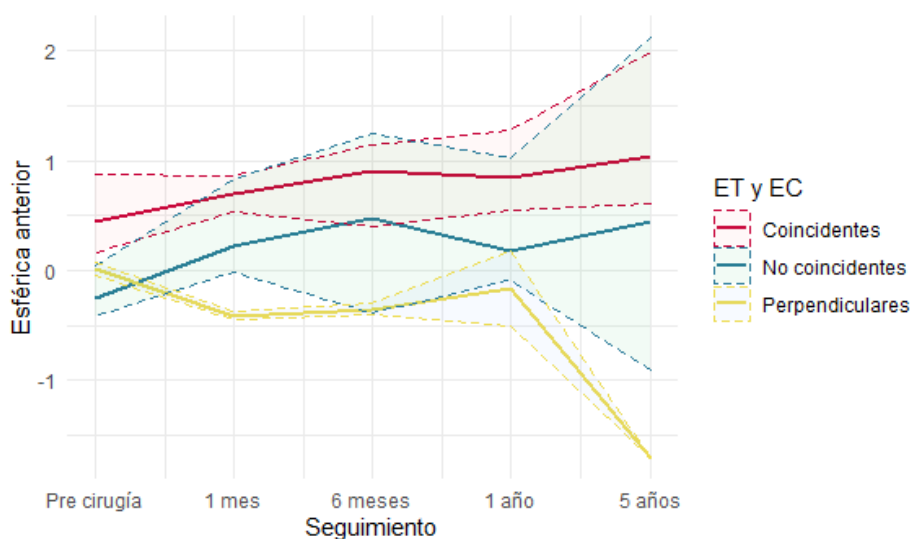
## 5.4.4.3 PARÁMETROS ABERROMÉTRICOS

## ABERRACIÓN ESFÉRICA DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 224.- Descripción de la aberración esférica anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,449 (0,160; 0,880)	-0,249 (-0,415; 0,047)	0,012 (-0,043; 0,067)	0,098
<b>1 mes</b>	0,695 (0,539; 0,858)	0,230 (-0,016; 0,838)	-0,409 (-0,451; -0,367)	0,086
<b>6 meses</b>	0,907 (0,405; 1,140)	0,475 (-0,392; 1,250)	-0,353 (-0,405; -0,301)	0,094
<b>1 año</b>	0,841 (0,555; 1,270)	0,176 (-0,084; 1,02)	-0,164 (-0,502; 0,175)	0,150
<b>5 años</b>	1,040 (0,604; 1,980)	0,443 (-0,896; 2,12)	-1,710 (-2,873; -0,103)	0,360

Gráfico 138.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



Cuando se evalúa la aberración esférica anterior se encuentra una mediana preoperatoria positiva en el grupo 1 y 3 y negativa en el 2. Durante el estudio esta aberración se vuelve más positiva en el grupo 1 y 2 y negativa en el 3, por lo que al final del estudio el signo es positivo para el grupo 1 y 2, en cambio, el del grupo 3 es negativo. El mayor cambio se observa en el grupo 3 (Gráfico 138).

La mediana del grupo 1 y 2 se positiviza progresivamente durante el estudio con una regresión en la revisión del año. En el último examen la mediana es  $0,591\mu\text{m}$  superior al preoperatorio en el grupo 1 y  $0,692\mu\text{m}$  en el grupo 2.

En el grupo 3 se observan fluctuaciones de la mediana, el primer mes se negativiza  $0,421\mu\text{m}$ , cambiando el signo positivo preoperatorio de la mediana a negativo. Durante el primer año se vuelve  $0,245\mu\text{m}$  más positiva de nuevo, pero a los cinco años vuelve a



negativizarse. En la última revisión la mediana es  $1,722\mu\text{m}$  más negativa que en el preoperatorio (Gráfico 139).

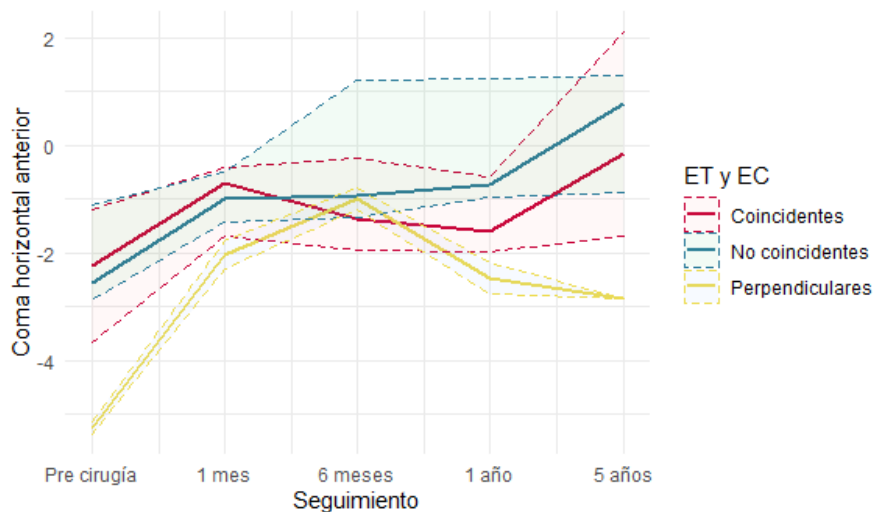
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 224).

### ABERRACIÓN COMÁTICA HORIZONTAL DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 225.- Descripción del coma horizontal anterior de los según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)	<b>Grupo 2</b> ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)	<b>Grupo 3</b> ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-2,220 (-3,660; -1,180)	-2,540 (-2,880; -1,110)	-5,250 (-5,370; -5,120)	0,098
<b>1 mes</b>	-0,701 (-1,680; -0,407)	-0,988 (-1,410; -0,505)	-2,030 (-2,280; -1,780)	0,350
<b>6 meses</b>	-1,360 (-1,940; -0,246)	-0,930 (-1,330; 1,210)	-0,989 (-1,190; -0,785)	0,490
<b>1 año</b>	-1,600 (-1,970; -0,593)	-0,715 (-0,960; 1,250)	-2,460 (-2,750; -2,170)	0,140
<b>5 años</b>	-0,147 (-1,690; 2,120)	0,782 (-0,879; 1,290)	-2,840 (-3,267; -2,050)	0,390

Gráfico 139.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria del coma horizontal anterior es negativa en los tres grupos. El valor más alto se encuentra en el grupo 3, después el 2 y el más bajo en el 1. Al final del estudio la mediana se ha positivizado en todos los grupos, el mayor cambio se observa en el grupo 2, donde el signo preoperatorio de la mediana pasa a ser negativo al final del estudio (Gráfico 140).

En el grupo 1 la positivización de la mediana es progresiva, pero con una regresión a los seis meses. En el examen de los cinco años la mediana es  $2,043\mu\text{m}$  más positiva que la preoperatoria.

En el grupo 2 el cambio de la mediana es gradual en cada una de las revisiones y la diferencia entre el preoperatorio y la última revisión es de 3,322 $\mu$ m

La mediana del último grupo se positiviza durante los primeros meses 4,261 $\mu$ m, pero en la revisión sucesiva se encuentra una negativización. En la revisión de los cinco años la mediana se ha positivizado 2,410 $\mu$ m respecto al preoperatorio.

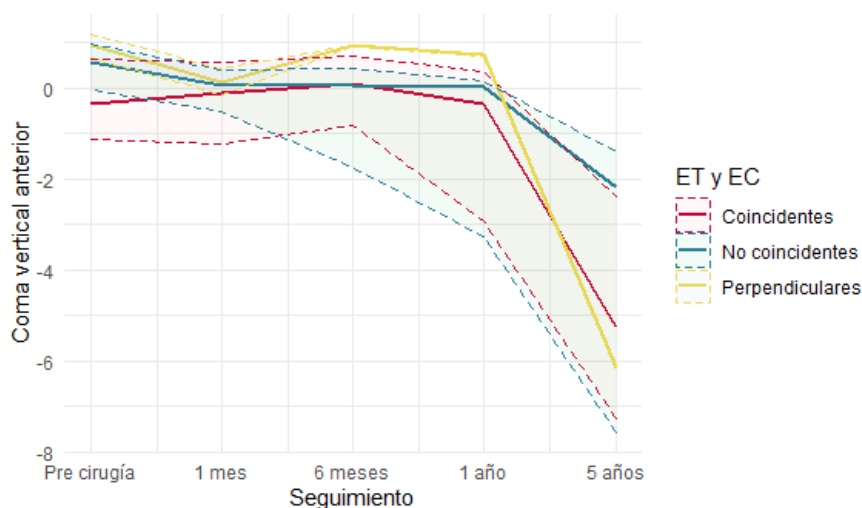
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 225).

### ABERRACIÓN COMÁTICA VERTICAL DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 226.- Descripción del coma vertical anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( $\mu$ m )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	-0,353 (-1,130; 0,638)	0,561 (-0,037; 0,962)	0,929 (0,678; 1,180)	0,350
<b>1 mes</b>	-0,116 (-1,250; 0,554)	0,051 (-0,531; 0,404)	0,130 (-0,165; 0,424)	0,930
<b>6 meses</b>	0,103 (-0,817; 0,694)	0,052(-1,720; 0,417)	0,926 (0,910; 0,942)	0,240
<b>1 año</b>	-0,360 (-2,940; 0,361)	0,004 (-3,250; 0,158)	0,724 (0,708; 0,739)	0,300
<b>5 años</b>	-5,250 (-7,260; -2,390)	-2,170 (-7,560; -1,400)	-6,130 (-12,05; -0,742)	0,800

Gráfico 140.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



Preoperatoriamente el grupo 1 cuenta con signo negativo y en el 2 y 3 positivo. El valor de la mediana independientemente del valor preoperatorio, se vuelve más negativo en los cinco años de estudio, el mayor cambio se aprecia en la última revisión. Al final del estudio en los tres casos se encuentra una mediana negativa, el grupo que más ha variado su valor es el 3 (Gráfico 141).

El grupo 1 fluctúa entre valores próximos a la mediana preoperatoria el primer año, pero en la revisión de los cinco años se ha negativizado 4,897 $\mu$ m respecto al preoperatorio.

La mediana del grupo 2 se vuelve negativa progresivamente durante el estudio. La diferencia entre la mediana preoperatoria y a los cinco años de haber introducido los ICRS es de 2,731 $\mu$ m.

En el grupo 3 hay una regresión de la mediana en la revisión de los seis meses donde el valor se positiviza, pero al final del estudio la mediana es 7,059 $\mu$ m más negativa que el preoperatorio.

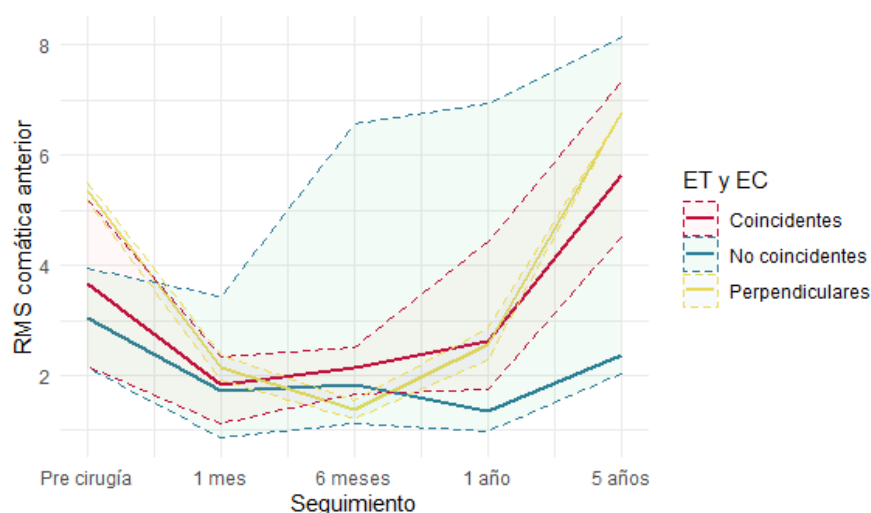
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 226).

### RMS DE LA ABERRACIÓN COMÁTICA DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 227.- Descripción de la RMS comática anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( $\mu$ m )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	3,660 (2,160; 5,200)	3,050 (2,150; 3,950)	5,350 (5,180; 5,510)	0,370
<b>1 mes</b>	1,830 (1,120; 2,340)	1,710 (0,869; 3,430)	2,130 (1,910; 2,360)	0,830
<b>6 meses</b>	2,140 (1,670; 2,500)	1,820 (1,120; 6,560)	1,380 (1,220; 1,540)	0,410
<b>1 año</b>	2,630 (1,750; 4,430)	1,340 (0,976; 6,930)	2,570 (2,290; 2,850)	0,800
<b>5 años</b>	5,630 (4,520; 7,330)	2,350 (2,040; 8,160)	6,760 (7,360; 5,993)	0,720

Gráfico 141.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS comática anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



En la mediana de los tres grupos se encuentra una disminución progresiva en el caso del grupo 1 y 3 hasta los seis meses y en el grupo 2 hasta la revisión de año. En las revisiones sucesivas vuelve a aumentar, en el grupo 1 y 3 superando el preoperatorio (Gráfico 142).

La mediana del grupo 1 es en el examen de los cinco años 1,97 $\mu$ m superior al preoperatorio, en el grupo 3 0,700 $\mu$ m inferior al mismo y en el grupo 3 1,410 $\mu$ m superior.

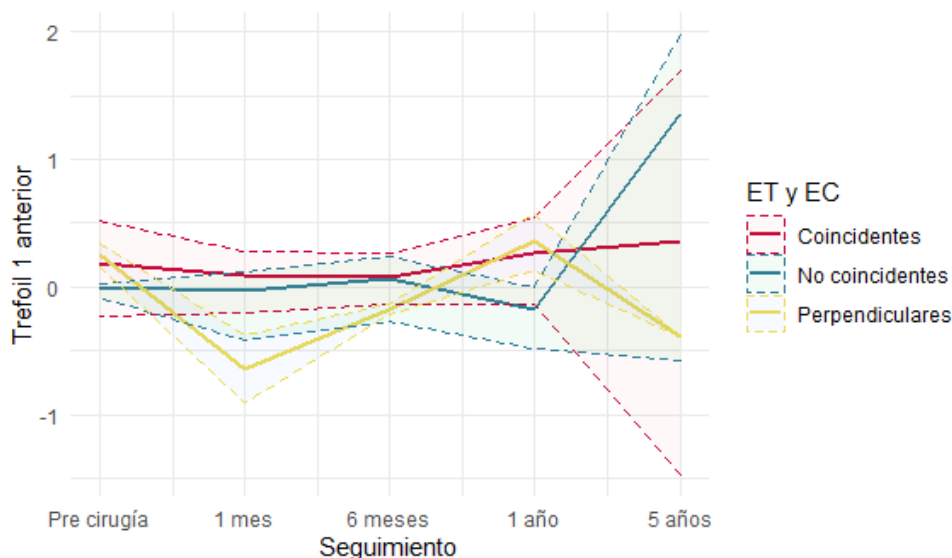
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 227).

### TREFOIL 1 DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 228.- Descripción del trefoil 1 anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	Mediana (1r. Q., 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	0,188 (-0,230; 0,520)	-0,007 (-0,077; 0,030)	0,250 (0,156; 0,345)	0,600
<b>1 mes</b>	0,092 (-0,196; 0,274)	-0,033 (-0,416; 0,120)	-0,639 (-0,908; -0,371)	0,310
<b>6 meses</b>	0,077 (-0,130; 0,266)	0,062 (-0,273; 0,237)	-0,177 (-0,214; -0,141)	0,550
<b>1 año</b>	0,270 (-0,140; 0,541)	-0,170 (-0,488; 0,001)	0,355 (0,132; 0,579)	0,250
<b>5 años</b>	0,365 (-1,470; 1,700)	1,360 (-0,583; 1,980)	-0,385 (-0,422; -0,335)	0,900

Gráfico 142.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



En el examen preoperatorio el signo de la mediana es positivo en el grupo 1 y 3 y negativo en el 2. Durante el estudio el trefoil 1 anterior se positiviza en el grupo 1 y 2 pero en el 3 se vuelve más negativo, por lo que en la última revisión el grupo 1 ha aumentado su valor positivo, el grupo 2 pasa de tener signo negativo a positivo, y el grupo 3 pasa de positivo a negativo (Gráfico 143).

La diferencia entre el preoperatorio y la última revisión es de 0,177 $\mu\text{m}$  en el grupo 1, de 1,367 $\mu\text{m}$  en el 2 y en el grupo 3 es de 0,635 $\mu\text{m}$ .

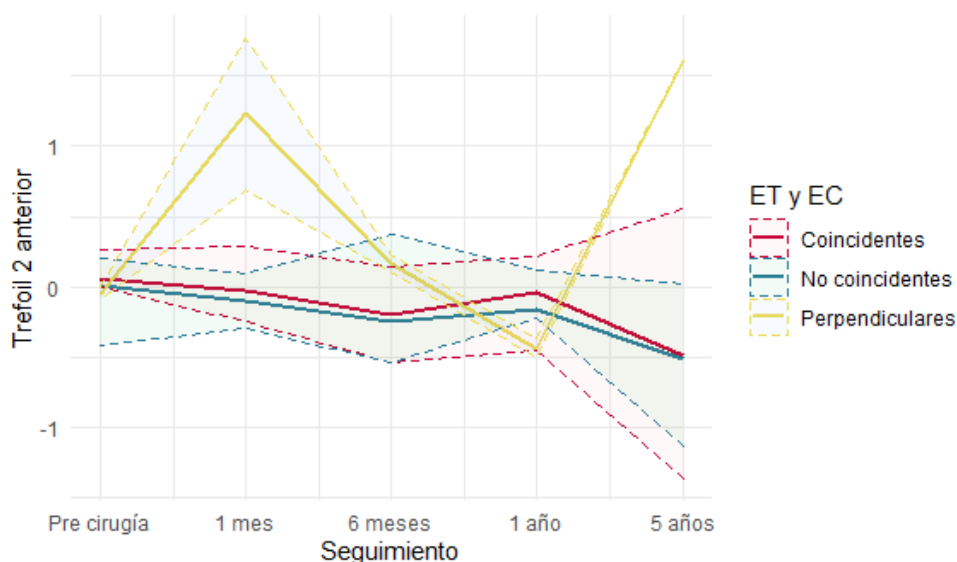
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 228).

### TREFOIL 2 DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 229.-Descripción del trefoil 2 anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,061 (-0,005; 0,264)	0,008 (-0,416; 0,204)	-0,048 (-0,090; -0,006)	0,560
<b>1 mes</b>	-0,026 (-0,25; 0,282)	-0,095 (-0,297; 0,096)	1,230 (0,695; 1,77)	0,290
<b>6 meses</b>	-0,195 (-0,536; 0,138)	-0,252 (-0,534; 0,369)	0,167 (0,101; 0,232)	0,650
<b>1 año</b>	-0,040 (-0,457; 0,210)	-0,157 (-0,222; 0,116)	-0,438 (-0,504; -0,373)	0,390
<b>5 años</b>	-0,488 (-1,360; 0,560)	-0,516 (-1,130; 0,019)	1,610 (0,765; 2,620)	0,430

Gráfico 143.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



En el examen preoperatorio la mediana es cercana a cero en los tres grupos, es positiva en el grupo 1 y 2 y negativa en el 3. En nuestro estudio el trefoil 1 anterior se vuelve negativo en el grupo 1 y 2 pero en el 3 se vuelve más positivo. En la última revisión el grupo 1 y 2 cambian el signo de su mediana de positivo a negativo y el grupo 3 de negativo a positivo (Gráfico 144).

El grupo 1 a los cinco años de estudio la mediana se ha negativizado  $0,549\mu\text{m}$ , y el grupo 2  $0,524\mu\text{m}$ . En el grupo 3 se ha vuelto  $1,658\mu\text{m}$  más positivo.

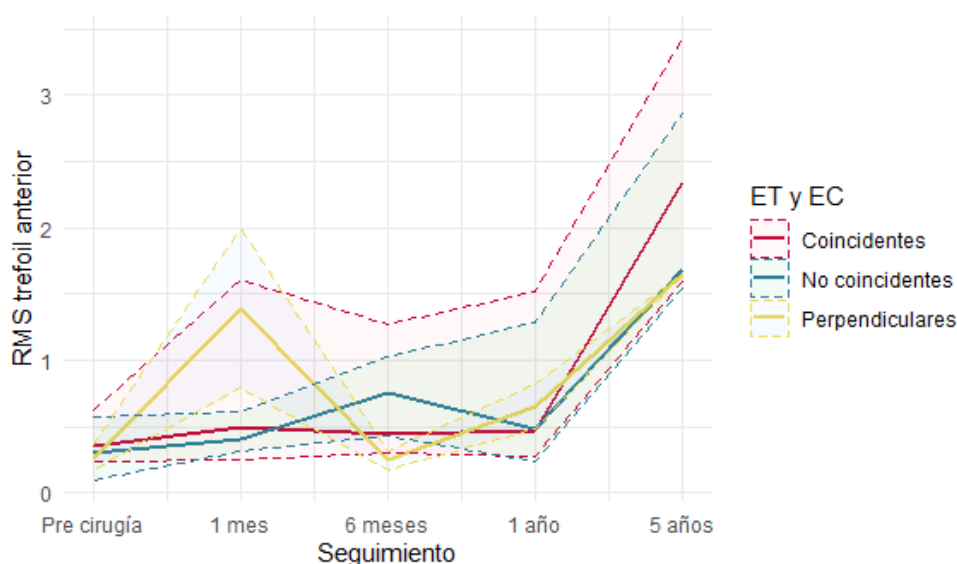
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 229).

**RMS DEL TREFOIL DE LA CARA ANTERIOR**

Tabla 230.- Descripción de la RMS trefoil anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	0,359 (0,236; 0,630)	0,308 (0,095; 0,568)	0,265 (0,168; 0,362)	0,520
<b>1 mes</b>	0,498 (0,253; 1,610)	0,408 (0,315; 0,618)	1,390 (0,788; 1,990)	0,880
<b>6 meses</b>	0,445 (0,309; 1,280)	0,751 (0,427; 1,030)	0,250 (0,180; 0,320)	0,290
<b>1 año</b>	0,475 (0,283; 1,510)	0,484 (0,240; 1,290)	0,652 (0,487; 0,818)	0,870
<b>5 años</b>	2,350 (1,590; 3,440)	1,690 (1,550; 2,860)	1,650 (1,000; 2,540)	0,760

Gráfico 144.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS trefoil anterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana aumenta en los tres grupos de manera progresiva durante los cinco años de estudio, pero con una regresión, en el grupo 1 y 3 a los seis meses de haber introducido los ICRS y en el grupo 2 en la revisión de un año (Gráfico 144).

En el grupo 1 en la última revisión es 2,090 $\mu\text{m}$  superior al preoperatorio, en el grupo 2 1,382 $\mu\text{m}$  y en el tercero 1,385 $\mu\text{m}$ .

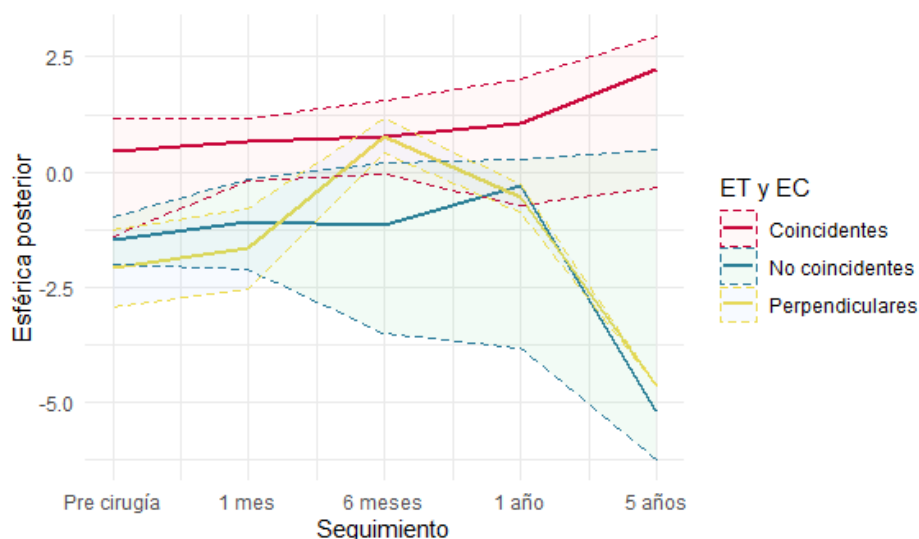
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 230).

### ABERRACIÓN ESFÉRICA DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 231.- Descripción de la aberración esférica posterior de los según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	0,467 (-1,390; 1,170)	-1,460 (-2,010; -0,968)	-2,090 (-2,940; -1,240)	0,095
<b>1 mes</b>	0,660 (-0,201; 1,150)	-1,080 (-2,110; -0,167)	-1,660 (-2,550; -0,780)	0,064
<b>6 meses</b>	0,764 (-0,054; 1,550)	-1,140 (-3,490; 0,194)	0,777 (0,406; 1,150)	0,051
<b>1 año</b>	1,070 (-0,728; 2,000)	-0,310 (-3,800; 0,266)	-0,561 (-0,852; -0,271)	0,180
<b>5 años</b>	2,240 (-0,340; 2,950)	-5,210 (-6,230; 0,498)	-4,620 (-7,543; -2,120)	0,110

Gráfico 145.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la aberración esférica posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es positiva en el grupo 1 y en el grupo 2 y 3 negativa. Al final del estudio en los tres grupos aumenta el valor de la mediana sin cambiar su signo (Gráfico 145).

En el grupo 1 al final de estudio la mediana ha aumentado  $1,773\mu\text{m}$  el valor positivo preoperatorio.

El grupo 2 a los cinco años de haber introducido los ICRS la mediana es  $3,750\mu\text{m}$  más negativa que el preoperatorio y el grupo 3  $2,530\mu\text{m}$ .

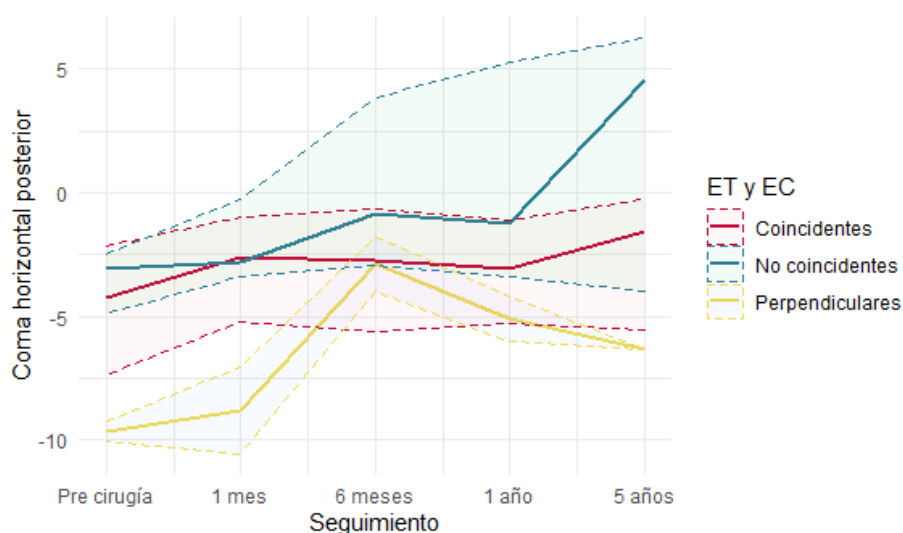
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones, aunque se observa una tendencia en la revisión del mes ( $p=0,064$ ) y a los seis meses ( $p=0,051$ ) (Tabla 231).

### ABERRACIÓN COMÁTICA HORIZONTAL DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 232.- Descripción del coma horizontal posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	$p$ -valor
<b>Pre</b>	-4,260 (-7,410; -2,170)	-3,050 (-4,910; -2,470)	-9,670 (-10,100; -9,28)	0,13
<b>1 mes</b>	-2,620 (-5,230; -0,954)	-2,790 (-3,380; -0,291)	-8,830 (-10,600; -7,09)	0,14
<b>6 meses</b>	-2,770 (-5,610; -0,656)	-0,852 (-2,940; 3,870)	-2,890 (-3,980; -1,800)	0,26
<b>1 año</b>	-3,060 (-5,290; -1,120)	-1,240 (-3,420; 5,250)	-5,090 (-6,000; -4,180)	0,22
<b>5 años</b>	-1,590 (-5,550; -0,295)	4,560 (-4,000; 6,280)	-6,370 (-6,990; -5,231)	0,26

Gráfico 146.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma horizontal posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



El valor preoperatorio de la mediana horizontal posterior es negativo en los tres grupos. El valor más alto se encuentra en el grupo 3, después en el grupo 1 y por último en el 2. Durante el estudio la mediana se positiviza en los tres grupos, sobre todo en el grupo 2, el cual al final del estudio cambia su signo a positivo (Gráfico 146).

El grupo 1 y 2 reducen su valor negativo de manera progresiva. Al final del estudio la mediana es 2,67 $\mu\text{m}$  inferior al preoperatorio en el grupo 1 y en el 2 7,500 $\mu\text{m}$ .

En la mediana del grupo 3 hay una positivización hasta la revisión de los seis meses, 6,78 $\mu\text{m}$ . A partir de allí hay una regresión y la mediana vuelve a negativizarse. La diferencia de esta revisión con el preoperatorio es de 3,300 $\mu\text{m}$ .

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 232).

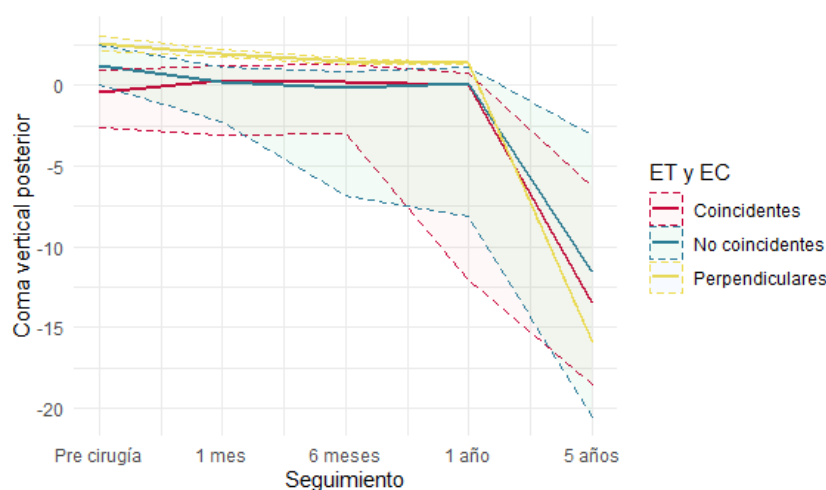


### ABERRACIÓN COMÁTICA VERTICAL DE LA CARA ANTERIOR

Tabla 233.- Descripción del coma vertical posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	-0,453 (-2,640; 0,938)	1,250 (0,078; 2,500)	2,630 (2,180; 3,080)	0,110
<b>1 mes</b>	0,290 (-3,090; 1,210)	0,221 (-2,300; 1,170)	1,990 (1,740; 2,240)	0,320
<b>6 meses</b>	0,185 (-2,980; 1,320)	-0,148 (-6,840; 0,825)	1,500 (1,310; 1,690)	0,310
<b>1 año</b>	-5e-04 (-12,000; 0,770)	0,110 (-8,120; 1,100)	1,380 (1,340; 1,410)	0,420
<b>5 años</b>	-13,50 (-18,50; -6,250)	-11,600 (-20,60; -3,11)	-15,90 (-29,32; -0,993)	0,820

Gráfico 147.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del coma vertical posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es negativa en el grupo 1 y positiva en los otros dos. Durante los años que dura el estudio las tres medianas se negativizan, sobre todo en la última revisión, por lo que al final del estudio las tres cuentan con signo negativo. El mayor cambio se encuentra en el grupo 3 (Gráfico 147).

La mediana del grupo 1 se positiviza  $0,743\mu\text{m}$  el primer mes, pero en las revisiones sucesivas hay una negativización. Al final del estudio la mediana es  $13,047\mu\text{m}$  más negativa que el preoperatorio.

En el grupo 2 la mediana se vuelve más negativa progresivamente durante el estudio, a excepción de una recidiva en la revisión del año. Al final del estudio se ha negativizado  $12,850\mu\text{m}$  respecto al preoperatorio.

En el grupo 3 la negativización es gradual y la diferencia al finalizar el estudio con el preoperatorio es de  $18,530\mu\text{m}$ .

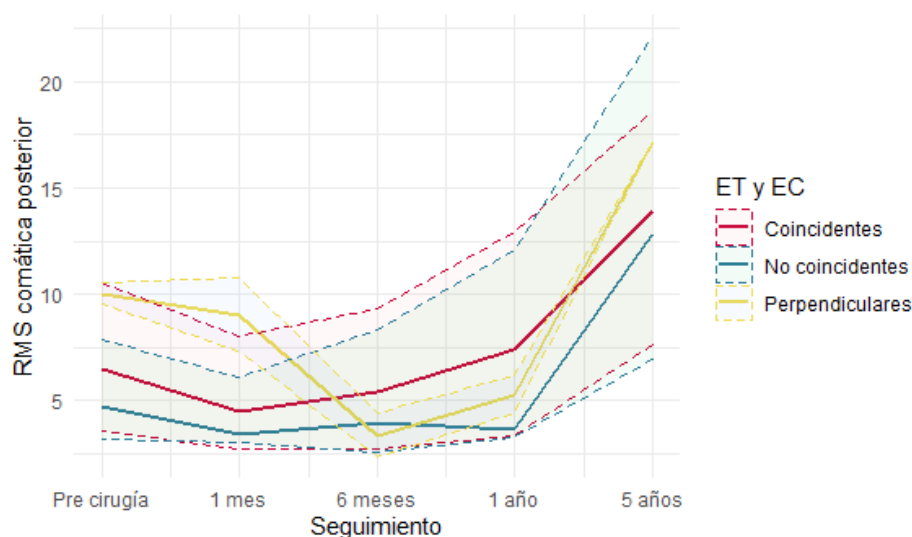
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 233).

**RMS DE LA ABERRACIÓN COMÁTICA DE LA CARA POSTERIOR**

Tabla 234.- Descripción de la RMS comática posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	6,450 (3,560; 10,500)	4,690 (3,230; 7,900)	10,00 (9,550; 10,500)	0,490
<b>1 mes</b>	4,500 (2,740; 8,050)	3,410 (3,060; 6,110)	9,060 (7,300; 10,800)	0,580
<b>6 meses</b>	5,410 (2,720; 9,340)	3,950 (2,570; 8,360)	3,360 (2,340; 4,380)	0,560
<b>1 año</b>	7,400 (3,370; 12,900)	3,670 (3,280; 12,100)	5,290 (4,400; 6,170)	0,930
<b>5 años</b>	13,900 (7,670; 18,600)	12,800 (6,920; 22,200)	17,10 (5,230; 25,543)	0,910

Gráfico 148.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS comática posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



El grupo con la mediana más alta se encuentra en el grupo 3, después el 1 y por último el 2. En los tres casos hay un aumento del valor al final del estudio (Gráfico 148).

En el grupo 1 se observa una reducción de la mediana durante el primer mes, pero en las revisiones sucesivas vuelve a aumentar progresivamente. La diferencia entre la revisión de los cinco años y el preoperatorio es de 7,450 $\mu\text{m}$ .

En el grupo 2 la mediana fluctúa entre valores inferiores al preoperatorio durante el primer año. En la revisión de los cinco años aumenta, superando el valor preoperatorio por 8,110 $\mu\text{m}$ .

En el grupo 3 la RMS comática disminuye durante los primeros seis meses 6,640 $\mu\text{m}$ , a partir de allí aumenta. En el examen de los cinco años la mediana es 7,100 $\mu\text{m}$  superior al preoperatorio.

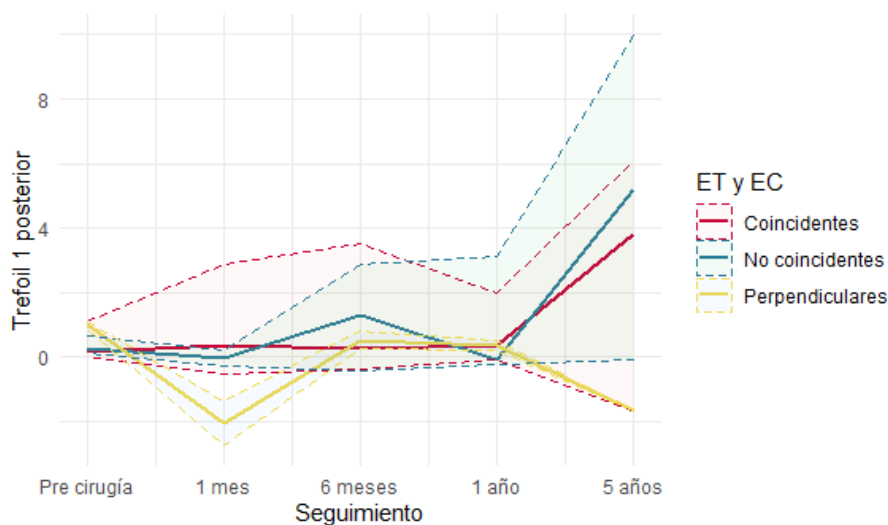
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 234).

### TREFOIL 1 DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 235.- Descripción del trefoil 1 posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)	<b>Grupo 2</b> ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)	<b>Grupo 3</b> ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,181 (0,025; 1,120)	0,269 (0,132; 0,643)	0,978 (0,867; 1,090)	0,420
<b>1 mes</b>	0,364 (-0,506; 2,880)	-0,018 (-0,257; 0,202)	-2,050 (-2,750; -1,350)	0,170
<b>6 meses</b>	0,257 (-0,361; 3,520)	1,290 (-0,418; 2,870)	0,525 (0,258; 0,793)	0,930
<b>1 año</b>	0,337 (-0,079; 1,990)	-0,079 (-0,232; 3,130)	0,368 (0,215; 0,520)	0,930
<b>5 años</b>	3,790 (-1,680; 6,090)	5,170 (-0,087; 9,980)	-1,650 (-2,231; -0,943)	0,700

Gráfico 149.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 1 posterior de los según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es positiva en los tres grupos, el valor más alto se encuentra en el grupo 3, después en el grupo 2 y el más pequeño en el grupo 1. Durante el estudio el grupo 1 y 2 aumentan su valor positivo y el grupo 3 se negativiza. A los cinco años de haber introducido los ICRS el mayor cambio se encuentra en el grupo 2 (Gráfico 149).

El grupo 1 y 2 aumenta el valor de la mediana progresivamente durante el estudio a excepción de una recidiva en el grupo 1 en la revisión de los seis meses y en el grupo 2 al mes y al año de estudio. La diferencia respecto al preoperatorio es de  $3,609\mu\text{m}$  en el grupo 1 y de  $4,901\mu\text{m}$  en el grupo 2.

En el grupo 3 se observa una negativización de la mediana de  $3,028\mu\text{m}$  el primer mes, en la siguiente revisión se positiviza  $2,575\mu\text{m}$  para luego volverse de nuevo más negativa en las

últimas revisiones. A los cinco años la mediana se ha negativizado  $0,672\mu\text{m}$  respecto al preoperatorio.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 235).

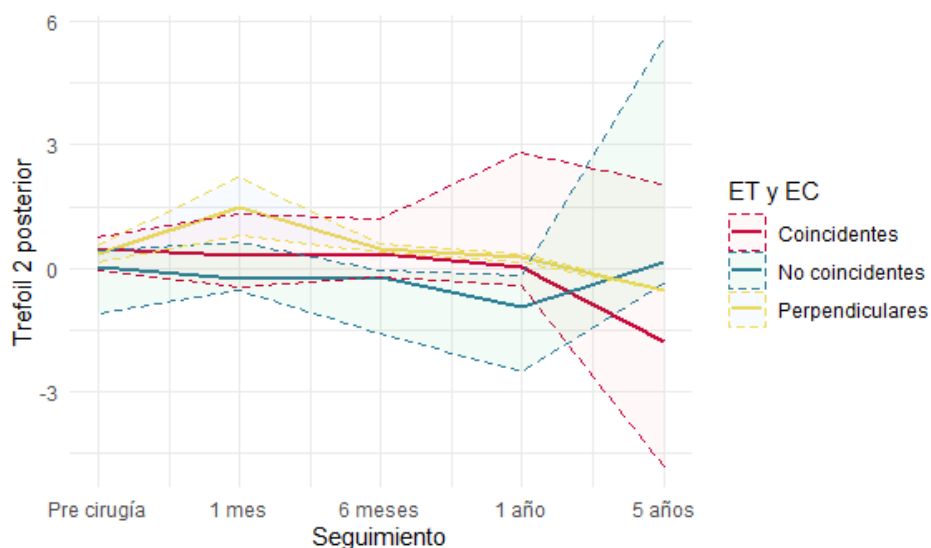
### TREFOIL 2 DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 236.- Descripción del trefoil 2 posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61;5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30;8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7;7%)</b>	
( $\mu\text{m}$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,466 (-0,029; 0,770)	0,038 (-1,110; 0,435)	0,357 (0,146; 0,568)	0,370
<b>1 mes</b>	0,326 (-0,450; 1,320)	-0,234 (-0,529; 0,652)	1,490 (0,785; 2,200)	0,620
<b>6 meses</b>	0,349 (-0,222; 1,220)	-0,198 (-1,580; -0,057)	0,493 (0,402; 0,584)	0,048*
<b>1 año</b>	0,042 (-0,414; 2,810)	-0,945 (-2,510; -0,170)	0,264 (0,164; 0,364)	0,180
<b>5 años</b>	-1,780 (-4,810; 2,050)	0,144 (-0,353; 5,610)	-0,512 (-1,450; 0,172)	0,610

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 150.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del trefoil 2 posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria es positiva en los tres grupos, el valor más alto se observa en el grupo 1, después en el grupo 3 y el más pequeño en el grupo 2. En los grupos 1 y 3 la mediana se vuelve negativa al final del estudio, en cambio, en el grupo 2 se vuelve más positiva. El mayor cambio se encuentra en el grupo 1 (Gráfico 150).

La mediana del grupo 1 se negativiza a lo largo del estudio progresivamente, menos por una pequeña regresión de  $0,230\mu\text{m}$  en la revisión de los seis meses. La diferencia con el preoperatorio es de  $2,246\mu\text{m}$ .

En el grupo 2 se encuentra una negativización de la mediana de 0,983 $\mu$ m el primer año, pero en la revisión de los cinco años se positiviza hasta valores superiores al preoperatorio. En el último examen la mediana es 0,106 $\mu$ m superior al preoperatorio.

En el grupo 3 el valor de la mediana aumenta durante el primer mes 1,133 $\mu$ m, pero en las revisiones sucesivas vuelve a disminuir su valor positivo hasta pasar a negativo en el último examen. La mediana en la revisión de los cinco años es 0,869 $\mu$ m más negativa que el preoperatorio.

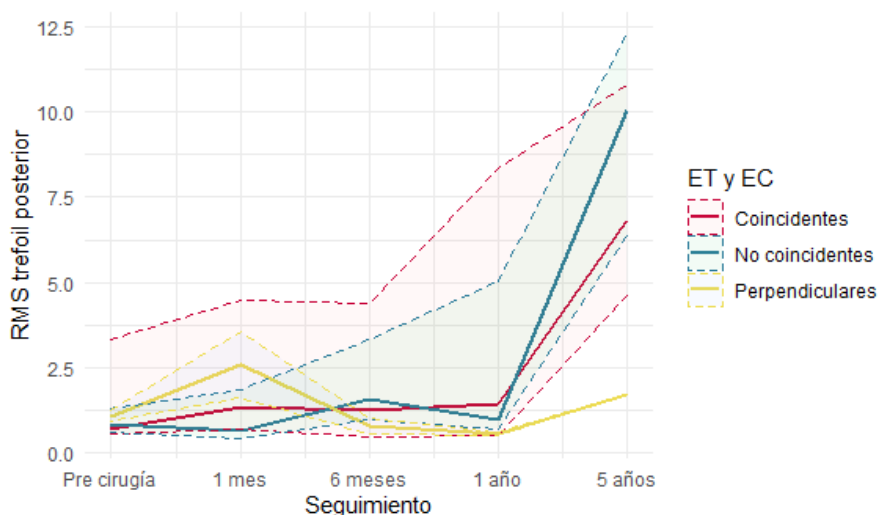
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 236).

### RMS DEL TREFOIL DE LA CARA POSTERIOR

Tabla 237.- Descripción de la RMS trefoil posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1</b> ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)	<b>Grupo 2</b> ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)	<b>Grupo 3</b> ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)	
( $\mu$ m )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	0,719 (0,547; 3,320)	0,827 (0,610; 1,320)	1,100 (0,927; 1,260)	0,880
<b>1 mes</b>	1,350 (0,707; 4,500)	0,681 (0,429; 1,860)	2,580 (1,620; 3,540)	0,440
<b>6 meses</b>	1,240 (0,498; 4,370)	1,570 (0,986; 3,330)	0,784 (0,548; 1,020)	0,440
<b>1 año</b>	1,430 (0,510; 8,350)	0,988 (0,705; 5,040)	0,573 (0,521; 0,624)	0,550
<b>5 años</b>	6,810 (4,630; 10,800)	10,000 (6,380; 12,300)	1,720 (1,450; 2,679)	0,200

Gráfico 151.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la RMS trefoil posterior de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana del trefoil ha aumentado al final del estudio respecto al preoperatorio en los tres grupos. La mediana preoperatoria es superior en el grupo 3, después en el grupo 2 y por último en el grupo 1. El mayor cambio se encuentra en el grupo 2 (Gráfico 151).

En los tres grupos aumenta progresivamente a lo largo del estudio, a excepción de una recidiva en el grupo 1 y 3 en la revisión de los seis meses y en el dos al año de haber introducido los ICRS.

La diferencia con el preoperatorio es en el grupo 1 de 6,091µm, en el grupo 2 de 9,171µm y en el tercero de 0,620µm.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 237).

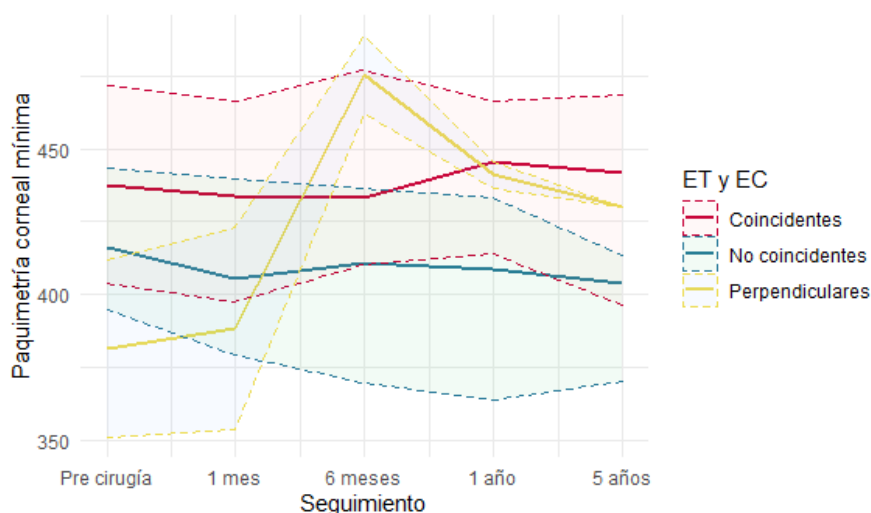
#### 5.4.4.4 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS

##### PAQUIMETRÍA CORNEAL MÍNIMA

Tabla 238.- Descripción de la paquimetría corneal mínima de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( µm )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	438 (404; 472)	416 (395; 444)	382 (351; 412)	0,470
<b>1 mes</b>	434 (398; 466)	406 (380; 440)	388 (354; 423)	0,660
<b>6 meses</b>	433 (410; 477)	411 (370; 436)	476 (462; 489)	0,260
<b>1 año</b>	446 (414; 466)	408 (364; 433)	441 (436; 446)	0,290
<b>5 años</b>	442 (397; 468)	404 (370; 414)	430 (410; 467)	0,450

Gráfico 152.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la paquimetría corneal mínima de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



Al evaluar este parámetro se observa que preoperatoriamente es superior en el grupo 1, después en el 2 y el valor más reducido se encuentra en el grupo 3.

Al final del estudio la mediana ha aumentado en el grupo 1 y 3 respecto al preoperatorio

y en el grupo 2 ha disminuido. La diferencia respecto al preoperatorio es de  $4\mu\text{m}$  en el grupo 1, un 0,91% del valor preoperatorio, en el grupo 2 de  $12\mu\text{m}$ , un 2,88% y en el último ha aumentado  $48\mu\text{m}$ , un 12,65% (Gráfico 152).

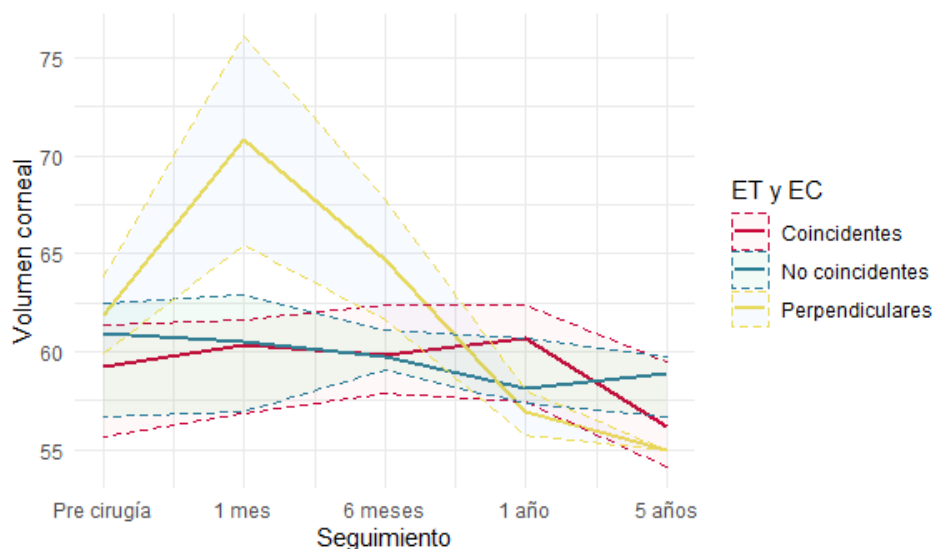
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 238).

### VOLUMEN CORNEAL

Tabla 239.- Descripción del volumen corneal de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( $\text{mm}^3$ )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	59,20 (55,70; 61,40)	60,90 (56,70; 62,50)	61,80 (59,90; 63,80)	0,660
<b>1 mes</b>	60,30 (56,80; 61,60)	60,50 (56,90; 62,90)	70,80 (65,50; 76,20)	0,530
<b>6 meses</b>	59,80 (57,90; 62,40)	59,70 (59,00; 61,10)	64,70 (61,60; 67,70)	0,780
<b>1 año</b>	60,70 (57,40; 62,40)	58,20 (57,40; 60,60)	56,90 (55,80; 58,10)	0,440
<b>5 años</b>	56,10 (54,10; 59,50)	58,90 (56,60; 59,80)	55,00 (52,90; 57,30)	0,470

Gráfico 153.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen corneal de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



En el examen preoperatorio en grupo con la mediana más alta es el 3, después el 2 y finalmente el volumen corneal más reducido se encuentra en el grupo 1.

En la última revisión la mediana se ha reducido en los tres grupos, pero sobre todo en el grupo 3 (Gráfico 153).

El grupo 1 la mediana fluctúa entre valores próximos al preoperatorio durante el primer año, pero en la última revisión se encuentra una reducción de  $3,10\text{mm}^3$  respecto al preoperatorio, un 5,23% del valor inicial.

En el grupo 2 la disminución de la mediana es gradual a lo largo del estudio, a excepción de una regresión de 0,70mm<sup>3</sup> en la última revisión. A los cinco años la mediana es 2mm<sup>3</sup> inferior al preoperatorio, un 3,28%,

En el grupo 3 el primer mes el volumen de la córnea aumenta 9mm<sup>3</sup> y partir de allí vuelve a reducirse hasta valores inferiores al preoperatorio. La diferencia entre la mediana del examen preoperatorio y a los cinco años es de 6,80mm<sup>3</sup>, el 11,00%.

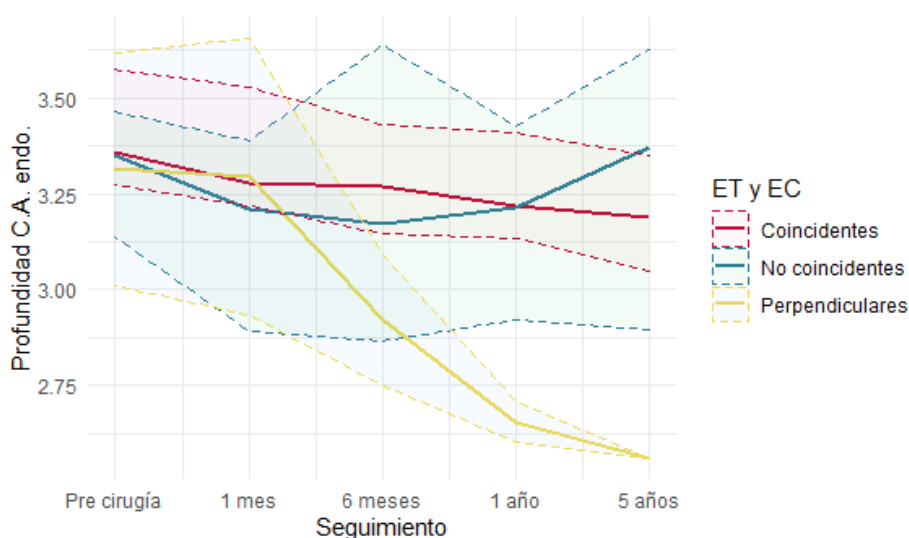
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 239).

### PROFUNDIDAD DE CÁMARA ANTERIOR (CA)

Tabla 240.- Descripción de la profundidad de CA de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( mm )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	3,36 (3,27; 3,57)	3,35 (3,14; 3,46)	3,31 (3,01; 3,62)	0,910
<b>1 mes</b>	3,28 (3,22; 3,53)	3,21 (2,89; 3,39)	3,29 (2,93; 3,66)	0,770
<b>6 meses</b>	3,27 (3,14; 3,43)	3,17 (2,87; 3,64)	2,92 (2,75; 3,09)	0,520
<b>1 año</b>	3,22 (3,13; 3,41)	3,21 (2,92; 3,43)	2,65 (2,6; 2,71)	0,220
<b>5 años</b>	3,19 (3,05; 3,35)	3,37 (2,90; 3,62)	2,56 (2,57; 2,96)	0,410

Gráfico 154.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la profundidad de CA de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



En el examen preoperatorio el valor de la mediana más alto se encuentra en el grupo 1, después en el 2 y por último el más pequeño en el grupo 3. El valor de la profundidad de cámara anterior se ha reducido a los cinco años en el grupo 1 y 3, en el grupo 2 en cambio, ha aumentado (Gráfico 154).



En el grupo 1 se encuentra una reducción progresiva de la mediana a lo largo del estudio, la diferencia respecto al preoperatorio a los cinco años es de 0,17mm, un 5,05% del valor inicial.

En el grupo 2 se observa una reducción de 0,18mm de la profundidad de CA durante los seis primeros meses, pero en las siguientes revisiones la mediana vuelve a aumentar. En la revisión de los cinco años es 0,02mm superior al preoperatorio, un 0,59%.

En el último grupo la disminución del valor de la mediana también es gradual, se ha reducido un total de 0,75mm durante los cinco años de estudio respecto al preoperatorio.

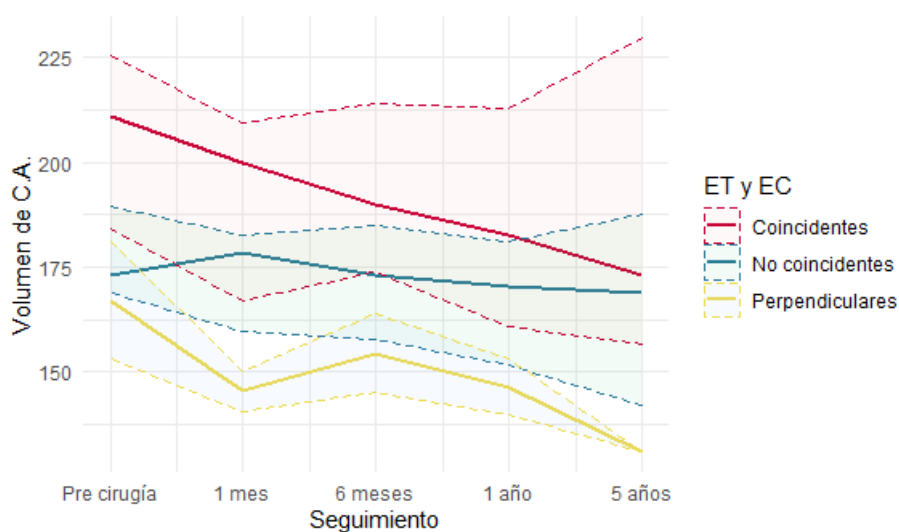
No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 240).

### VOLUMEN DE CÁMARA ANTERIOR (CA)

Tabla 241.- Descripción del volumen de CA de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( mm <sup>3</sup> )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	211 (184; 225)	173 (169; 190)	167 (153; 181)	0,051
<b>1 mes</b>	200 (167; 210)	178 (160; 182)	146 (141; 150)	0,075
<b>6 meses</b>	190 (174; 214)	173 (158; 185)	154 (145; 164)	0,130
<b>1 año</b>	182 (161; 213)	170 (152; 181)	146 (140; 153)	0,150
<b>5 años</b>	173 (156; 230)	169 (142; 188)	131 (128; 139)	0,450

Gráfico 155.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico del volumen de CA de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



Al evaluar el volumen de la CA se observa que preoperatoriamente la mediana mayor es en el grupo 1, después en el grupo 2 y finalmente la más pequeña en el 3.

En la última revisión la mediana se ha reducido en los tres grupos, pero sobre todo en el primero y el tercero. La disminución es progresiva a lo largo del estudio a excepción de una regresión en el grupo 2 el primer mes y en el 3 en la revisión de los seis meses (Gráfico 154).

La diferencia de la mediana preoperatoria y la de la revisión de los cinco años es de  $38\text{mm}^3$  en el grupo 1, un 18% del valor inicial. En el grupo 2 es de  $4\text{mm}^3$ , un 2,31% y en el grupo 3 de  $36\text{mm}^3$ , un 21,55%.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 241).

#### 5.4.4.5 PARÁMETROS BIOMECÁNICOS

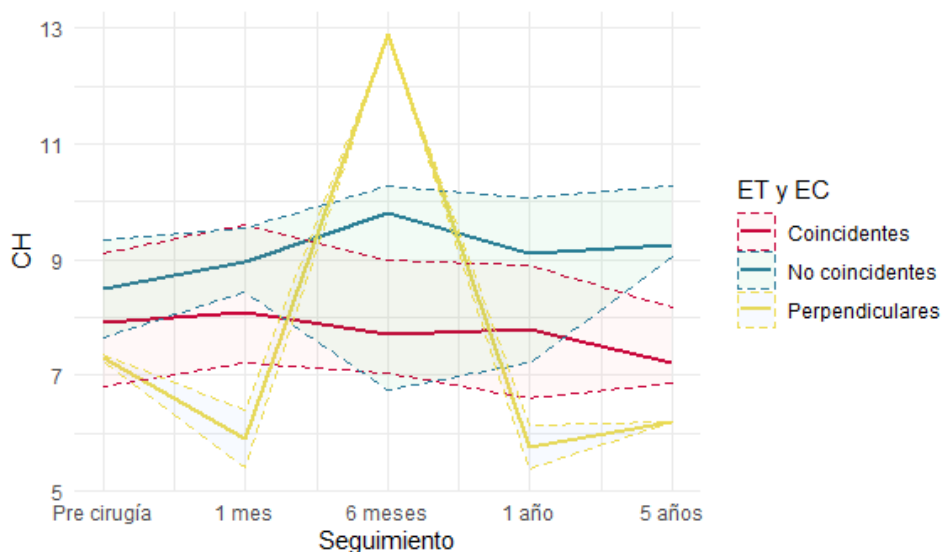
##### HISTÉRESIS CORNEAL (CH)

Tabla 242.- Descripción de la CH de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)	Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)	Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)	
( mmHg )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	7,90 (6,80; 9,10)	8,50 (7,65; 9,35)	7,30 (7,25; 7,35)	0,440
<b>1 mes</b>	8,10 (7,20; 9,60)	8,95 (8,43; 9,55)	5,90 (5,40; 6,40)	0,230
<b>6 meses</b>	7,70 (7,05; 9,00)	9,80 (6,75; 10,30)	12,9 (12,90; 12,90)	0,210
<b>1 año</b>	7,80 (6,60; 8,90)	9,10 (7,23; 10,10)	5,75 (5,38; 6,12)	0,130
<b>5 años</b>	7,20 (6,85; 8,18)	9,25 (9,05; 10,30)	6,20 (5,40; 6,90)	0,030*

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 156.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CH de los según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria de la CH es superior en el grupo 2, después en el 1 y el valor más bajo se encuentra en el grupo 3. Al final del estudio en el grupo con la mediana

preoperatoria más alta ha aumentado su valor, en cambio en los otros dos grupos ha disminuido (Gráfico 155).

En el grupo el valor de la CH oscila alrededor de la mediana preoperatoria durante el primer año. A los cinco años se reduce 0,60mmHg respecto a la revisión anterior y 0,70mmHg respecto al preoperatorio, un 8,86% del valor inicial.

La mediana de los pacientes del grupo 2 aumenta gradualmente a lo largo de los cinco años del estudio, salvo por una recidiva en la revisión de un año. La mediana de la última revisión es 0,75mmHg superior al preoperatorio, un 8,82%.

En el grupo 3 se encuentran fluctuaciones durante todo el estudio, y a los cinco años es 1,10mmHg inferior al preoperatorio, un 15,06%.

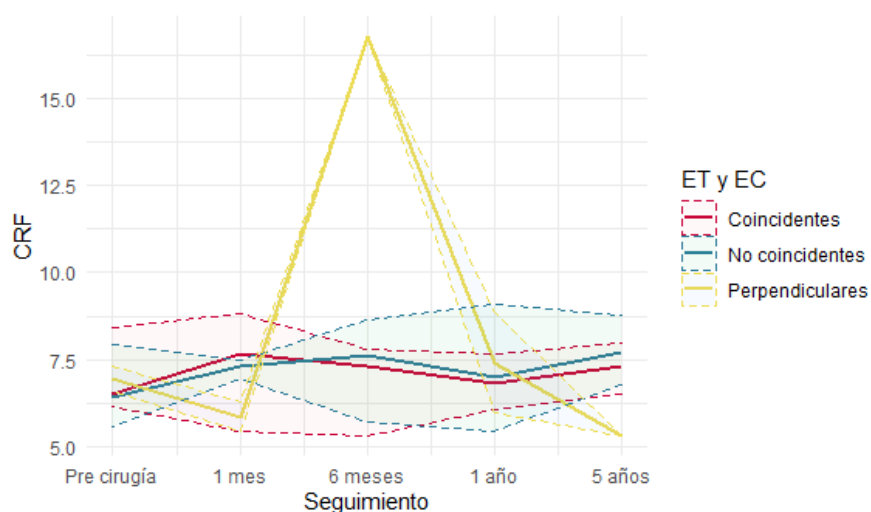
Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en la última revisión ( $p=0,030$ ) (Tabla 242).

### EVOLUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA CORNEAL (CRF)

Tabla 243.- Descripción de la CRF de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( mmHg )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	<i>p</i> -valor
<b>Pre</b>	6,50 (6,15; 8,40)	6,40 (5,55; 7,95)	6,95 (6,58; 7,33)	0,870
<b>1 mes</b>	7,65 (5,42; 8,80)	7,30 (6,95; 7,50)	5,85 (5,42; 6,28)	0,410
<b>6 meses</b>	7,30 (5,30; 7,80)	7,60 (5,70; 8,62)	16,8 (16,8; 16,8)	0,180
<b>1 año</b>	6,80 (6,05; 7,65)	7,00 (5,45; 9,08)	7,40 (5,95; 8,85)	0,990
<b>5 años</b>	7,30 (6,50; 7,98)	7,70 (6,78; 8,77)	5,30 (4,85; 5,90)	0,460

Gráfico 157.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la CRF de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



La mediana preoperatoria más alta se encuentra en el grupo 3, después en el 2 y finalmente en el 1. Durante el estudio el valor fluctúa en los tres grupos, sobre todo en el grupo 3. En la revisión de los cinco años, el grupo 3 es también en el que se encuentra una reducción de la mediana respecto al preoperatorio, ya que en los otros dos aumenta (Gráfico 156).

La mediana en el grupo 1 y 2 es 0,80mmHg y 1,30mmHg superior al preoperatorio, un 12,30% y 20,31% respectivamente.

En el grupo 3 la reducción respecto al preoperatorio es de 1,65mmHg, un 23,74%.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las revisiones (Tabla 243).

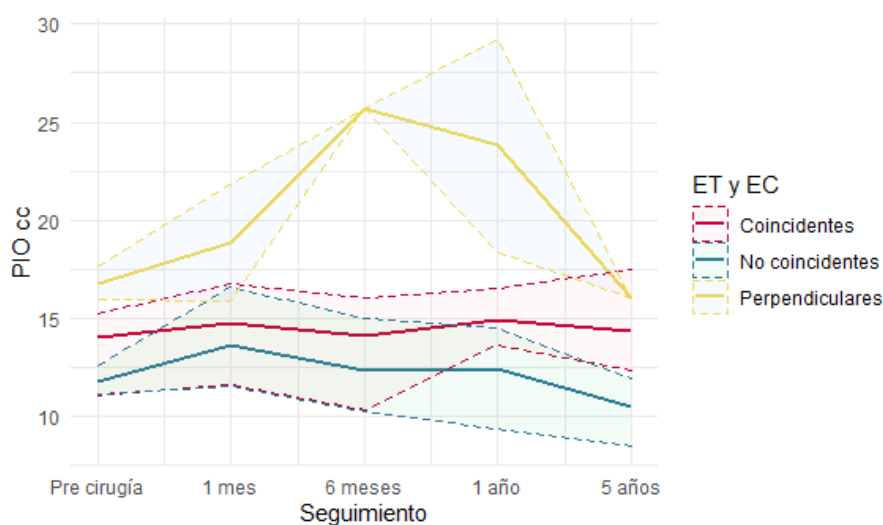
### PRESIÓN INTRAOCULAR COMPENSADA (PIOcc)

Tabla 244.- Descripción de la PIOcc de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.

	<b>Grupo 1 ET y EC: Coincidentes n=16 (61,5%)</b>	<b>Grupo 2 ET y EC: No coincidentes n=8 (30,8%)</b>	<b>Grupo 3 ET y EC: Perpendiculares n=2 (7,7%)</b>	
( mmHg )	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	Mediana (1r. Q.; 3r. Q.)	p-valor
<b>Pre</b>	14,00 (11,10; 15,20)	11,80 (11,20; 12,60)	16,80 (15,90; 17,60)	0,130
<b>1 mes</b>	14,80 (11,60; 16,80)	13,60 (11,60; 16,60)	18,90 (15,90; 21,80)	0,670
<b>6 meses</b>	14,10 (10,40; 16,00)	12,30 (10,30; 15,00)	25,70 (25,70; 25,70)	0,210
<b>1 año</b>	14,90 (13,60; 16,60)	12,40 (9,38; 14,50)	23,80 (18,40; 29,30)	0,290
<b>5 años</b>	14,30 (12,30; 17,50)	10,50 (8,47; 11,90)	16,00 (15,20; 17,50)	0,016*

\*Estadísticamente significativo

Gráfico 158.- Evolución de la mediana y del rango intercuartílico de la PIOcc de los pacientes según la relación entre ET y EC preoperatorios de la cara anterior de la córnea.



Al evaluar la PIOcc se observa que la mediana es mayor en el grupo 3, después en el 1 y, por último, en el 2. Durante el estudio el valor fluctúa en los tres grupos, los picos más altos se

encuentran en el grupo 3. Al final del estudio en el grupo 1 el valor de la mediana ha aumentado y en el 2 y 3 ha disminuido. El mayor cambio se encuentra en el grupo 2 (Gráfico 157).

El grupo 1 ha aumentado 0,30mmHg su valor respecto al preoperatorio, un 2,14%. En el grupo 2 se ha reducido 1,30mmHg, un 11,01% y en el grupo 3 0,8mmHg, un 4,76%.

Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en la última revisión ( $p=0,016$ ) (Tabla 244).



## *6 DISCUSIÓN*

---





La ectasia secundaria a LASIK es una de las complicaciones más graves de la cirugía refractiva. Fue descrita por primera vez por Seiler *et al.* en 1987 (54). Se caracteriza por un adelgazamiento corneal progresivo que genera una protrusión corneal, astigmatismo irregular y alteración de la AV con y sin corrección (162) (54).

La etiología de esta complicación sigue siendo incierta. En algunos casos, se ha documentado como un queratocono de forma frustre preexistente. Otros casos podría deberse a un colapso mecánico de la estructura corneal por el adelgazamiento inducido por la cirugía (25) (54).

La presencia de patrones topográficos preoperatorios alterados (56) (38), un espesor corneal preoperatorio reducido (49) (38), miopía preoperatoria alta (49) (53) o un lecho estromal residual postoperatorio reducido (47) (48) son factores de riesgo para la aparición de la ectasia post-LASIK.

Dependiendo del grado de la ectasia y la pérdida de visión se adoptan distintas técnicas de tratamiento. Entre las opciones menos invasivas están la corrección con gafas o con lentes de contacto, y entre las técnicas quirúrgicas están el Cross-linking corneal (CXL), los anillos intracorneales (ICRS) y el trasplante de corneal (90) (91) (104) (105) (106) (163). Los ICRS son segmentos semicirculares de PMMA que se introducen en el estroma corneal para minimizar la protrusión corneal generada por la ectasia y consecuentemente el error refractivo. El objetivo es retrasar o eliminar la necesidad de trasplante de córnea.

Existen en la literatura científica diferentes artículos que han demostrado que el implante de ICRS es un procedimiento eficaz para remodelar la córnea y mejorar la calidad visual (146) (157) (163) (164) (165) (166) (167) (168) (169) (170). Sin embargo, hay gran variabilidad de unos estudios a otros, por eso son necesarios más para definir la precisión de los efectos de este tipo de implante en estas córneas que se encuentran debilitadas y poder predecir los resultados. En especial en las ectasias post-LASIK, donde la estructura corneal se encuentra doblemente alterada por la ablación de tejido mediante láser y por elaboración de un colgajo corneal.

Dependiendo del grado de la ectasia a tratar, de su ubicación y del efecto refractivo que ha generado, las características del ICRS a implantar serán diferentes. Para elegir los parámetros del ICRS existen nomogramas que sirven de guías sobre el espesor, el diámetro y la longitud de arco que debe tener el ICRS. Hay que tener en cuenta que estos nomogramas están diseñados para tratar ectasias naturales, como el queratocono, y no ectasias asociadas a LASIK. Además, si ya la clasificación de queratocono según el grado de evolución presenta ciertas limitaciones, no existe una clasificación de referencia en la literatura científica para las ectasias asociadas a LASIK.

Los tipos de ICRS más utilizados hoy en día son Intacs® (AJL, España), Ferrara (AJL, España) y Keraring® (Mediphacos, Belo Horizonte, Brasil).

En este estudio se evalúan los cambios del segmento anterior ocular tras la inserción de ICRS de sección triangular tipo Ferrara en córneas con ectasias asociadas a LASIK. A continuación, se van a discutir punto por punto los resultados obtenidos.

## 6.1 AGUDEZA VISUAL

La eficacia de los ICRS en la mejora de la AV en ojos con ectasia post-LASIK está avalada por algunos estudios, pero la mayoría de ellos cuentan con muestras demasiado pequeñas debido a la complejidad de encontrar casos en la práctica clínica, o estudian el efecto de los ICRS a corto plazo (52) (138) (146) (157) (163) (165) (166) (171). A continuación, se realizará una breve reseña de los estudios previos al nuestro que analizan casos con ectasias asociadas a LASIK que fueron tratados con ICRS.

Kymionis *et al.* (52) en 2006 publicaron un artículo donde seguían los cambios de cinco pacientes, ocho ojos, durante un periodo de seguimiento de cinco años. Se les había intervenido mediante implante de dos ICRS tipo Intacs® (sección hexagonal) realizando los tuneles de manera manual. El grosor del ICRS a implantar fue elegido en base al equivalente esférico. La AVcc se mantuvo igual al preoperatorio en dos ojos (25%) al finalizar el estudio, mientras que en los seis ojos restantes (75%) se observó una ganancia de una o dos líneas. El primer año postoperatorio en el estudio de Kymionis *et al.* (52) constataron la mejoría en la AVcc y su estabilidad en el tiempo desde el primer año hasta los cinco años de seguimiento. El periodo de seguimiento de este estudio coincide con el nuestro pero los resultados obtenidos por Kymionis *et al.* (52) no son del todo comparables con los nuestros puesto que cuentan una muestra muy pequeña y el tipo de ICRS que utilizan es de sección hexagonal (dos ICRS en todos los casos) mientras que los nuestros tienen sección triangular, además la técnica de implante es diferente, todos nuestros casos fueron intervenidos mediante láser de femtosegundo (técnica automatizada).

Con la técnica manual, la realización del canal no es estándar, ya que la profundidad de inserción de los ICRS no es programable con precisión y por tanto no es tan reproducible, ya que es cirujano dependiente. Sin embargo, mediante el láser de femtosegundo se puede predeterminar un canal único de las dimensiones y profundidad deseadas en función del tipo y grosor del ICRS que se vaya a implantar (172). No hay bibliografía sobre el efecto de la técnica utilizada para implantar los ICRS en córneas con ectasias secundarias a LASIK, pero sí que encontramos autores que han estudiado la diferencia entre ambas técnicas en córneas con queratocono, los cuales hasta ahora no han podido demostrar que la técnica automatizada sea superior a la técnica manual respecto a la ganancia de AVcc a corto plazo (120) (121) (122) (123).

Tunc *et al.* en 2011 (166) evaluaron durante un año los cambios en doce ojos de diez pacientes, tratados con ICRS de tipo Keraring® (Mediphacos, Belo Horizonte, Brasil), de sección triangular, como en nuestro estudio. Sin embargo, en este caso se utilizó también el nomograma del fabricante y el canal se realizó de manera mecánica, a diferencia de nuestros pacientes. La AVcc a los tres meses obtenían unos valores muy similares a la revisión del año. La media de la AVcc preoperatoria era de  $0,58 \pm 0,30 \log \text{MAR}$ , a los tres meses  $0,16 \pm 0,14 \log \text{MAR}$  y al año de  $0,15 \pm 0,12 \log \text{MAR}$ . En nuestro estudio hasta la revisión del año no se observa una estabilidad de los resultados, pero en la última revisión hay una ligera recidiva. A pesar de que la visión de nuestros pacientes en la revisión de los cinco años vuelve a disminuir respecto al examen anterior, es la revisión donde hay un mayor número de pacientes, un 70%, con AVcc  $\log \text{MAR}$  inferior a  $0,15 \log \text{MAR}$ .

En 2009 Piñero *et al.* (171) estudiaron los cambios producidos en treinta y cuatro ojos, de veinticinco pacientes con ectasias asociadas a LASIK, durante dos años de seguimiento. A veinticuatro ojos se les implantaron ICRS tipo Intacs®, de sección hexagonal, en cuatro de ellos el canal se realizó mediante laser femtosegundo y en el resto de manera manual. A los diez restantes se les implantaron ICRS tipo Keraring®, de sección triangular y en todos los casos se utilizó la técnica femtosegundo. El nomograma utilizado para el implante de los Intacs® fue desarrollado por el grupo de trabajo que realizó el estudio, y se basa en la topografía corneal. En el caso de los Keraring® se utilizó el nomograma del fabricante basado en el área ectásica y el equivalente esférico. La media de la AVcc de estos pacientes mejoró de manera estadísticamente significativa a lo largo del estudio, observó una mejora de AVcc en el 60% de los pacientes y en un 20% empeoró durante los dos años que duró el estudio. En nuestros resultados se observa una mejora de la visión en 73,68% de los pacientes, en un 15,78% ha empeorado y un 15,78% se ha mantenido estable durante todo el estudio. Piñero *et al.* (171) no realizaron una diferenciación de los resultados obtenidos con cada uno de los tipos de ICRS, ni con la técnica utilizada, lo cual dificulta la comparación con nuestros resultados.

Ferrara y Torquetti en 2010 (146) publicaron un estudio con veinticinco pacientes, veinte con ectasia secundaria a LASIK, cuatro con post Queratotomía Radial y uno post-Queratotomía Fotorefractiva (PRK). Los pacientes fueron tratados mediante ICRS tipo Ferrara y el seguimiento se prolongó durante tres años. Se implantó en todos los ojos un único ICRS, en dieciocho ojos con una longitud de arco de 160° y en siete de 210°. Los pacientes de Ferrara y Torquetti (146) mejoraron la AVcc de manera estadísticamente significativa ( $p=0,008$ ), de 0,79 a 0,30logMAR. En nuestro estudio la AVcc preoperatoria es de 0,15logMAR y 0,08logMAR al final del estudio. La visión preparatoria en los pacientes de Ferrara y Torquetti (146) es inferior a la de nuestros pacientes y a pesar de que mejora a lo largo del estudio, se sigue manteniendo por debajo de nuestros resultados al final del estudio. Hay que tener en cuenta que no todos los pacientes de este estudio tienen ectasia asociada a LASIK. Eso sí, el cambio es mayor en el estudio de Ferrara y Torquetti (146). Esto puede deberse a que tal y como concluyeron Brenner *et al.* (157) los pacientes con ectasia post-LASIK que consiguen mejorar su AVcc son, sobre todo, aquellos que preoperatoriamente presentan valores de AVcc inferiores. En cambio, aquellos con buena AVcc inicial son propensos a perder líneas de visión.

En nuestro estudio se confirma esta teoría de Brenner *et al.* (157), ya que se ha observado que cuando nuestros pacientes se dividen en cuatro grados según su AVcc preoperatoria, aquellos con grado de ectasia 2, 3 y 4, AVcc superior 0,04logMAR, la AVcc preoperatoria mejora. En cambio, en el grado 1, los pacientes donde la ectasia no había cursado con pérdida de visión, la AVcc ha disminuido progresivamente durante el estudio.

Brenner *et al.* (157) publicaron el artículo en 2012 donde evaluaban durante un año los cambios en cincuenta ojos de treinta y dos pacientes con ectasia secundaria a LASIK. Utilizaron dos tipos de ICRS, Intacs® en veintisiete casos y Keraring® en los veintitrés restantes y para la inserción se utilizaron tanto la técnica manual como mediante laser femtosegundo, pero no se especifica en el estudio cual se hizo en cada caso. En el caso de los Intacs® todos contaban con una longitud de arco de 150° y utilizaron los criterios de implante sugeridos por Alió *et al.* (139). En dieciocho de los ojos se implantaron dos segmentos y en nueve un único segmento. En cuanto a los ICRS tipo Keraring® se utilizó el nomograma descrito por el fabricante (173), a once de ellos se les implantó un único segmento y a los otros doce ojos dos segmentos. A uno de los casos se

le implantó un ICRS de 210°, a quince de 160°, a tres de 150° y a cuatro de 120°. Los autores no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de ICRS. Un año después de haber implantado los ICRS obtuvieron una mejora media de 0,93 líneas de AVcc (escala decimal). Los mejores resultados fueron para los casos que habían perdido más AVcc debido a la ectasia (una mejora media de 2,89 líneas), los que no habían perdido visión con por la ectasia perdieron después del implante de ICRS (una media de dos líneas).

Utine *et al.* (169) en 2018 evaluaron cuarenta y dos ojos con queratocono a los que se les implantaron ICRS tipo Keraring® mediante laser femtosegundo. Llegaron a la misma conclusión que Brenner *et al.* (174), pero esa expectativa disminuía cuando la simK era superior a 55,00D. Hay que tener en cuenta que el estudio de Utine *et al.* (169), incluye solo pacientes con queratocono y el grupo de Brenner *et al.* (157) solo pacientes con ectasia asociada a LASIK. En la presente Tesis los pacientes que no han conseguido mejorar su AVcc coincide con que cuentan con K máxima preoperatoria superior a 54,00D y una RMS comática anterior superior a 1,940µm.

En diciembre de 2014 Yildirim *et al.* (165) publicaron los resultados del efecto de ICRS tipo Keraring® en ocho ojos de seis pacientes, durante un periodo de seguimiento de cinco años y medio años aproximadamente. Los canales de implante se realizaron mediante laser femtosegundo y para la elección de los ICRS se utilizó el nomograma proporcionado por el fabricante. La elección de uno o dos segmentos se escogió en base a la distribución del área ectásica, y el espesor del segmento en base al equivalente esférico y a la distribución de área ectásica. A los dos ojos se les introdujo un solo ICRS en un caso de 210° y en el otro de 160°, a los otros siete ojos dos ICRS, once de 160° y uno de 90°. La muestra contaba con ocho ojos de seis pacientes. La AVcc logMAR pasó de valores preoperatorios de 0,69±0,24 a 0,29±0,19 al final del estudio, en todos los pacientes se observó una mejora. En este estudio todos los pacientes contaban preoperatoriamente con una AVcc inferior 0,30logMAR. Nuestros pacientes presentan valores inferiores a 0,53logMAR preoperatoriamente, y pasan de un valor preoperatorio de 0,15 a 0,08logMAR. La muestra del estudio de Yildirim *et al.* (165) aunque muestra unos resultados a largo plazo, una de las más largas de la literatura, es demasiado pequeña.

En 2014 Hasmani *et al.* (138) publicaron un artículo dónde estudiaban los cambios durante un año, de veintiséis ojos tratados con ICRS tipo Intacs®. Un total de once ojos llevaban dos ICRS y quince ojos un único ICRS. La técnica de implante fue manual y la elección del número de ICRS se basó en la topografía de los pacientes. Los pacientes del estudio de Hashemi *et al.* (138) AVcc media fue de 0,37logMAR antes de la cirugía y mejoró a 0,18logMAR después de la cirugía. En total diecinueve pacientes (75%) ganaron una o dos líneas de visión, y tres (11,53%) pacientes perdieron al menos una línea de AVcc en comparación con su visión preoperatoria. El tipo de ICRS es de sección hexagonal mientras que en nuestro estudio es triangular. Asimismo, nuestra técnica de implante es mediante láser de femtosegundo. Teniendo en cuenta estas diferencias, en nuestro estudio el primer año mejora de la AVcc fue de 0,15 a 0,08, un 65% de los pacientes mejoró su AVcc respecto al preoperatorio, un 15% se mantuvo igual y un 20% empeoró.

Por último, 2017 Nejat *et al.* (163) evaluaron durante tres años seis ojos con ectasia post-LASIK de seis pacientes a los que se les implantaron ICRS MyoRing® realizando los canales de manera manual. Estos ICRS cuentan con una sección triangular y una longitud de arco de 360°.

El diámetro y el espesor de los ICRS fue seleccionado según el nomograma desarrollado por Albert Daxter (164). A los tres años de seguimiento la AVcc mejoró en tres ojos, el 50%. En este caso también, en los pacientes con mejor AVcc preoperatoria la visión se redujo y en los que preoperatoriamente contaban con peor visión la AVcc mejoró, confirmando la teoría propuesta por Brenner *et al.* (174). En este artículo con implante de ICRS MyoRing® (muy diferentes a los empleados en esta Tesis) para tratar ectasias asociadas a LASIK, se concluye que debido a los resultados tan dispares en una reducida muestra de seis ojos, no es un método muy efectivo para tratar esta ectasia asociada a LASIK en particular. De nuestros pacientes un 73,68% de ellos ha mejorado su visión tras el implante de ICRS, un 15,78% ha empeorado y un 15,78% se ha mantenido estable durante todo el estudio.

En nuestro estudio se encuentra una relación estadísticamente significativa de la AVcc con la esfera, con K1, K2 y el trefoil 2 de la cara anterior, y en la cara posterior con K1 y el coma horizontal ( $p < 0,05$  para todos). Cuanto mayor es el valor de estos parámetros el de la AVcc logMAR aumenta, lo cual nos indica una peor visión. En otros estudios no han encontrado una relación estadísticamente significativa entre la esfera y AVcc (169) (170).

A pesar de no haber encontrado una relación estadísticamente significativa de la AVcc con la K máxima ( $p = 0,077$ ), cuando se separa a los pacientes por su K máxima preoperatoria, se observa que los pacientes con una mayor K máxima, cuentan también con una AVcc inferior. A los cinco años los pacientes con K máxima inferior a 56,56D consiguen una mejora de la visión, mientras que en los pacientes con K máxima preoperatoria superior a 56,56D no.

Un valor más negativo de Q puede indicarnos un mayor avance de la ectasia. Entre nuestros pacientes aquellos que cuentan con una Q anterior preoperatoria más negativa que -0,5 presentan AVcc inferiores y al final del estudio se observa un empeoramiento de la visión. En cambio, en todos aquellos con Q anterior preoperatoria superior a -0,50 sí que hay una mejora de la visión respecto al preoperatorio.

Se ha visto que la curvatura corneal y la asfericidad son los parámetros que indican el estado de la ectasia (175), por lo cual estos resultados pueden sugerir que en los casos en los que la ectasia estaba más avanzada, la visión empeora con el tiempo.

Nuestros resultados concuerdan con otros autores, Sandughi *et al.* (176) en un estudio publicado en 2017 en el que evaluaron durante seis meses córneas con queratocono tratadas con anillos de Ferrara de 340° y realizaron los canales con láser femtosegundo. Encontraron que todos los pacientes que habían experimentado una disminución de la visión contaban con K media preoperatoria superior a 53,00D. En 2018 Utine *et al.* (169) obtenían los mismos resultados pero cuando la simK preoperatoria era superior a 55,00D en córneas con queratocono.

En cuanto a la asfericidad, Ferrara y Toqueti (146) argumentaron que en pacientes con un aplanamiento topográfico pero que no había mejora de la AVcc ni AVsc, se asociaban a valores preoperatorios positivos de Q (superficies corneales oblatas).

Según los resultados de Utine *et al.* (169) el mayor aumento de la AVcc se da en pacientes con Q postoperatorias superiores a -0,50. Acercarse a la estructura prolata ideal y alejarse de una hiperprolata parece ser beneficioso para la mejora de la agudeza visual. En nuestro estudio no se encuentra relación entre la mejora de la AVcc y la Q postoperatoria, pero

se observa que aquellos pacientes que presentan grado 1 y 2 de ectasia la Q anterior se ha vuelto más positiva a lo largo del estudio y en el 2 y 3 más negativa.

Por su parte Vega-Estrada *et al.* en 2016 (177) en un estudio donde evaluaron seiscientos once ojos con queratocono, concluyeron que al implantar ICRS, los pacientes con queratocono severo obtenían resultados mejores. Al igual que nosotros, ellos utilizaron la AVcc a la hora de definir el grado de la ectasia y en nuestro estudio se obtiene una mejora de la visión en los pacientes con grado 2, 3 y 4 mientras que en los de grado 1, la visión empeora.

En cuanto a los ejes preoperatorios, una mayor diferencia entre el eje topográfico y comático informa sobre una mayor irregularidad en la topografía corneal, por eso en nuestros pacientes cuanta más diferencia hay entre estos dos ejes peor es la visión preoperatoria. Al final del estudio se ha observado que en los pacientes dónde preoperatoriamente había una diferencia inferior a 30° entre los ejes (coincidentes) han mejorado su visión al final del estudio, en los ejes dónde la diferencia estaba entre 30 y 60° (no coincidentes) la visión se ha mantenido igual y en cambio cuando la diferencia entre los ejes era superior a 60° (perpendiculares), la AVcc disminuye al final del estudio.

Con los resultados obtenidos en nuestro estudio podemos concluir que córneas con gran irregularidad y una profusión pronunciada no son candidatos adecuados para los ICRS. Este tipo de configuración corneal limita los efectos de los ICRS y proporciona peores resultados.

## 6.2 DEFECTOS REFRACTIVOS

Al analizar los valores refractivos se observa una tendencia estadísticamente significativa de la esfera a volverse más positiva ( $p < 0,001$ ). Un 55% de nuestros pacientes ha sufrido hipermetropización tras el implante de los ICRS y un 15% ha tenido el efecto contrario y se han miopizado. Sin embargo, en el 30% de los pacientes no se modifica el valor esférico.

La esfera de los pacientes de Kymionis *et al.* (52) se redujo de manera estadísticamente significativa ( $p = 0,01$ ) durante los cinco años de estudio. La media preoperatoria era de  $-5,47 \pm 2,66D$  y al final del estudio de  $-2,22 \pm 3,36D$ . En el primer año postoperatorio, se obtuvo estabilidad refractiva y se mantuvo estable durante los siguientes cuatro años. En nuestro estudio se encuentran cambios en la esfera hasta la última revisión. La diferencia entre ambos estudios puede deberse a la diferencia entre los ICRS debido a que los utilizados por Kymionis *et al.* (52) son de tipo hexagonal y fueron implantados de manera manual mientras que los utilizados en este estudio cuentan con una sección triangular y han sido implantados mediante laser femtosegundo.

Piñero *et al.* (171) evaluaron los cambios en treinta y cuatro córneas, en veinticuatro se implantaron ICRS tipo Intacs®, de sección hexagonal, y en los diez restantes ICRS tipo Keraring®, de sección triangular. En veinte córneas los canales de los segmentos se realizaron mediante la técnica manual y en los catorce restantes con láser femtosegundo. No observaron diferencias estadísticamente significativas en la esfera, pero sí que encontraron variaciones en este parámetro. Los tres primeros meses la esfera se redujo 0,93D, pero a partir de esa revisión hay una regresión y al final del estudio presenta una media 0,54D superior al preoperatorio, el valor medio de la esfera preoperatoriamente era de  $-2,10 \pm 3,37$  y dos años más tarde de  $-2,64 \pm 5,45D$ .



En nuestro estudio también se observa una regresión, pero no es hasta la última revisión, a los cinco años de haber implantado los ICRS, aun así, se mantiene en valores inferiores al preoperatorio. Las diferencias encontradas entre el estudio de Piñero *et al.* (171) y el nuestro pueden asociarse al tipo de ICRS utilizado, ya que en la mayoría de los casos se han implantado ICRS de sección hexagonal o al tipo de técnica utilizada. Los estudios realizados hasta el momento concluyen que la técnica utilizada no parece tener influencia sobre la esfera a corto plazo (120) (121) (122) (123).

Por el contrario, en el trabajo de Hashemi *et al.* (138) también se implantaron Intacs® manualmente y el equivalente esférico medio preoperatorio se redujo de -3,92 D a -2,29D un año después de la cirugía. Yildirim *et al.* (165) en su estudio de ocho ojos, encontraron una disminución media del equivalente esférico de  $5,70 \pm 3,60D$ , ya que pasaron de un valor preoperatorio de -9,00D a -3,30D a los cinco años y medio de haber implantado los ICRS. Al igual que en nuestro estudio utilizaron ICRS de tipo triangular (Keraring®) y los canales fueron realizados con laser femtosegundo, pero al ser la muestra tan pequeña los resultados no son del todo comparables con los obtenidos en el presente estudio.

En el estudio de Nejat *et al.* (163) en cinco de los seis casos se produjo una hipermetropización de la esfera a los cinco años. En uno de ellos de 5,00D y el resto una cantidad inferior a 4,00D. En el paciente que la esfera se miopizó, el cambio fue mayor de -5,00D. En nuestros pacientes, el valor que más se ha hipermetropizado ha sido de +17,25D, un paciente que preoperatoriamente contaba con una miopía de 16,00D. El siguiente cambio más grande ha sido de -4,50D en una paciente con -9,00D preoperatorias. A partir de allí los cambios han sido inferiores a -4,00D. De los pacientes que la esfera se ha miopizado el mayor cambio ha sido de -1,25D. A los pacientes de Nejat *et al.* (163) se les introdujeron ICRS MyoRing® con la técnica manual. Los MyoRing® al igual que los nuestros cuentan con una sección triangular pero la longitud de arco es de  $360^\circ$ , que ejerce gran influencia sobre los cambios en la esfera.

Comparando la diferencia entre los distintos estudios se observa que el cambio de la esfera es mayor cuando más alta es la esfera media preoperatoria.

Al dividir a los pacientes en grupos se observan cambios mayores en los pacientes con córneas más alteradas, pacientes con K máxima superior a 51,00D, y con Q inferiores a +0,50, y la diferencia entre los ejes ET y EC superior a  $30^\circ$ . El cambio en la evolución durante el estudio es en todos los grupos hacia valores más positivos excepto en los casos con K máxima media (entre 51,00D y 56,70D) y con Q entre -0,50 y +0,50 que la esfera se vuelve más negativa. No encontramos en la literatura ninguna referencia para comparar estos resultados.

La potencia cilíndrica no presenta cambios estadísticamente significativos a lo largo del estudio ( $p=0,70$ ). A pesar de no llegar a ser estadísticamente significativa sí que ha habido variación, la mediana del cilindro pasa de -3,00D a -2,50D. En el 57,89% de los ojos el cilindro ha disminuido a los cinco años de haber introducido los ICRS, en el 26,31% se ha mantenido estable y en el 15,78% ha aumentado. La mayor disminución es de 3,75D en un paciente con -6,00D de cilindro preoperatoria, y el mayor aumento de 3,00D. Entre el primer y el quinto año postoperatorio el valor del cilindro se mantiene estable.

Coincidimos en señalar la disminución del cilindro tras el implante de ICRS con otros autores, en el estudio Piñero *et al.* (171) la reducción sí que fue estadísticamente significativa ( $p=0,04$ ), el valor de este parámetro redujo su valor 1,56D a los dos años de haber sido

implantados los ICRS. En los pacientes de Tunc *et al.* (166) el cilindro disminuyó  $-5,29 \pm 2,47D$  a  $-1,47 \pm 0,71D$  en un año. En nuestro estudio la mediana del cilindro un año después de haber introducido los ICRS pasa de  $-3,00$  a  $-2,50D$ . El valor del cilindro preoperatorio es inferior en nuestros pacientes y los cambios observados durante el estudio también cuando se comparan con estos dos estudios (166) (171). En el estudio de Nejat *et al.* (163) con ICRS MyoRing® en cinco de los seis pacientes se redujo el cilindro, en dos de ellos  $-5,50D$ , y en el sexto aumentó su valor en un  $0,50D$  respecto al valor preoperatorio.

En estos estudios los ICRS son de sección triangular, menos en el caso de Piñero *et al.* (171) que combinaron triangulares y hexagonales. En los ICRS de sección triangular se ha descrito un efecto de torsión cuya consecuencia es que sean más efectivos a la hora de corregir el astigmatismo, mientras que los hexagonales y ovalados por su ángulo respecto al plano corneal producen más efecto en miopía. Este efecto torsional es además aún mayor en segmentos con arcos cortos ( $90^\circ$ ) (16).

En el cilindro de nuestros pacientes según la K máxima y Q anterior preoperatoria, se observa que el cambio es mayor cuando la K máxima es superior a  $51,00D$  y la Q inferior a  $+0,50D$ . En valores inferiores a  $51,00D$  y superiores a  $+0,50$  apenas hay variación. En cuanto a la distancia entre ET y EC no se aprecian diferencias entre los grupos según los resultados obtenidos en el presente estudio.

Segmentos con menor longitud de arco son más efectivos a la hora de corregir el astigmatismo (132). Son considerados segmentos cortos los menores de  $120^\circ$ . En el presente estudio a ocho de los veintiséis pacientes les han implantado dos ICRS, al actuar de manera generalizada sobre la estructura corneal, se espera que generen más variación sobre la esfera, y a los otros dieciocho un único ICRS. De esos dieciocho con un solo segmento, cuatro llevan ICRS de  $210^\circ$ , dos de  $160^\circ$  y doce de  $150^\circ$ . Cuanto mayor sea la longitud de arco del segmento el efecto será mayor sobre la esfera y menor sobre el astigmatismo. Por lo que estas pueden ser la razón por la que en nuestro estudio la esfera sí que ha disminuido de manera estadísticamente significativa y en cambio el cilindro no.

De los veintiséis pacientes que se han evaluado, solamente en tres coincide que haya pasado lo mismo con la esfera y el cilindro durante el estudio, en uno se han mantenido igual ambos errores refractivos. En los otros dos pacientes ha disminuido tanto la esfera como el cilindro.

### 6.3 PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS

Modificar la topografía corneal es una de las funciones principales de los ICRS, los demás cambios son derivados de esta modificación. Los ICRS inducen un aplanamiento que es proporcional al espesor del implante e inversamente proporcional al diámetro (130) (129). En la literatura, se analiza sobre todo la K2 o bien la queratometría media entre ambas entre K1 y K2. En nuestro estudio consideramos relevante diferenciar ambos parámetros, para evaluar con mayor detalle si se modifican de forma similar o no. La mejoría de la queratometría, un aplanamiento topográfico, está establecido tras el implante de ICRS en córneas con ectasias secundarias a LASIK (104) (165) (171) (166).



En nuestro estudio, la cara anterior de la córnea ha experimentado cambios estadísticamente significativos en todas las K evaluadas. K1, K2 y K máxima han reducido su valor preoperatorio durante el primer año, pero se puede observar una recidiva a los cinco años. La existencia de una recidiva sugiere que los ICRS no frenan la progresión de la ectasia corneal. Esta recidiva es consistente con la negativización observada en la esfera al final del estudio.

Los cambios se aprecian en las K más curvas, K2 Y K máxima, disminuyen un 4,05%, y un 9,07%, respectivamente, pasando de 46,90D a 45,00D la primera y de 54,00 a 50,90D la segunda. La K2 ha disminuido en el 100% de los pacientes en la última revisión respecto al preoperatorio. La K máxima en el 71,41% de los casos se ha reducido al final del estudio, en 5,55% se ha mantenido estable, y en el 23,04% ha aumentado.

Considerando que tener una K media superior a 53,00-55,00D ha sido descrito como un factor de riesgo para requerir el trasplante corneal (178). De nuestros pacientes únicamente uno contaba con un valor superior a 55,00D, el valor de su K media era de 61,50D, pero al final del estudio se ha visto reducido a 40,10D. En cuanto a la K máxima, diez pacientes superaban ese valor y al final del estudio únicamente cinco. En cuanto a la K máxima en el examen preoperatorio el 52,63% de los pacientes presentaban K máxima superior a 53,00D, el 47,36% valores inferiores a 53,00D, el 26,31% por debajo de 50,00D y 10,52% por debajo de 48,00D. Cinco años después de introducir los ICRS los pacientes que cuentan con una K máxima superior a 53,00D ha descendido a un 47,32%, los inferiores a 53,00D un 57,98%, los pacientes con K máxima menores a 50,00D son un 31,57% y un 21,05% inferior a 48,00D. Nuestros resultados podrían indicar que esta cirugía reduce el factor de riesgo de trasplante.

La K media de los pacientes de Kymionis *et al.* (104) se redujo de manera estadísticamente significativa de  $41,29 \pm 2,66D$  a  $38,04 \pm 4,02D$  en la última revisión,  $3,68D$  después de haber introducido ICRS tipo Intacs®, de sección triangular. La estabilidad de este parámetro se obtiene el primer año, el valor de K media era de  $37,85 \pm 3,80D$  y a los cinco años de  $38,04 \pm 4,02$ . En nuestro estudio lo que se observa en la última revisión respecto al de un año hay una recidiva en todos los parámetros queratométricos evaluados en la cara anterior. La media de la regresión es de  $1,70D$ , pero la mediana en todos los parámetros se mantiene por debajo del valor preoperatorio. La diferencia con nuestro estudio puede deberse a que difiere con el de Kymionis *et al.* en la sección de ICRS implantados y con la técnica utilizada para realizar los canales de implante.

Yildirim *et al.* (165) evaluaron los cambios de K media, la cual se redujo  $2,00 \pm 2,10D$ , pasando de un valor preoperatorio de 47,40D a 45,40D. En el estudio de Piñero *et al.* (171) K media pasó de 45,75D en el examen preoperatorio a 44,22D a los seis meses y 45,96D a los dos años debido a que al igual que en nuestro estudio hay una regresión. Al final del estudio el valor es ligeramente superior al preoperatorio tanto en K media como en la esfera. Al final del estudio de Piñero *et al.* (171) un 63,64% de los pacientes presentaban una K media superior al preoperatorio. En nuestro estudio en el 80% de los pacientes el K medio se ha aplanado, en un 4% se mantiene igual y únicamente en el 16% ha aumentado su valor.

La diferencia puede deberse a que Piñero *et al.* (171) crearon los canales de inserción de los ICRS de manera mecánica, y los insertaron a más profundidad. Los implantaron a una profundidad media de  $381,33 \pm 22,71 \mu m$  y nosotros a  $338 \pm 26,60 \mu m$  (la mediana es de  $340 \mu m$ ). La profundidad de implante óptima, según el estudio realizado en 2020 por Peris-Martinez *et al.*

(161) realizar el implante de forma más profunda genera un mayor aplanamiento, pero hay gran controversia, ya que por otro lado Hasmeni *et al.* (179) en 2014 demostraron que el efecto de los ICRS era nulo cuando se implantaban a una profundidad superior al 80% del grosor corneal.

En los pacientes de Tunc *et al.* (166) el valor de la K media se redujo de  $47,93 \pm 4,84D$  a  $40,87 \pm 2,36D$  en un año y en el estudio de Ferrara y Torquetti (146) de  $45,41 \pm 5,60D$  a  $42,88 \pm 4,44D$  en tres años. En estudios se utilizan ICRS de sección triangular al igual que en el nuestro, por lo que la diferencia entre los estudios se puede deber a la diferencia entre las muestras evaluadas o la técnica de implante, ya que en los dos estudios los tuneles se realizaron de manera manual.

La cara posterior de la córnea también se ve afectada por la ectasia (180). Aunque su contribución óptica sea menos importante que la de la cara anterior, los cambios y las regularidades inducidas por la ectasia en la cara posterior de la córnea también pueden contribuir en el empeoramiento de la calidad óptica, especialmente en ectasias avanzadas (123).

La valoración de la cara posterior de la córnea es fundamental en el estudio de las ectasias ya que los valores de la cara anterior se pueden ver alterados por el poder hiperplásico del epitelio, capaz de enmascarar los cambios producidos por la ectasia. Además, esta superficie no está directamente afectada por la fotoablación del láser excimer, ni por la manipulación durante la creación del disco corneal durante la cirugía refractiva.

Al igual que sucede en la cara anterior, el mayor cambio se observa en el K más curvo, K2, ya que K1 permanece intacta. K2 disminuye 0,25D en comparación con su valor preoperatorio, lo cual corresponde a un 3,28% de su valor inicial que era de 7,60D y a los cinco años es de 7,35D. No hemos encontrado bibliografía de ectasias secundarias a con la cual discutir estos resultados, pero en casos con queratocono, Alfonso *et al.* (167) han publicado en 2021 un estudio en el que evalúan los cambios de ambas superficies corneales de cuarenta y dos ojos con queratoconos centrales tras el implante anillos de Ferrara a lo largo de seis meses. Al igual que en nuestro estudio, en todas las K de ambas superficies corneales encontraron una mejora estadísticamente significativa a excepción de K2 posterior.

En un estudio publicado por Muftuoglu *et al.* (181) en 2018 en el cual utilizaron ICRS tipo Keraring® y evaluaron los cambios queratométricos durante cuatro meses. Concluyeron que la forma del cono persistía en la cara posterior a pesar de la corrección en la cara anterior, debido a que los parámetros de la superficie posterior siguieron incurvándose. Estos dos estudios al igual que en el nuestro se han utilizado ICRS de sección triangular y la realización de los canales ha sido mediante laser femtosegundo, pero son a corto plazo por lo que no son comparables con el nuestro. Aun así, en nuestros resultados el primer mes ya se observa un aplanamiento de K2 que ha ido progresando a lo largo del estudio.

Que el efecto de los ICRS sea superior en la cara anterior en las K más curva es debido a que los ICRS se implantan de manera que genere un aplanamiento en el meridiano más curvo de la córnea (170).

Una vez se introducen los ICRS la morfología corneal va cambiando, la protrusión va variando su forma y eso deriva en cambios en el eje. La mediana del eje 1 preoperatorio es en ambas caras vertical, debido a que la ectasia produce astigmatismo en esa dirección. El eje de la superficie posterior es el que más varía, pasando de una mediana preoperatoria de  $109^\circ$  a  $73^\circ$  a

los cinco años, mientras que en la cara anterior gira de  $96,20^\circ$  de  $72,20^\circ$ . La tendencia es en ambos casos ir hacia eje más horizontales.

Se considera que los ejes de la cara anterior y posterior son coincidentes cuando la diferencia entre ambos es inferior a  $30^\circ$ . De nuestros pacientes en veintitrés, el 88,46%, los ejes coinciden. En los pacientes restantes la disparidad entre los ejes más curvos es superior a  $30^\circ$ . Por eso es que al estar los ICRS situados de manera que el efecto sea mayor en el meridiano más curvo de la cara anterior, también lo estará ejerciendo sobre el meridiano más curvo de la cara posterior.

Al estar los ICRS implantados en una profundidad más cercana al endotelio, los efectos deberían ser mayores sobre este último (161). En nuestro estudio comparando el K2 de ambas caras, la de la cara anterior se ha reducido en un 5,87% mientras que en la cara posterior un 6,02%.

Por el contrario, si se evalúan los pacientes uno por uno, el valor de la K máxima de la cara anterior a los cinco años obtiene valores inferiores al preoperatorio en trece de los veintiséis pacientes (50%), tres (11,53%) se mantienen en valores preoperatorios y los diez (38,46%) restantes al final del estudio cuentan con valores superiores al preoperatorio. En la K2 de la cara anterior en veintidós pacientes (84,61%) se observa una reducción del valor preoperatorio, dos pacientes (7,69%) vuelven a obtener valores iguales a la inicial cinco años después de introducir los ICRS y únicamente en dos pacientes (7,69%) la K2 supera al preoperatorio.

En cambio, en la cara posterior si se analizan los cambios de K2, en nueve pacientes (34,61%) se consigue reducir el valor preoperatorio 5 años después de haber implantado los ICRS, catorce (53,84%) debido a la regresión vuelven a obtener valores iguales al preoperatorio y tres (11,53%) han aumentado en valor de K2 respecto al inicial.

Según estos resultados la regularización de la córnea se da en más pacientes en la cara anterior, un 50%, que en la cara posterior que únicamente se observa en el 34,61% de los pacientes al final del estudio.

Cuando se dividen los pacientes por grupos según su K máxima preoperatoria, en los parámetros de la cara anterior, K1, K2 y K máxima, se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en todas las revisiones, sobre todo en el examen preoperatorio, ya que cuanto mayor sea el valor K máxima mayor será el valor de la K1 y K2. Esa relación estadísticamente significativa se va reduciendo con el tiempo debido a que en los grupos con K máxima superior a 56,75D la queratometría disminuye en mayor cantidad y cada vez se parece más a la mediana de los otros grupos.

En la cara posterior también se observa que cuanto mayor es la K máxima preoperatoria, mayor será el valor de K1 y K2 posterior, llegando a ser esta diferencia entre los grupos estadísticamente significativa en K2 ( $p=0,021$ ). Los cambios durante el estudio no parecen estar influenciados por la K máxima preoperatoria de los pacientes en el K1 posterior, ya que no hay apenas variación en ninguno de los grupos. En el K2 posterior en cambio, actúa como en la cara anterior, el mayor cambio se encuentra en el grupo con K máxima preoperatoria superior a 56,750D.

Cuando se dividen los pacientes según Q anterior preoperatoria, en el examen preoperatorio se observa una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos, menos en el K2 posterior, pero hay una tendencia hacia la significancia ( $p=0,063$ ). En las siguientes revisiones la diferencia entre grupos disminuye, debido a que el cambio es mayor cuanto más curva sea la córnea, un Q anterior más negativo, por lo que las medianas van pareciéndose cada vez más entre sí con el tiempo.

Cuando se dividen según el ET y EC preoperatorio únicamente se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el examen preoperatorio en los K más planos, en el K1 anterior y K1 posterior. El mayor cambio se observa en todos los parámetros en pacientes con ET y EC preoperatorios perpendiculares.

Se observa una relación entre los cambios de la cara anterior y posterior de nuestros pacientes y una mayor efectividad de los ICRS cuanto más curvada está la córnea.

El comportamiento de la mayoría de las córneas humanas obedece a patrón de aplanamiento progresivo desde la porción central (ápex corneal) hacia la periferia, es lo que se conoce con el término de elipse prolata (182). El valor de Q describe la desviación de la superficie que se está evaluando respecto a una esfera. El valor de Q en una superficie esférica ideal es de 0,00, una superficie prolata obtiene valores negativos y una superficie oblata valores positivos (182).

En una población normal de pacientes jóvenes adultos, el valor de Q anterior promedio es de  $-0,26\pm 0,18$  (169). El valor inicial de Q anterior de nuestros pacientes antes del implante de los ICRS contaba con un valor de  $-0,45$ . Estos sujetos a pesar de presentar ectasia, que provoca un aumento del valor negativo de la Q debido al abombamiento corneal producido por la patología, también han sido sometidos a los dos tipos de cirugía, tanto miópica como hipermetrópica, que también da lugar a la variación de Q. Por su parte los ICRS inducen un aplanamiento central que en teoría provoca que la superficie sea más oblata, que la Q sea más positiva. Esta evolución se observa en nuestros pacientes, el primer mes ya presentan una Q de 0,03. A los cinco años al igual que pasa con los valores queratométricos se observa una ligera recidiva, siendo su valor de  $-0,11$ . La Q de la cara posterior también se positiviza ( $p=0,89$ ), aunque mucho menos que en la anterior, su valor inicial es de  $-0,99$  y al de cinco años de  $-0,61$ . El cambio que percibieron Ferrara y Torquetti en 2010 (146) en pacientes con las mismas condiciones que los nuestros también fue una disminución progresiva del valor negativo de Q anterior que pasó de  $-0,95$  a  $-0,23$  después del implante de los ICRS.

Utine *et al.* en 2018 (169) evaluaron los cambios en cuarenta y dos ojos con queratocono durante tres meses. Al final del estudio la Q anterior positizó su valor de  $-1,06\pm 0,48$  a  $-0,57\pm 0,58$  ( $p<0,01$ ), pero en la Q posterior no encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,92$ ).

Peris-Martínez *et al.* (183) en 2021 publicaron los resultados observados durante dos años en sesenta y un ojos, de cuarenta y siete pacientes con queratocono con una edad entre trece y dieciocho años que fueron tratados con ICRS Keraring®. Encontraron un aplanamiento corneal durante el primer año, pero a partir de esa revisión aparece una recidiva en los valores queratométricos y en la asfericidad.

En el estudio de Fernández *et al.* (147) evaluaron ochenta y ocho ojos de ochenta y ocho pacientes diagnosticados de queratocono a los que se les implantaron anillos de Ferrara. En este estudio evaluaron la cara anterior y posterior de la córnea y la Q anterior en tres meses que duró el estudio pasó de  $-0,79 \pm 0,49$  a  $-0,40 \pm 0,50$  y la Q posterior se mantuvo en  $0,87 \pm 0,53$ . A pesar de no observar cambios en la asfericidad de la cara posterior sí que hubo variaciones en K1 y K2 posterior.

Cuando se compara nuestro estudio con los realizados en ectasias primarias, se debe tener en cuenta que el efecto de los ICRS es mayor en las ectasias primarias. La razón más probable es que el valor de asfericidad en las ectasias post-LASIK miópico, los más comunes, se acerca más a la normalidad que en casos con queratocono. Además, como se ha observado en nuestros resultados cuando Q más negativa mayor es el cambio topográfico.

Un valor de asfericidad normal después del tratamiento puede ser un predictor de la mejora de la calidad de la visión (146) (169). En nuestro estudio la AVcc se relaciona de manera estadísticamente significativa tanto con la Q de la cara anterior ( $p=0,029$ ) como con la cara posterior ( $p=0,019$ ).

Cuando se separan nuestros pacientes en grupos según la K máxima, no se encuentra una relación con el valor de la Q de la cara anterior ni de la cara posterior en el examen preoperatorio ni a lo largo del estudio. En todos los grupos se observa una positivización de la mediana, pero sin que se vea influenciada por su K máxima preoperatoria.

Al dividir los pacientes según Q anterior preoperatoria, en la cara anterior cuanto Q anterior preoperatoria menor, se observa una mayor efectividad de los ICRS y más se positiviza la mediana a lo largo del estudio. En el grupo con Q preoperatoria mayor a  $+0,50$ , la mediana es más negativa que el preoperatorio a los 5 años. En la cara posterior, en grupo con una Q preoperatoria entre  $-0,50$  y  $+0,50$  es el único en el que no se observa una positivización de Q al final del estudio.

Preoperatoriamente la Q anterior es más negativa en pacientes con ET-EC no coincidentes y perpendiculares, pero el cambio al final es mayor que en el grupo con los ejes no coincidentes, el grupo que contaba con una Q preoperatoria más negativa. Coincide con los resultados obtenidos al dividir los pacientes según la Q anterior preoperatoria, que el grupo con la Q anterior preoperatoria más negativa es la que más varía.

Probablemente los nuevos avances en biomecánica y arquitectura corneal en las próximas décadas nos ayuden a entender mejor cómo se comportan los ICRS en el seno del estroma corneal.

### 6.4 PARÁMETROS ABERROMÉTRICOS

Cualquier alteración de la topografía corneal induce cambios en el frente de onda corneal (21) y eso ocurre también en nuestros resultados. El análisis de las aberraciones tanto en la cara anterior como en la posterior de la córnea es una herramienta fundamental, desde un punto de vista clínico, para evaluar la calidad visual de nuestros pacientes. Esto es especialmente importante en córnea altamente aberradas, como las ectasias asociadas a LASIK.

En este estudio se han utilizado los polinomios de Zernike para expresar las aberraciones. De entre todas las aberraciones corneales, las más influenciadas por la ectasia corneal son la aberración esférica, el coma, principalmente el coma vertical y el trefoil de la superficie tanto anterior como posterior de la córnea (71) (184) (185) (186). Además, nuestros pacientes han sido intervenidos de cirugía refractiva con LASIK, que también induce el aumento de las aberraciones de la cara anterior, principalmente la aberración esférica y el coma horizontal (21) (72) (73) (84) (85) (86) (87). En los pacientes de nuestro estudio intervenidos con ICRS para tratar la ectasia asociada a LASIK, solo hemos encontrado variaciones estadísticamente significativas en los parámetros aberrométricos de la cara anterior de la córnea.

El valor de la aberración esférica depende del diámetro pupilar, de la asfericidad corneal y de la queratometría. Para una córnea de Q -0,26, K 44,00D, y una pupila de 6,00mm la aberración esférica calculada es de 0,18 $\mu$ m (187). El valor de la Q que reduce la aberración esférica primaria del ojo a cero con estos parámetros es de -0,46 (169) (188) (189). Con una curvatura igual, la aberración esférica se vuelve más negativa si la superficie se vuelve más prolata (182).

La aberración esférica anterior de nuestros pacientes es de 0,19 $\mu$ m antes de la cirugía y aumenta su valor positivo de manera estadísticamente significativa durante el estudio a 0,87 $\mu$ m ( $p=0,049$ ).

La positividad durante el estudio del valor de la aberración esférica anterior informa acerca de un aplanamiento corneal, se está volviendo más oblata en ambas superficies (182). Lo mismo sucede con Q anterior y posterior, que se van volviendo más positivas durante el estudio.

En la cara posterior no hay cambios estadísticamente significativos de esta aberración esférica ( $p=0,77$ ) pero actúa de manera similar a la cara anterior, su valor inicial es negativo -0,39 $\mu$ m y al final del estudio es de 0,69 $\mu$ m.

Piñero *et al.* (171) estudiaron los cambios en treinta y cuatro ojos durante dos años. A veinticuatro ojos se les implantaron ICRS tipo Intacs®, de sección hexagonal, en catorce de ellos el canal se realizó mediante laser femtosegundo y en el resto de manera manual. A los diez restantes se les implantaron ICRS tipo Keraring®, de sección triangular, en todos los casos se utilizó la técnica femtosegundo. Evaluaron la aberración esférica anterior en pupilas de 6,00mm y sus resultados coinciden con los nuestros, el valor de la aberración esférica de la cara anterior se positiviza, aunque con un cambio bastante menor, al igual que ocurría en la queratometría, y pasa de -0,02 $\pm$ 0,03 $\mu$ m en el examen preoperatorio a 0,03 $\mu$ m a los dos años.

Fernández *et al.* (147) evaluaron córneas con queratocono tratadas con anillos de Ferrara implantados manualmente. No encontraron cambios estadísticamente significativos en la aberración esférica anterior, pero sí que había una positividad del valor, la mediana pasa de -0,34 $\mu$ m a 0,00 $\mu$ m, tres meses después de haber introducido los ICRS para una pupila de 6,00mm. En nuestro estudio a los seis meses la mediana ha variado de 0,19 $\mu$ m a 0,77 $\mu$ m en la cara anterior y de -0,39 $\mu$ m a 0,30 $\mu$ m en la cara posterior.

En cambio, en el estudio realizado por Muftuoglu *et al.* (181) donde se evaluaron los cambios producidos por ICRS Keraring® en cincuenta y nueve ojos, implantados mediante laser femtosegundo, en la aberración esférica de ambas caras de la córnea con queratocono. Durante

los cuatro meses evolución la aberración esférica anterior disminuyó de manera estadísticamente significativa pasando de un valor preoperatorio de  $0,31\mu\text{m}$  a  $0,29\mu\text{m}$ , pero en la cara posterior la aberración esférica incrementó su valor de  $0,15\mu\text{m}$  a  $0,24\mu\text{m}$  en ambos casos para una pupila de  $5,00\text{mm}$ . Los resultados del estudio de Muftuoglu *et al.* (181) no son comparables con los nuestros debido a que el valor de la aberración se ha calculado de diferente manera y los resultados obtenidos son a corto plazo, ya que únicamente se hace el seguimiento hasta cuatro meses después de haber introducido los ICRS.

En el estudio de Piñero *et al.* (171) los ICRS introducidos son tanto de sección hexagonal como triangular, en cambio en de Alfonso *et al.* (167) y Muftuoglu *et al.* (181) son de sección triangular como los anillos de Ferrara implantados por nosotros. La positivización de la aberración esférica observada en estos estudios, incluida esta Tesis, concuerda con el aplanamiento queratométrico observado en la superficie anterior de la córnea.

La aberración esférica anterior se relaciona en este estudio de manera estadísticamente significativa con Q de la cara posterior. La aberración esférica posterior lo hace con K1, K2 y K máxima de la cara anterior y K1 y K2 de la cara posterior. En contra de lo esperado, no se observa una relación estadísticamente significativa de esta aberración con la Q de la superficie a la que pertenecen. Otros autores que sí que han encontrado relación estadísticamente significativa entre la Q y la aberración esférica de la superficie anterior (182).

Preoperatoriamente no se observan diferencias entre los pacientes con una K máxima inferior a  $56,75\text{D}$ . Los pacientes con K máxima superior a ese valor, en cambio, cuentan con valores preoperatorios más negativos que los otros dos grupos. A lo largo del estudio la aberración esférica anterior se vuelve más positiva en los tres grupos, cuanto menor es la K máxima preoperatoria mayor es el cambio. En la cara posterior los tres grupos varían de forma similar, pero en el grupo con K máxima superior a  $56,75\text{D}$ , la aberración esférica con el tiempo se vuelve más negativa mientras que los pacientes con K máxima inferiores a  $56,75\text{D}$  se positiviza.

En la aberración esférica anterior se observa en el preoperatorio que cuanto más negativo es el valor de Q anterior, más negativa es la aberración esférica. En la aberración esférica posterior también se observa una mediana más negativa al resto en el grupo con Q inferiores a  $-0,50$  ( $p=0,013$ ). En la cara anterior en los tres grupos se vuelve más positiva esta aberración y el cambio mayor se encuentra en el grupo con Q entre  $-0,50$  y  $+0,50$ . En la aberración esférica posterior cuando la Q anterior preoperatoria es superior a  $-0,50$  se vuelve más positiva, pero en córneas más prolatas, con Q anterior inferior a  $-0,50$  se negativiza.

En la aberración esférica de la cara anterior preoperatoria no se encuentran diferencias en cuanto al eje EC y ET preoperatorio de los pacientes, pero en la cara posterior se observa una negativización mayor de la aberración según los ejes se van separando entre sí. Durante los cinco años de estudio la mediana de aberración esférica anterior evoluciona hacia valores positivos cuando los ejes son coincidentes o no coincidentes y cuando los ejes son perpendiculares entre sí se negativiza. En la cara posterior, los pacientes con ET y EC coincidentes, que cuentan con una mediana preoperatoria positiva, se positiviza durante el estudio. En los otros dos grupos la mediana preoperatoria es negativa preoperatoriamente y se vuelve más negativa con el tiempo. La diferencia entre los ejes influye más sobre la cara posterior.



Los pacientes con K máxima superior a 56,75D y Q inferior a -0,50 y ejes ET y EC perpendiculares, valores correspondientes a ectasias está más avanzadas, que la aberración esférica posterior se esté volviendo más negativa puede implicar que los ICRS dejen de ser efectivos para córneas con esas características o una progresión de la ectasia.

Con respecto al coma, un gran número de publicaciones establecen esta aberración, especialmente su componente vertical, como las manifestaciones aberrométricas más evidentes de enfermedad corneal ectásica debido a la asimetría superior e inferior provocada por el cono en el mapa topográfico (81) (76). Por otro lado, en córneas intervenidas con cirugía refractiva se puede haber inducido también un aumento de la aberración comática horizontal (81) (76).

La literatura dice que los ICRS reducen el coma al aplanar la protrusión (59), esto significa una reducción de la aberración comática vertical debido a que va a haber menos diferencia entre la zona superior e inferior de la córnea. En nuestro estudio el coma vertical anterior durante el primer año se vuelve más positivo, obteniendo una mediana muy cercana a  $0\mu\text{m}$ , pero debido a la regresión a los cinco años se negativiza, siendo su valor en la última revisión de  $-5,25\mu\text{m}$ , mientras que en el preoperatorio era de  $0,42\mu\text{m}$ .

El coma horizontal anterior en cambio, se vuelve más positivo ( $p=0,039$ ) y reduce su valor respecto al preoperatorio, pasando de valores iniciales de  $-2,54\mu\text{m}$  a  $-0,14\mu\text{m}$  en la revisión de los cinco años. En la cara posterior no ha habido cambios estadísticamente significativos, pero ocurre lo mismo que en la cara anterior, el coma vertical aumenta su valor, sin llegar a ser estadísticamente significativo, al inicio su valor era de  $0,33\mu\text{m}$  y al final del estudio de  $-13,50\mu\text{m}$ . El coma horizontal preoperatorio es de  $-4,64\mu\text{m}$  y cinco años después es de  $-1,59\mu\text{m}$ .

Los cambios de RMS comática tanto de la cara anterior ( $p=0,002$ ) como de la posterior ( $p=0,001$ ), son estadísticamente significativas al final de estudio y ambas aumentan su valor, la primera pasa de  $+3,58\mu\text{m}$  a  $+5,63\mu\text{m}$ , y la segunda de  $+6,20\mu\text{m}$  a  $+14,40\mu\text{m}$ .

Se observa un mayor cambio en la cara posterior, lo cual es consistente con haber encontrado mayor influencia de los ICRS sobre la mediana de los valores queratométricos de la superficie posterior de la córnea.

Unicamente en el estudio de Piñero *et al.* (171) se evalúa la aberración comática en ectasias post-LASIK tratadas con ICRS.

Piñero *et al.* (171) estudiaron los cambios en treinta y cuatro ojos durante dos años tratados con ICRS tipo Intacs®, de sección hexagonal y Keraring®, de sección triangular. En catorce de ellos el canal se realizó mediante laser femtosegundo y en el resto de manera manual. Evaluaron los cambios de la RMS comática, que pasaron de tener una media de  $3,17\pm 2,08\mu\text{m}$  en el examen preoperatorio a  $2,08\pm 1,16\mu\text{m}$  a los dos años, experimentando una reducción estadísticamente significativa con el implante de ICRS. Nuestros pacientes preoperatoriamente y al año cuentan con una mediana de la RMS comática anterior similar a la del estudio de Piñero *et al.* (171),  $3,58\mu\text{m}$  antes de introducir los ICRS y  $2,55\mu\text{m}$  un año después, experimentando una reducción al igual que en el trabajo de Piñero *et al.* (171). Sin embargo, a los cinco años de seguimiento vuelve a aumentar, siendo su valor de  $5,63\mu\text{m}$ . A los cinco años la mediana es superior al preoperatorio ( $p=0,002$ ) (Tabla 54),  $2,05\mu\text{m}$  mayor, un 57,26%.

En el estudio de Alfonso *et al.* (167) en córneas con queratocono tratadas con anillos de Ferrara, implantados mediante la técnica manual, el valor de la RMS comática se volvió más



negativo durante los seis meses que duró el estudio ( $p=0,006$ ). El cambio fue de  $1,57\pm 0,68\mu\text{m}$  a  $1,06\pm 0,42\mu\text{m}$  para una pupila de 4,50mm. En los pacientes de Fernández *et al.* (147) el valor RMS comático pasó de una mediana de  $+2,81\mu\text{m}$  en el examen preoperatorio a  $1,74\mu\text{m}$  en tres meses. En los pacientes de Saif *et al.* (190) también se evaluó la RMS comática hasta tres meses después de haber introducido Keraring®, para una pupila de 5,00mm en córneas con queratocono, este parámetro redujo su valor de forma estadísticamente significativa ( $p<0,001$ ) pasando de un valor preoperatorio de  $1,27\pm 0,54\mu\text{m}$  a  $0,87\pm 0,27\mu\text{m}$ . En los tres estudios observaron una reducción de la RMS comática de la cara anterior. Lo mismo ocurre en nuestro estudio, a los seis meses se ha reducido  $1,70\mu\text{m}$  respecto al preoperatorio, pasando de  $3,58\mu\text{m}$  a  $1,88\mu\text{m}$ .

En el estudio de Muftuoglu *et al.* (181) evaluaron las aberraciones de ambas superficies de cincuenta y nueve córneas con queratocono durante cuatro meses tras el implante de Keraring® con láser femtosegundo, para una pupila de 5,00mm. Los resultados que observaron en la cara anterior concuerdan con el resto de los estudios, ya se encontró una reducción de las aberraciones asociado a un aplanamiento corneal. En cambio, en la cara posterior hubo un encurvamiento y un incremento de las aberraciones corneales, principalmente del coma. En el presente estudio el valor de la RMS comática de la cara posterior al final del estudio también es superior al preoperatorio. Esto se debe a una regresión que comienza un mes después de haber introducido los ICRS, pero la mediana se mantiene en valores inferiores a el preoperatorio hasta la revisión de los 5 años. La regresión en la cara anterior no aparece hasta los seis meses.

La diferencia entre los resultados puede estar causada por el tiempo de duración de los estudios y por la técnica de implante empleada para la inserción de los ICRS. En un estudio publicado por Piñero *et al.* (123) en 2009 la diferencia entre ambas técnicas la encontraron en la aberración comática. El efecto de los ICRS implantados con la técnica manual estaba más limitada a la hora de corregir la aberración comática.

Los cambios en el coma horizontal anterior de nuestro estudio están relacionados estadísticamente con K1, K2 y K máxima de la cara anterior y con K1, K2 y Q de la cara posterior. El coma horizontal posterior está relacionado de manera estadísticamente significativa con los cambios de K1, K2, K máxima y Q de la cara anterior y en la cara posterior con K1 y K2. Al igual que en aberración esférica tienen una relación estadísticamente significativa con la Q de la superficie contraria, el coma horizontal de la cara anterior se relaciona de manera estadísticamente significativa con la Q de la cara posterior y la aberración comática horizontal de la cara posterior se relaciona estadísticamente con la Q de la cara anterior.

El coma vertical anterior no se relaciona de manera estadísticamente significativa con ninguno de los parámetros evaluados. A pesar de no haber relación estadísticamente significativa, actúa igual que la queratometría. Se observa una reducción del valor de esta aberración y de las K en ambas caras al inicio del estudio debido a la regularización de la superficie corneal producida por los ICRS y una recidiva a partir del año posiblemente causada por la progresión de la ectasia. En el coma vertical posterior únicamente se observa una relación estadísticamente significativa con la K máxima ( $p=0,018$ ).

Cuanto K máxima preoperatoria más alta y Q más negativa, el valor del coma horizontal preoperatorio es más negativo y la RMS más alta. En el coma vertical no se observa relación con la K máxima preoperatoria del paciente. Al final del estudio, en la cara anterior en el coma

horizontal no se encuentran apenas diferencias entre grupos según el valor de K máxima preoperatorio. En cambio, en la cara posterior sí que se observa una influencia mayor sobre el grupo con K máxima superior a 56,75D, el valor se reduce hasta valores próximos a 0 $\mu$ m. El efecto sobre el coma vertical es igual en ambas caras, cuanto mayor es la K máxima preoperatoria más se negativiza la mediana a lo largo del estudio. El mayor efecto se encuentra en el coma vertical, anterior y posterior, en el grupo con K máxima superior a 56,75D, donde la mediana es estadísticamente superior al resto de grupos ( $p=0,025$ ). En cuanto a la RMS de la cara anterior y posterior cuanto mayor es la K máxima de los pacientes más aumenta el valor de esta aberración.

En los grupos según la Q preoperatoria se observan grandes cambios, sin que sean estadísticamente significativos, en los pacientes con Q preoperatoria inferior a +0,50. En estos pacientes el coma horizontal se positiviza y el coma vertical y la RMS se negativiza más que en los pacientes con Q superior a +0,50 que el cambio es inferior.

Los cambios según la diferencia entre EC y ET preoperatorios son muy similares al de los grupos de K máxima preoperatoria en las dos caras. En el coma horizontal preoperatorio, el valor aumenta según los ejes se separan, el valor más negativo se encuentra en el grupo con EC y EC perpendiculares. En cambio, la variación en los tres grupos es muy similar a los cinco años. No se encuentra influencia de los ejes sobre el coma vertical preoperatoriamente, pero al final de estudio se observa un cambio mayor en el grupo 3, donde los ejes son perpendiculares entre sí, respecto a los otros dos.

El valor de la RMS preoperatoria es independiente de la distancia entre los ejes. Al final del estudio en la cara anterior, el grupo que menos ha cambiado ha sido el que tiene los ejes EC y ET no coincidentes, pero es el único en el que se ha reducido el valor del coma. En los otros dos grupos los cambios observados son mayores y aumentan el valor. En la cara posterior los tres grupos incrementa el valor de la RMS, pero sobre todo el de ET y EC coincidentes.

En cuanto al trefoil 1 y 2 se observan cambios en la mediana, pero no llegan a ser estadísticamente significativos, ni en la cara anterior ni en la posterior. El trefoil 1 en ambas caras aumenta su valor positivo a lo largo del estudio, en la cara anterior de 0,06 $\mu$ m a 0,36 $\mu$ m y en la cara posterior de 0,25 $\mu$ m a 3,97 $\mu$ m a los cinco años.

El trefoil 2 en ambas caras se vuelve negativo progresivamente durante el estudio, en la cara anterior pasa de 0,04 $\mu$ m a -0,38 $\mu$ m y en la posterior de 0,35 $\mu$ m a 0 $\mu$ m. La RMS aumenta en ambas caras, sobre todo en la cara posterior que pasa de 0,75 $\mu$ m a 7,04 $\mu$ m. En la cara anterior el cambio de la RMS es menor, de 0,33 $\mu$ m a 2,16 $\mu$ m.

Únicamente se han encontrado dos estudios donde hagan seguimiento del valor del trefoil después de haber introducido ICRS, pero evalúan córneas con queratocono y únicamente durante tres meses.

En el estudio de Fernández *et al.* (147) la RMS del trefoil de la cara anterior aumentó su mediana de 0,27 $\mu$ m a 0,37 $\mu$ m tras el implante de anillos de Ferrara, con la técnica manual. En el estudio de Saif *et al.* (190) no encontraron diferencias, el valor se mantuvo en 0,58 $\mu$ m en los tres meses se evaluaron los cambios producidos por los ICRS tipo Keraring®. En nuestro estudio preoperatoriamente el valor de la RMS del trefoil anterior es de 0,33 $\mu$ m y 0,44 $\mu$ m a los seis

meses, al igual que en el estudio de Fernández *et al.* (147) el valor de la RMS anterior ya ha aumentado respecto al preoperatorio a los seis meses.

Los resultados obtenidos en estos dos estudios (147) (190) son a demasiado corto plazo, por lo que no sirven como comparación con los resultados obtenidos en nuestro estudio.

Los cambios en el trefoil 1 están influenciados por la K máxima tanto en la cara anterior como posterior, y en el trefoil 2 no se encuentra una relación estadísticamente significativa con ninguno de los parámetros topográficos, aunque en la cara posterior sí que se observa una tendencia hacia la significancia con K máxima ( $p=0,060$ ).

En el examen preoperatorio según más alto es el valor de K máxima preoperatoria, más negativo es el trefoil 1 en la cara anterior y más positivo en la posterior. En cuanto al trefoil 2, en la cara anterior cuanto más alta es K máxima cuenta con valores de trefoil más negativos. En la cara posterior no se encuentra relación. La RMS preoperatoria es mayor en ambas caras cuanto más alta es el valor de la K máxima preoperatoria.

A lo largo del estudio los mayores cambios se encuentran en los pacientes con K máxima entre 51,00D y 56,75D en el trefoil 1 anterior y posterior y en el trefoil 2 posterior. En el trefoil 2 anterior el mayor cambio se observa sobre todo en el grupo con K máxima superior a 56,75D. En la RMS cuanto superior es el valor K máxima preoperatoria mayor es el cambio que experimentan los pacientes en la cara anterior. En el posterior no se encuentran diferencias.

Preoperatoriamente únicamente se observa relación con la Q en el trefoil 1 posterior, donde el valor de la aberración es más positivo según la Q preoperatoria anterior es más negativa.

A lo largo del estudio los cambios más grandes se encuentran en el trefoil 1 anterior en los pacientes con Q superiores a -0,50 y en el trefoil 2 anterior en pacientes con Q inferior a -0,50. En la cara posterior los mayores cambios se aprecian en pacientes con Q superiores a +0,50 tanto en el trefoil 1 como en el 2. En la RMS de la cara anterior los cambios son similares en los tres grupos, pero en la cara posterior se observa una mayor variación cuando la Q de los pacientes es inferior a -0,50 o superior a +0,50.

Al dividir los pacientes según la diferencia entre el ET y EC preoperatorios de la cara anterior, en el trefoil 1 posterior y RMS posterior se observa que su valor preoperatorio es más positivo según mayor es la diferencia entre los ejes. En el trefoil 2 anterior y la RMS anterior más negativa es la mediana según se alejan los ejes. En el trefoil 1 anterior y el trefoil 2 posterior no se encuentra relación.

Los mayores cambios en el trefoil 1 anterior y posterior se observan en los pacientes con ET y EC no coincidentes. En el trefoil 2 anterior no se encuentran diferencias entre los grupos y en el trefoil 2 posterior el grupo con ET y EC coincidentes es el que más varía. En la RMS anterior el grupo que más aumenta es en de los pacientes con ejes coincidentes, y en la RMS posterior, el mayor aumento se observa en grupo con ejes coincidentes y no coincidentes.

Es de suponer que al introducir los ICRS en la córnea y regularizar la superficie el valor de las aberraciones disminuya, pero eso no es lo que ha ocurrido en nuestros pacientes. El coma horizontal anterior y posterior y el trefoil 2 posterior han sido las únicas tres aberraciones que han visto reducido su valor preoperatorio durante el estudio. La aberración esférica anterior ha

aumentado su valor durante el primer año y después se ha mantenido estable. Todas las demás, la aberración esférica posterior, el coma vertical anterior y posterior, el trefoil 1 anterior y posterior, trefoil 2 anterior y la RMS del coma y del trefoil anterior y posterior se han mantenido más o menos estables durante el primer año de estudio y a partir de allí han aumentado. Que la mayoría de las aberraciones al final de estudio cuenten con valores muy superiores al preoperatorio puede estar indicando una progresión de la ectasia, en especial el coma vertical.

Estos cambios aberrométricos de la cara anterior y posterior de la aberración esférica, el coma vertical, la RMS comática y el trefoil no son consecuentes con la mejora de la AVcc ni con la reducción de la asimetría supero-inferior generada por los ICRS en nuestro estudio. Quizá esté aumento de las aberraciones puede haber limitado la mejora de la AVcc.

En nuestros resultados se ha encontrado una relación estadísticamente significativa con la AVcc del trefoil 1 anterior y coma horizontal posterior. El coma ha disminuido su valor  $3,05\mu\text{m}$  respecto al preoperatorio y el trefoil ha aumentado  $0,304\mu\text{m}$ . Esta puede ser la respuesta de porqué a pesar de todo la AVcc ha mejorado, ya que en la pirámide de aberraciones el orden del coma vertical es inferior al del trefoil, lo cual significa que su influencia es mayor sobre la calidad óptica.

El grupo donde se ha encontrado la mejor AVcc ha sido en pacientes con Q preoperatoria entre  $-0,50$  y  $+0,50$ , en ese grupo el valor del coma horizontal posterior es de  $-1,03\mu\text{m}$ .

## 6.5 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS

En relación con los parámetros morfológicos corneales analizados, se encuentran cambios estadísticamente significativos en los volúmenes, tanto en el volumen de la CA ( $p=0,031$ ) y el en volumen corneal ( $p=0,011$ ). Ambos parámetros han sufrido una reducción progresiva una vez implantados los ICRS. La disminución del volumen de la CA puede deberse al aplanamiento de la cara posterior de la córnea debido al implante de los ICRS o al engrosamiento de la córnea por haber introducido material extra (ICRS) y ejercer un efecto sumatorio al estroma. El volumen corneal se encuentra aumentado respecto al preoperatorio en un 1%, el primer mes después de introducir los ICRS, lo más probable es que esto pueda deberse a la presencia del edema subclínico transitorio inducido por la cirugía, porque cinco años después se observan valores inferiores al preoperatorio, un 4,18% menos. Es muy probable que esto se deba aplanamiento generado por los ICRS en la cara anterior de la córnea.

En cuanto a la paquimetría corneal mínima, a pesar de no encontrar diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,860$ ), se observa una reducción de su valor a lo largo del estudio, lo cual concuerda con la reducción del volumen. La paquimetría corneal mínima pasa de  $435\mu\text{m}$  en el preoperatorio a  $414\mu\text{m}$  a los cinco años de seguimiento.

En la literatura encontramos una gran controversia acerca de los cambios paquimétricos. Tunc *et al.* (166) en su estudio con ectasias secundarias a LASIK evaluaron los cambios en el espesor corneal central, pero tampoco encontraron diferencias estadísticamente significativas. Preoperatoriamente la paquimetría era de  $439\pm 52\mu\text{m}$  y un año más tarde de  $440\pm 50\mu\text{m}$ . En nuestros pacientes un año después de haber implantado los ICRS la paquimetría era  $1\mu\text{m}$  superior al preoperatorio, al igual que en el estudio de Tunc *et al.* (166). En ambos

estudios se utilizan el mismo tipo de ICRS, la diferencia es que Tunc *et al.* (166) introdujeron los ICRS de manera manual y en nuestro estudio de manera automatizada, mediante láser femtosegundo.

Gorgun *et al.* (191) estudiaron diecisiete ojos de trece pacientes con queratocono a los que se les implantaron ICRS tipo Keraring® con una zona óptica de 5,00mm, mediante la técnica Intralase®. Al igual que se observa en nuestros resultados, durante los dos años que duró el estudio el valor de la paquimetría central se redujo de  $419,33 \pm 36,32 \mu\text{m}$  a  $415,66 \pm 17,61 \mu\text{m}$ .

Otros autores difieren de nuestros resultados. En el estudio de Ferrara y Torquetti (146) tres años después de haber introducido los anillos de Ferrara, en córneas con ectasia post-LASIK, la paquimetría en el ápex corneal aumentó de  $457,70 \pm 48,70 \mu\text{m}$  a  $466,20 \pm 49,80 \mu\text{m}$  y la paquimetría corneal mínima de  $436,30 \pm 46,20 \mu\text{m}$  a  $453,90 \pm 49,30 \mu\text{m}$ .

Kammoun *et al.* (192) evaluaron durante tres meses los cambios de la paquimetría central y la mínima de córneas con queratocono a los que se les implantaron ICRS AJL-pro+, de sección triangular mediante laser femtosegundo. Encontraron un aumento estadísticamente significativo en ambos parámetros ( $p < 0,001$ ). En nuestros pacientes la paquimetría corneal mínima a los seis meses es de  $431 \mu\text{m}$ ,  $4 \mu\text{m}$  inferior al preoperatorio.

Bamdad *et al.* (193) publicaron un estudio en 2020 dónde evaluaron durante seis meses los cambios en treinta y dos pacientes con queratocono divididos en dos grupos, a los que habían introducido ICRS MyoRing® (dieciséis pacientes) y los que llevaron Keraring® (dieciséis pacientes). La inserción se realizó con Intralase®. No encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, en el primero se redujo de  $443 \pm 48,26 \mu\text{m}$  a  $433 \pm 65,58 \mu\text{m}$  a los seis meses, y en el segundo de  $468,85 \pm 41,18 \mu\text{m}$  a  $460,91 \pm 54,27 \mu\text{m}$ .

Estas diferencias entre nuestros resultados y los de otros autores no parecen ser debidas al tipo de ICRS utilizado en el estudio, ni tampoco por el tipo de técnica empleada, ya que en todos los casos son de tipo triangular y han sido implantados mediante Intralase®.

La reducción de la paquimetría puede estar asociado a que el planeamiento generado por el ICRS ha compactado el tejido o a una progresión de la patología ectásica. El aumento de la paquimetría puede ser debido a que el implante de los ICRS es una técnica aditiva. Las técnicas aditivas son aquellas en las que la cirugía implica añadir algún elemento externo sobre la córnea. Así mismo, el aumento de la paquimetría, también puede ser justificado por el edema posquirúrgico corneal que se produce.

De Luis Eguileor *et al.* (194) confirman una repetibilidad de  $10 \mu\text{m}$  a la hora de tomar medidas del espesor con el topógrafo Pentacam.

La profundidad de CA se define en nuestro estudio como la distancia desde el endotelio corneal a la superficie anterior del cristalino. Se observa un decrecimiento progresivo de la profundidad de la CA, incluso al mes de introducir los ICRS a pesar de no ser estadísticamente significativo ( $p=0,14$ ). En el examen de los cinco años, la disminución es de  $0,16 \text{mm}$ . La disminución de la profundidad de AC refleja un aplanamiento corneal.

Es importante tener en cuenta que las medidas obtenidas en nuestro estudio son de los  $6,00 \text{mm}$  centrales de la córnea y en el  $88,23\%$  de los pacientes se han implantado ICRS con una

zona óptica de 6,00mm, lo cual significa que están en una zona más periférica que la que se ha medido mediante el topógrafo.

Igual que sucede con nuestros resultados, Sánchez-Huerta *et al.* (195) en el estudio realizado en 2010 observaron una tendencia a la disminución de la profundidad de la CA. En el estudio comparaban pacientes a los que el canal de implante de los Intacs® (sección hexagonal) se había realizado de manera mecánica, con los que se habían creado mediante laser femtosegundo. En el primer grupo la profundidad se redujo de  $3,35\pm 0,49$ mm a  $3,19\pm 0,61$ mm seis meses después de haber introducido los segmentos, y en el segundo grupo de  $3,46\pm 0,42$  mm a  $3,20\pm 0,33$ mm. En todos los pacientes se observa una reducción, al igual que en nuestro estudio, de la profundidad de CA preoperatoria de nuestros pacientes es de 3,35mm y a los seis meses de 3,26mm.

En 2013 Rho *et al.* (196) evaluaron los cambios producidos por ICRS tipo Intacs® (sección hexagonal) en veintitrés ojos con queratocono durante tres meses. El canal para introducir los ICRS se realizó mediante láser femtosegundo. El valor preoperatorio de la profundidad de CA era de  $3,44\pm 0,25$ mm y los tres meses de  $3,32\pm 0,23$ mm ( $p<0,001$ ). La profundidad de CA de nuestros pacientes inicialmente es mayor, pero el cambio producido por los ICRS es superior en el estudio de Rho *et al.* (196).

Las diferencias entre estos dos estudios y esta Tesis pueden deberse al tipo de ICRS utilizado, que en el caso de Sánchez-Huerta *et al.* (195) y 2013 Rho *et al.* (196) son de sección hexagonal y en el nuestro triangular.

En el presente estudio, los cambios que ocurren en la paquimetría están relacionados de manera estadísticamente significativa con K1 y Q de la cara anterior y con K1, K2 y Q de la cara posterior. El volumen corneal por su parte se correlaciona con la K1 y K2 de la cara anterior y posterior.

La paquimetría corneal mínima preoperatoria es superior en pacientes con córneas más planas, K máxima inferior a 51,00D y Q superior a +0,50, ya que la ectasia produce un adelgazamiento corneal, por lo que cuanto más avanzada este, se esperan tener espesores corneales más reducidos (19) (22). Al final del estudio los ojos que cuentan con K máxima inferior a 56,750D es donde se observa una mayor reducción de la paquimetría. En el grupo con K máxima superior a 56,750D no hay variaciones. No se encuentran diferencias entre los grupos al final del estudio cuando los se dividen según su Q preoperatoria.

En cuanto al volumen, no se ha encontrado relación entre este parámetro y la K máxima ni con Q anterior ni en el examen preoperatorio ni a lo largo del estudio.

Cuanto más avanzada esté la ectasia, mayor diferencia entre ET y EC, más reducida está la paquimetría corneal y mayor es el volumen en el examen preoperatorio debido a la mayor curvatura que presenta la córnea

A lo largo del estudio, en los grupos con los ejes coincidentes y no coincidentes, estos dos parámetros se mantienen estables. En el grupo de los ejes perpendiculares la paquimetría aumenta y el volumen disminuye.

El volumen de la CA se relaciona de manera estadísticamente significativa con la K máxima de la superficie anterior de la córnea y la profundidad con K1, K2 y Q de la cara anterior y K1 y K2 de la cara posterior.

En el examen preoperatorio el volumen de la CA es superior cuanto más baja es la K preoperatoria y más oblata la córnea, Q más positiva ( $p=0,053$ ). A lo largo del estudio el volumen se reduce más cuanto más curva es su K máxima preoperatoria. Respecto a la Q preoperatoria el volumen se reduce en pacientes con Q inferior a +0,50 y en pacientes con Q superior a +0,50 aumenta. El valor del volumen es menor cuanto más separados están los ejes de referencia, pero no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos a largo del estudio.

En el examen preoperatorio la profundidad es mayor cuanto más curva es la K máxima y más positiva es la Q. A lo largo del estudio solo se observan cambios cuando la K es superior a 51,00D y la Q inferior a +0,50, en córneas más prolatas, donde el valor de la profundidad se ve reducido. En cuanto a la diferencia entre los ejes EC y ET cuanto más separados están los ejes, menor es la profundidad preoperatoria. Durante el estudio se observa una disminución en los tres grupos.

Estos resultados en la profundidad de CA concuerdan con los cambios observados en los valores queratométricos

### 6.6 PARÁMETROS BIOMECÁNICOS

Las propiedades biomecánicas de la córnea incluyen la elasticidad, viscosidad y viscoelasticidad, las cuales representan la respuesta de la córnea ante una fuerza de compresión. Estas propiedades están influenciadas por diferentes factores, la edad, la hidratación corneal, el espesor corneal y configuración de las lamelas de colágeno (1) (16) (48).

Este estudio se basa en la CRF Y CH para valorar el estado de la biomecánica. Estos parámetros se han obtenido a través del ORA® (Reichert Ophthalmic Instruments Inc. Depew, NY). El comportamiento de las córneas afectadas por la ectasia post-LASIK está relacionada con un CH y un CRF bajos, ya que ambas condiciones, la cirugía y la ectasia, reducen la resistencia de esta superficie (48) (41).

Se considera que una córnea es biomecánicamente estable en pacientes con la edad de nuestra muestra, cuando los valores de CH son de  $9,50\pm 1,40$ mmHg y de CRF de  $9,90\pm 1,50$ mmHg (68). Aunque estos valores pueden variar dependiendo de los estudios revisados. En el examen preoperatorio el valor de la CH es de  $8,33\pm 1,84$ mmHg y el de la CRF de  $7,08\pm 1,71$ mmHg. Valores reducidos en el parámetro CH sugieren que esas córneas son menos capaces de absorber la energía procedente del pulso de aire. Valores reducidos en el CRF indican que la rigidez global (resistencia) de esas córneas es inferior de lo normal (16).

En cuanto a la CH, preoperatoriamente el 20,80% de los pacientes cuentan con valores por encima de la norma, mientras que el 79,16% presentan valores inferiores a esta. El CRF es entre los dos el parámetro que más reducido se encuentra preoperatoriamente en nuestros pacientes, únicamente un 8,40% de los pacientes está por encima de los valores considerados normales y 91,60% por debajo.



Los pacientes que preoperatoriamente cuentan con un CH alto también tienen CRF alto. Eso sí, el CH presenta con valores superiores al CRF, una media de 1,60mmHg, en todos los pacientes menos en dos se obtienen valores similares y otros dos que el CRF es superior al CH, en ambos casos estos dos ojos pertenecen al mismo paciente.

Está muy poco estudiada la biomecánica corneal una vez implantados los ICRS en ojos con ectasias asociadas a LASIK. En la mayoría de los casos no se han encontrado cambios antes y después de la inserción de ICRS, o los cambios han sido mínimos (197) (191) (198).

Al evaluar las modificaciones de CRF Y CH con la inserción de los ICRS en nuestros pacientes tampoco se han encontrado cambios estadísticamente significativos (CH  $p=0,76$  y CRF  $p=0,67$ ). A pesar de ello, al evaluar las variaciones de uno en uno sí que se han observado diferencias. Una mejora de CH únicamente se consigue en un 33,33% de los pacientes, mientras que un 50% empeora y el 16,66% se mantiene igual. Los resultados de CRF tampoco han sido alentadores, únicamente un 33,30% consigue aumentar su valor respecto al preoperatorio, frente a un 55,55% que disminuye y el porcentaje de pacientes que permanece estable es de un 11,11%.

Analizando los pacientes uno por uno, no se han encontrado un patrón en base a sus valores preoperatorios, lo que sí se observa es que en la mayoría de los pacientes que hay un aumento al final del estudio del valor de CH también lo aumenta el CRF, independientemente en ambos casos de los valores preoperatorios.

Las fluctuaciones observadas durante el estudio, sobre todo el cambio del primer mes en CH y CRF se puede atribuir con inflamación y edema causado por la cirugía.

En el estudio de Gorgun *et al.* (191) en 2011, evaluaron los cambios en córneas con queratocono a los que se les implantaron ICRS Keraring® introducidos mediante láser femtosegundo. El primer mes después de haber implantado los ICRS, el valor de la CH y CRF se redujo, pero a los dos años el valor de ambos parámetros aumentó, sin que estos cambios llegaran a ser estadísticamente significativos. Preoperatoriamente la media en el trabajo de Gorgun *et al.* (191) la CH y CRF era de  $8,53 \pm 0,89$ mmHg y  $6,80 \pm 1,30$ mmHg, dos años más tarde de  $9,10 \pm 0,83$ mmHg y  $7,18 \pm 1,01$ mmHg. Al igual que en nuestros pacientes la CH es superior a la CRF antes y después de la cirugía, y a lo largo del estudio se observa un aumento de ambos parámetros. La mediana de la CH en nuestros pacientes durante el estudio pasa de 7,85mmHg a 8,00mmHg y la mediana de CH es preoperatoriamente de 6,50mmHg y también aumenta hasta 6,80mmHg. Un incremento de las propiedades biomecánicas en el estudio de Gorgun *et al.* (191) puede estar asociado a que los ICRS están más cercanos al centro, cuentan con una zona óptica de 5,00mm, mientras que el nuestro veintitrés de los veintiséis ojos evaluados tienen ICRS con una zona óptica de 6,00mm.

Piñero *et al.* en 2012 (198) evaluaron durante seis meses cuarenta y cinco ojos con queratocono a los que se les implantó ICRS tipo Keraring® y la creación de los canales fue a través de laser femtosegundo. Seis meses después de haber introducido los ICRS la CH aumentó su valor, pero la CRF se redujo. Preoperatoriamente la mediana de la CH era de 8,00mmHg y a los seis meses de 8,30mmHg, y la CRF pasa de 6,80mmHg a 6,40mmHg, pero sin ser estadísticamente significativo. La diferencia entre la CH y CRF se hizo más manifiesta durante el estudio e identificaron estos dos parámetros como factores predictivos del resultado visual postoperatorio temprano (un mes después de la cirugía): se espera una peor visión en córneas



con una alta alteración biomecánica, determinada por la diferencia entre CH y CRF. Nuestros resultados no cumplen con esa premisa, ya que no se observa que cuanto más diferencia haya entre la CH y CRF el primer mes presenten peor visión en esa revisión, ni al final del estudio tampoco.

En el estudio de Bamdad *et al.* (193) los cambios de los parámetros medidos con el ORA no fueron estadísticamente significativos en ninguno de los grupos evaluados. En los pacientes a los que les implantó ICRS tipo Keraring® mediante laser femtosegundo y el CH disminuyó de  $11,44 \pm 13,75$  mmHg a  $8,00 \pm 0,86$  mmHg. El grupo con MyoRing®, implantados por la técnica manual, de  $8,78 \pm 1,54$  mmHg a  $7,6 \pm 0,73$  mmHg. El CRF en el primer grupo es de  $6,08 \pm 1,56$  mmHg en el preoperatorio y de  $6,40 \pm 1,70$  mmHg a los dos años y en el segundo  $7,74 \pm 2,49$  mmHg  $6,64 \pm 2,41$  mmHg. En este estudio tampoco encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de ICRS. Ambos ICRS son de sección triangular al igual que los implantados en el presente estudio.

Zare *et al.* (199) estudiaron los cambios en treinta y cinco ojos con queratocono a los que insertaron Intacs®SK y el canal se realizó mediante laser femtosegundo. Preoperatoriamente el valor de CH de estos pacientes era de  $8,00 \pm 1,30$  y a los seis meses  $7,90 \pm 1,00$  mmHg, el CRF pasó de  $6,50 \pm 1,60$  mmHg a  $5,90 \pm 1,10$  mmHg. En ambos parámetros encontraron una reducción de la mediana, pero no llegó a ser estadísticamente significativa. Esta diferencia entre el estudio de Zare *et al.* (199) y esta Tesis puede ser causada por el tipo de ICRS utilizado, los de Ferrara son de sección triangular mientras que Intacs®SK son de sección elíptica.

En literatura se encuentran distintas teorías sobre el efecto que tienen la inserción de los ICRS sobre la biomecánica de la córnea. La creación de túneles asistidos por láser de femtosegundo podría ser uno de los factores que reducen los valores de CH y CRF. Dado que se está creando una disección, aparece un edema regional junto con la separación de las lamelas de colágeno, causando un debilitamiento mecánico en la zona paracentral (191). Otros autores han observado que la densidad de los queratocitos se encontraba disminuida por encima y por debajo del túnel y eso puede ser que haya creado debilidad (191) (200) (201).

En caso de encontrar un aumento de la CH y CRF se cree que puede ser debido a la fibrosis que se da alrededor de los segmentos, lo cual también explicaría el aumento gradual en el postoperatorio. Otra teoría es que los ICRS pueden ser un soporte mecánico, al crear un segundo limbo con un diámetro más pequeño en el medio de la córnea (191) (200) (201).

Aun así, hay que tener en cuenta que, según el fabricante, el ORA® toma medidas en los 3,00mm centrales de la córnea, pero los ICRS se implantan en una zona más periférica. El ORA® debería medir la CH en la zona exacta donde está colocado el ICRS y no en el centro, para aportar medidas más fiables.

Los aparatos que se utilizan hoy en día para la evaluación de la biomecánica corneal no son del todo fiables. En el caso del ORA®, que es el que se ha utilizado en este estudio, proporciona dos parámetros biomecánicos, CH y CRF, cuya relación con las propiedades mecánicas estándar utilizadas para definir el comportamiento de cualquier estructura no es completamente entendido.

Además, durante la práctica clínica a pesar de que no hay estudios, se ha concluido que en el ORA® la presencia del *flap* dificulta la lectura de las propiedades biomecánicas.

Preoperatoriamente el CH está reducido en pacientes con K máxima superior a 56,75D respecto a los otros dos grupos, en el caso del CRF, empieza a alterarse antes, se observan valores inferiores en pacientes con K superiores a 51,00D. En el caso de Q, en el examen preoperatorio cuanto Q más negativa, mayor es CRF Y CH. En cuanto a los ejes EC y ET no hay influencia de la distancia sobre el preoperatorio.

Cuando la K máxima es superior a 56,75D aumenta el valor de la CH y CRF, córneas inferiores a 56,75D el CH se mantienen igual, pero en el caso de la CRF reduce su valor.

En cuanto a la Q se observa un incremento en el valor de la CH cuando la Q es inferior a -0,50 y en la CRF, +0,50. En el resto de grupos se mantiene estable.

En la CH mejora su valor en los pacientes con EC y ET coincidentes, en el resto se encuentra una reducción de la mediana. En la CRF se observa una mejora cuando los ejes son coincidentes y no coincidentes, en el grupo con los ejes perpendiculares disminuye.

Dos parámetros adicionales proporcionados por el ORA son la PIOg (el equivalente a la obtenida con el GAT (*Goldman applanation tonometer*) y la PIOcc (el valor de la PIO compensada por la córnea). En este estudio se ha realizado el seguimiento de la PIOcc y no se encuentran diferencias estadísticamente significativas de este parámetro durante el estudio ( $p=0,032$ ), a los cinco años es similar al preoperatorio. Al inicio es de 12,80mmHg y a los cinco años de 12,40mmHg.

La PIOcc en el estudio Gorgun *et al.* (191) con ICRS tipo Keraring® disminuye durante los primeros tres meses y a partir de allí permanece estable hasta la última revisión a los dos años. El valor es de 12,18±2,29mmHg en el examen preoperatorio a 11,35±2,23 al finalizar el estudio.

Bamdad *et al.* (193) en el grupo a los que implantaron los ICRS MyoRing® apenas hay cambios en la PIOcc, pero en el grupo con Keraring® hay una reducción estadísticamente significativa ( $p=0,02$ ), la media pasa de 13,29±3,23mmHg en el preoperatorio a 10,43±1,63 al final del estudio. Los ICRS de tipo Ferrara utilizados en nuestro estudio y los Keraring® de Bamdad *et al.* (193) son de menor longitud de arco que los MyoRing®, ya que estos cuentan con 360°.

Nuestros resultados biomecánicos y de la PIOcc no concuerdan del todo con los encontrados por el resto de los autores, pero se debe tener en cuenta las diferencias entre los estudios como el tipo de ICRS implantados, la profundidad de implante o a la técnica utilizada.

En nuestro estudio preoperatoriamente los valores más altos de la PIOcc se encuentran en los grupos con K máxima inferior a 51,00D y superior a 56,70D y Q anterior preoperatoria superior a -0,50D. En cuanto a los ejes EC y ET la mediana más alta se observa cuando son perpendiculares.

En pacientes con K máxima inferior a 51,00D la PIOcc aumenta, entre 51,00D y 56,75D se mantiene igual y en superiores a 56,70D disminuye. En cambio, al dividirlos según la Q, en inferiores a -0,50 se mantiene igual, cuando está entre -0,50 y +0,50 aumenta y cuando es superior a +0,50 se reduce

Con estos resultados se puede decir que no se observa relación entre el estado de la ectasia y la PIOcc.

Dada la disparidad de resultados, para determinar su papel y analizar las consecuencias sobre la biomecánica corneal en córneas ectásicas tras el implante de ICRS, es necesario realizar más estudios. Para una mejor y completa comprensión de cómo los ICRS modifican la biomecánica corneal es necesario un mayor conocimiento de las bases anatomopatológicas de las ectasias corneales.

### 6.7 DIFERENCIAS SEGÚN EL NÚMERO DE ICRS IMPLANTADOS

Si se dividen los ojos de los pacientes intervenidos según el número de ICRS implantados, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los grupos, pero sí que se observa disparidad en la evolución de los parámetros. En la AVcc, preoperatoriamente ambos grupos cuentan con valores similares, 0,15logMAR en el grupo con un ICRS y 0,17logMAR en el de los pacientes con dos ICRS. A los cinco años de haber introducido los ICRS los pacientes con un ICRS obtienen una mejora mayor de la visión, la mediana es 0,09logMAR inferior al preoperatorio y en el grupo con dos ICRS 0,05logMAR.

La mejora de la AVcc en los pacientes a los que se les implanta un único ICRS en ectasias secundarias a LASIK se confirma en la literatura, indiferentemente de la técnica de implante empleada y la sección de los ICRS utilizados (138) (202) (166).

Hasmeni *et al.* en 2014 (138) implantaron ICRS tipo Intacs® mediante la técnica manual en veintiséis pacientes con ectasia post-LASIK. Al de un año de introducir los ICRS observaron una mejoría mayor en el en el grupo con un ICRS, 0,35logMAR mientras que en el grupo con dos fue de 0,10logMAR. Tunc *et al.* (166) también encontraron una mayor mejora al de un año de la AVcc en diez pacientes con ectasia secundaria a LASIK a los que se les implantó un único ICRS de tipo Keraring®, mediante la técnica manual. Sharma *et al.* (202) estudiaron las diferencias en treinta y dos ojos con queratocono y cinco con ectasia post-LASIK durante un año a los que se les implantaron ICRS tipo Intacs®, pero no se especifica la técnica de implante. A diecisiete de ellos se les implantó un único ICRS y a veinte dos ICRS. Tres ojos de pacientes con ectasia post-LASIK estaban en el grupo de un solo ICRS y dos en el grupo con doble ICRS. Se observa una mejora de la AVcc estadísticamente significativa ( $p < 0,01$ ) en los pacientes con un ICRS, de  $0,33 \pm 0,22$  a  $0,09 \pm 0,14$  mientras que en el grupo con dos ICRS no hay cambios.

En cuanto a los parámetros refractivos, el cilindro se reduce más en los pacientes con un ICRS, 1,13D a los cinco años de introducir los ICRS respecto al preoperatorio y en el grupo con dos ICRS 0,38D. En la esfera no se han encontrado diferencias en cuanto al número de ICRS implantados.

La longitud de arco media los segmentos utilizados en el grupo con un ICRS son de 164,44mm, los segmentos con longitud de arcos media (120°, 140° y 160°) o pequeños (90°) son más efectivos a lo hora de corregir astigmatismos. Biomecánicamente podría explicarse como que la tensión que se produce en el estroma es más general si los dos extremos del segmento están más cerca.

Hasmeni *et al.* en 2014 (138) observaron una mejoría mayor de la esfera en pacientes a los que se les implantaban dos ICRS que los que llevaban uno único. Sin embargo, la reducción del astigmatismo fue mayor en pacientes con un ICRS. En el estudio de Sharma *et al.* (202), también experimentaron una mayor reducción del cilindro en los pacientes con un ICRS, 1,62D frente a 0,51D en el grupo con dos ICRS. Las diferencias de los estudios de Hasmeni *et al.* (138) y Sharma *et al.* (202) respecto a nuestro estudio pueden estar asociadas a que los ICRS utilizados eran de sección hexagonal, mientras que nuestros resultados son para ICRS de tipo triangular.

En cambio, para Tunc *et al.* (166) el cambio del cilindro fue mayor en el grupo con dos ICRS, pasó de  $-6,25 \pm 2,59D$  a  $-1,71 \pm 0,74D$ , mientras que en el grupo con un ICRS de  $-3,95 \pm 1,69D$  a  $-1,15 \pm 0,60D$ . El cilindro era superior preoperatoriamente en los ojos con dos ICRS, pero sin ser estadísticamente significativo ( $p=0,011$ ). El cambio en la esfera también es mayor en el grupo con un ICRS. El valor del cilindro en los pacientes de Tunc *et al.* (166) es superior al que presetaban nuestros pacientes y los de Hasmeni *et al.* (138) preoperatoriamente, lo que puede ser la causa de la diferencia en los resultados.

En cuanto a los valores queratométricos únicamente se encuentran diferencias entre los dos grupos en la K máxima. Los pacientes a los que se les han implantado dos ICRS obtienen mayores cambios en K máxima, la mediana se reduce 6,70D, mientras que en el grupo con un ICRS 1,60D. En el grupo con un ICRS el valor queratométrico disminuye gradualmente durante los cinco años de estudio, pero se encuentra una recidiva de 3,10D en la última revisión.

Sharma *et al.* (202) no estudiaron la diferencia de la K máxima, pero en K2 anterior observaron mayores cambios en el grupo con un solo ICRS, 2,76D y en el grupo con dos ICRS 0,93D. En nuestro estudio el K2 de los pacientes a los que se les implantó un único ICRS, el cambio es de 2,60D y en los que llevaban dos de 2,40D. Para Tunc *et al.* (166) la media de K media anterior preoperatoria era superior en el grupo con dos ICRS y fue este grupo también quién más varió su valor al final del estudio, 9,25D frente a 3,60D que varió el grupo con un ICRS. Esa diferencia entre los estudios puede estar asociada a que los pacientes de Sharma *et al.* (202) llevaban ICRS tipo Intacs® los cuales tienen una zona óptica de 7,00mm y su sección es hexagonal mientras que en el nuestro y en el de Tunc *et al.* (166) se utilizan ICRS de sección triangular y una zona óptica de 5,00 y 6,00mm. En el estudio de Utine *et al.* (169) no encontraron correlación entre el número de ICRS implantados con los parámetros topográficos.

El implante de un único ICRS genera más cambios en la aberración esférica y el coma vertical tanto anterior como posterior que dos ICRS. La aberración esférica anterior aumenta 1,11 $\mu$ m en los pacientes con un ICRS y el de dos 0,20 $\mu$ m y en la cara posterior en el primer grupo 1,50 $\mu$ m y en el segundo 0,38 $\mu$ m. A los cinco años el valor del coma vertical anterior se ha vuelto 5,94 $\mu$ m más negativo en el grupo de un solo ICRS, y 1,93 $\mu$ m en el de dos ICRS y el posterior 16,04 $\mu$ m en el primer grupo y 8,42 $\mu$ m en el segundo.

Implantar dos ICRS produce mayor efecto en la cara anterior en el trefoil 1 y 2. En el grupo con un ICRS el cambio en el trefoil 1 es de 0,16 $\mu$ m y en el grupo con dos 1,04 $\mu$ m en la última revisión respecto al preoperatorio y en el trefoil 2 el primer grupo la diferencia es de 0,2655 $\mu$ m y en el segundo 0,92 $\mu$ m.

En la cara posterior un mayor efecto de dos ICRS se observa en el coma horizontal posterior. En los dos grupos se vuelve más positiva esta aberración, en el grupo con un ICRS el cambio es de 1,07 $\mu$ m, y en los pacientes con dos ICRS es de 4,42 $\mu$ m.

Entre los valores morfológicos se observa una influencia del número de ICRS implantados en la paquimetría corneal y el volumen corneal, en ambos parámetros hay una reducción mayor en pacientes con un ICRS. En el grupo de un ICRS se observa una disminución progresiva de  $24\mu\text{m}$  del espesor corneal durante los cinco años y en el grupo con dos de  $9\mu\text{m}$ . En los pacientes con un ICRS al final del estudio el volumen de la córnea se ha reducido  $4,70\text{mm}^3$ , y en el de dos ICRS  $1,40\text{mm}^3$ .

En los parámetros biomecánicos se encuentran diferencias en la CH, que experimenta una mayor reducción en los pacientes con dos ICRS. El valor de CH a los cinco años de haber introducido los segmentos el valor es igual al preoperatorio en el grupo con un ICRS, en los pacientes con dos ICRS el último examen la mediana de la CH es  $1,10\text{mmHg}$  inferior al preoperatorio. Debido a estos resultados contradice que la fibrosis alrededor de los ICRS es el causante de los valores obtenidos de CH ya que en el caso de haber dos ICRS hay mayor fibrosis y en cambio lo que ocurre es que se reduce más el valor.

Una importante razón que puede explicar la variabilidad entre los estudios, incluso utilizando el mismo tipo de segmentos de ICRS y mediante la misma técnica de implante, es la variedad de nomogramas utilizados.

### 6.8 REGRESIÓN

El objetivo de los ICRS es generar un aplanamiento en la zona más curvada de la córnea para así poder regularizar la superficie corneal. En nuestros resultados se observa un aplanamiento inicial de todos los parámetros topográficos, pero en todos ellos, menos en la Q de la cara posterior, hay una regresión al final del estudio. La recidiva es mayor cuando más curvada es la córnea preoperatoriamente. Al analizar los valores queratométricos más curvos de ambas caras, se observa una recidiva del valor de K máxima en veintidós (84,16%) de los veintiséis ojos que se han evaluado. A pesar de la regresión nueve (34,61%) de ellos se mantienen en valores inferiores al preoperatorio cinco años después de haber introducido los ICRS, en tres ojos (11,56%) K máxima vuelve a obtener valores preoperatorios y en diez ojos (38,46%) supera el valor preoperatorio.

En cuanto a K2 de la cara anterior la regresión se observa en veinte ojos (75,92%), en dieciséis (61,53%) a pesar de haber recidivado el valor de K2 sigue siendo inferior al preoperatorio al final del estudio, dos ojos (7,69%) vuelven a obtener valores similares al preoperatorio y los dos restantes (7,69%) superarán el valor K2 inicial.

En el K2 de la cara posterior de la córnea se encuentra una recidiva en diecinueve ojos (73,07%), de los cuales dos (7,69%) se mantienen por debajo de preoperatorio, catorce (53,84%) vuelven a obtener valores preoperatorios y tres (11,56%) al final del estudio superan al valor inicial de K2 posterior.

Esta recidiva es consistente con la negativización observada en la esfera en el último examen del estudio y la regresión en el coma vertical. Con respecto al coma vertical es una de las manifestaciones aberrométricas más evidentes de la ectasia corneal debido a la asimetría topográfica entre la zona superior e inferior causada por la ectasia. Además, cualquier alteración de la topografía corneal induce cambios en el frente de onda corneal, los cuales a veces son más

detectables que los cambios topográficos (81) (76). En los resultados que se han obtenido en este estudio de los veintiséis ojos el coma vertical ha aumentado progresivamente en once ojos (42,30%) durante los cinco años. En catorce (53,84%) se encuentra una recidiva, tres (11,56%) de ellos se mantienen en valores inferiores al preoperatorio, uno (3,84%) se mantiene igual y los diez restantes (38,46%) superan el valor inicial de la aberración. En la cara posterior el coma vertical en nueve (34,61%) ojos ha aumentado gradualmente durante el estudio y en dieciséis (61,53%) hay una recidiva, y de este último grupo únicamente un paciente (3,84%) se mantiene en valores inferiores al preoperatorio.

En el estudio de Piñero *et al.* (171) también se observa una recidiva de los parámetros topográficos dos años después de haber implantado ICRS en córneas con ectasias secundarias a LASIK. Los casos en los que la regresión llegó ser estadísticamente significativa se les realizó Cross-Linking y se excluyeron del estudio.

La existencia de una recidiva en la mayoría de los ojos, podría sugerir que los ICRS no frenan la progresión de la ectasia asociada a LASIK. Por esa razón hoy en día en muchos casos los ICRS se combinan con Cross-linking, cuya función es endurecer la córnea para así frenar la progresión de la ectasia, y los ICRS se encargan de remodelar la córnea (203) (204).

## 6.9 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Una de las limitaciones de nuestro estudio es que al tratarse de una complicación asociada a LASIK extremadamente rara (25) (29) el tamaño de la muestra es relativamente pequeña, debido a la dificultad de encontrar pacientes con esta patología. Esto es especialmente patente en uno de los grupos de pacientes estudiados, en base a la diferencia entre el eje topográfico ET y comático EC perpendiculares, donde solamente se han evaluado dos pacientes.

Por otro lado, las limitaciones de este trabajo son las propias de los estudios retrospectivos. Para la realización de estudios de los que se puedan extraer conclusiones con una mayor evidencia científica, los estudios más adecuados son los prospectivos, ya que permiten un diseño inicial del estudio respecto a todas las variables que queremos analizar. Sin embargo, la realización de estudios prospectivos no siempre es fácil. En nuestro caso, decidimos realizar un estudio retrospectivo por su accesibilidad. Al realizar un estudio retrospectivo, nos asegurábamos de que no existía pérdidas de pacientes a lo largo del seguimiento.

Para la lectura de las medidas biomecánicas se han utilizado las proporcionadas por el ORA<sup>®</sup>, la CH y la CRF, cuya relación con las propiedades mecánicas estándar utilizadas para definir el comportamiento de cualquier estructura no es completamente entendido.

Además, durante la práctica clínica a pesar de que no haber estudios, se ha concluido que a la hora de tomar medidas con el ORA<sup>®</sup> la presencia del *flap* o colgajo dificulta la lectura de los parámetros biomecánicos. Hoy en día en la FOM se utiliza el Corvis ST para la medida de estos parámetros.

Por otro lado, no existen escalas para clasificar en grados las ectasias secundarias a LASIK. En el presente estudio hemos utilizado la AVcc debido a la gran dificultad para utilizar escalas como Amsler-Krumeich, que son utilizadas para los queratoconos.







## *7 CONCLUSIONES*

---



1. El implante de ICRS en córneas con ectasia secundaria LASIK proporciona resultados visuales, refractivos, topográficos y morfológicos satisfactorios.

Sin embargo, no son efectivos a la hora de reducir las aberraciones, salvo la aberración comática horizontal, ni para mejorar los parámetros biomecánicas corneales.

2. La mejora en la AVcc en ectasias corneales asociadas a LASIK, se relaciona de manera estadísticamente significativa con un aumento de la esfera, una reducción en el valor de los parámetros queratométricos de ambas caras (K1, K2 y K máxima) y una tendencia a cero en la Q de la cara anterior de la córnea. No se observa relación estadísticamente significativa de la mejoría de la AVcc con las aberraciones, salvo con el trefoil 2 de la cara anterior y el coma horizontal de la cara posterior de la córnea. Ambas aberraciones reducen su valor al mejorar la AVcc.

La mejora de la AVcc no se relaciona de manera estadísticamente significativa con los parámetros morfológicos y biomecánicos evaluados.

3. Existe una relación estadísticamente significativa del aplanamiento corneal observado en ambas superficies, en pacientes con ectasias asociada a LASIK, con una reducción de la aberración comática horizontal y el RMS comática de las dos caras de la córnea y la aberración esférica de la superficie posterior. El aplanamiento topográfico también se relaciona de manera estadísticamente significativa con los cambios observados en la paquimetría corneal mínima.

4. Implantar un único ICRS es más efectivo sobre la AVcc y el cilindro, pero aumenta el valor de la aberración esférica de la cara anterior y de la aberración comática vertical anterior y posterior. Sin embargo, implantar dos ICRS tienen más influencia sobre la K máxima, el trifoil 1 y 2 de la superficie anterior de la córnea, el coma horizontal de la cara posterior y provoca una disminución mayor en la CH que un solo ICRS.

5. El efecto de aplanamiento de los ICRS es superior cuanto mayor es la curvatura corneal preoperatoria.

6. El efecto de aplanamiento de los ICRS es superior cuanto la Q preoperatoria es más negativa.

7. El efecto de aplanamiento de los ICRS es superior cuanto mayor es la diferencia entre los ejes, ET y EC preoperatorios.



## *8 BIBLIOGRAFÍA*

---



1. Zheng T, Le Q, Hong J, Xu J. Comparison of human corneal cell density by age and corneal location: an in vivo confocal microscopy study. *BMC Ophthalmol.* 2016; 16 (109): p. 6878-6884.
2. Bonini, S, Rama P, Olzi D, Lambiase A. Neurotrophic keratitis. *Eye.* 2003; 17(8): p. 989–995.
3. Yang AY, Chow J, Liu J. Corneal innervation and sensation: the eye and beyond. *Yale J Biol Med.* 2018; 91(1): p. 13-21.
4. Patel S, Alio JL, Perez-Santonja JJ. Refractive index change in bovine and human corneal stroma before and after LASIK: a study of untreated and re-treated. *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2004; 45(10): p. 3523–3530.
5. Forrester JV, Aderhaut D, McMenemy PG, Lee WR. *Anatomy of the eye and orbit* Filadelfia, (USA): Wolter Kluger; 2002.
6. 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.* 2014; 9(3): p. 296–304.
7. Kalikivayi L, Ratheesan K, Kalikivayi V. Comparison of central corneal thickness in myopes, hyperopes and emmetropes of different age groups. *J Clin Ophthalmol.* 2018; 2(2): p. 96-100.
8. Arffa RG. *Enfermedades de la córnea.* En: Madrid: Ediciones Harcourt de España; 1999 p. 1-338.
9. Rüfer F, Schröder A, Erb C. White-to-white corneal diameter: normal values in healthy humans obtained with the Orbscan II topography system. *Cornea.* 2005; 24(3): p. 259-261.
10. Welsch U. *Sobotta Histología: Panamericana 3ªed;* 2014.
11. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M, Silverman RH, Coleman JD. Epithelial thickness in the normal cornea: three-dimensional display with very high frequency ultrasound. *J. Refract. Surg.* 2008; 24(6): p. 571-581.
12. Kruse FE. Stem cells and corneal epithelial regeneration. *Eye.* 1994; 8(2): p. 170-183.
13. Pauwlin W. *Ross Histología: Texto y Atlas. 8th ed: Wolters Kluger;* 2020.
14. Kamma-Lorger CS, Boote C, Hayes S, Moger J, Burghammer M, Knupp C, Quantock AJ, Sorensen T, Di Cola E, White N, Young RD, Meek KM. Collagen and mature elastic fibre organisation as a function of depth in the human cornea and limbus. *J. Struct. Biol.* 2010; 169(3): p. 424-430.
15. Meek KM, Knupp C. Corneal structure and transparency. *Prog Retin Eye Res.* 2015; 49: p. 1-6.
16. Peris-Martinez C, Del Buey MA. *Biomecánica y Arquitectura corneal: Sidecoi;* 2007.

17. Dua HS, Faraj LA, Said DG, Gray T, Lowe J. Human corneal anatomy redefined: a novel pre-Descemet layer (Dua's layer). *Ophthalmology*. 2013; 120(9): p. 1778-1785.
18. Srinivas SP. Dynamic Regulation of Barrier Integrity of the Corneal Endothelium. *Optom Vis Sci*. 2010; 87(4): p. 239–254.
19. Estrella-Velástegui PE, Vizcarra-Proano HS. Cuantificación de la severidad de las aberraciones de alto orden y de elevación de la cara posterior corneal mediante tomógrafo Scheimpflug/Plácido (Sirius®) en pacientes con diagnóstico de queratocono subclínico y manifiesto en la Clínica Oftálmica durante. *Rev Mex Oftalmol*. 2017; 91(1): p. 35-44.
20. Davidson AE, Hayes S, Hardcastle AJ, Tuft SJ. The pathogenesis of keratoconus. *Eye*. 2014; 28(2): p. 189–195.
21. Maldonado López MJ, Nieto Fernández JC. Topografía corneal y aberrometría. En *Oftalmología SEd*, editor. Tratamiento de la ectasia corneal. Madrid: McLine; 2007. p. 67-111.
22. Duncan JK, Esquenazi I, Weikert MP. New Diagnostics in Corneal. *International ophthalmology clinics*. 2017; 57(3): p. 63–74.
23. Barraquer RI, De Toledo MC, Torres E. Distrofia o queratopatía de la membrana basal epitelial. En: *Distrofias y degeneraciones corneales Atlas y texto*. En: Barcelona: Espax; 2004; 5: p.2-56.
24. Romero-Jiménez M, Santodomingo-Rubido J, Wolffsohn JS. Keratoconus: A review. *Contact Lens and Anterior Eye*. 2010; 33(4): p. 157-166.
25. Peris-Martínez C Menezo JL. Tratamiento de la ectasia corneal. En: Mesa redonda 83. Congreso oficial de la Sociedad Española Madrid; 2007 p. 155-168.
26. Panos GD, Hafezi F, Gatziofas Z. Pellucid marginal degeneration and keratoconus; differential diagnosis by corneal topography. *Cataract Refract Surg*. 2013; 39(6): p. 968.
27. Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol*. 1998; 42(4): p. 297-319.
28. Hammond SD Jr, Puri AK, Ambati BK. Quality of vision and patient satisfaction after LASIK. *Curr Opin Ophthalmol*. 2004; 15(4): p. 328-332.
29. Randelman JB. Post-laser in-situ keratomileusis ectasia: current understanding and future directions. *Curr Opin Ophthalmol*. 2006; 17(4): p. 406-412.
30. [www. Intralase.com](http://www.Intralase.com). [Online].
31. Zhang Y, Chen YG, Xia YJ. Comparison of corneal flap morphology using AS-OCT in LASIK with the WaveLight FS200 femtosecond laser versus a mechanical microkeratome. *J Refract Surg*. 2013; 29(5): p. 320-324.



32. Ahn H, Kim JK, Kim CK, Han GH, Seo KY, Kim EK, Kim TI. Comparison of laser in situ keratomileusis flaps created by 3 femtosecond lasers and a microkeratome. *J Cataract Refract Surg.* 2011; 37(2): p. 349-357.
33. Garcia-Gonzalez M, Gros-Otero J, Rodriguez-Perez I, Rodero A, Teus MA. Effect of age on visual and refractive results after LASIK: mechanical microkeratome versus femtosecond laser. *Int J Ophthalmol.* 2019; 12(3): p. 488–495.
34. Chen S, Feng Y, Stojanovic A, Jankov MR, Wang Q. traLase femtosecond laser vs mechanical microkeratomes in LASIK for myopia: a systematic review and meta-analysis. *J Refract Surg.* 2012; 28(1): p. 15-24.
35. Eldaly ZH, Abdelsalam MA, Hussein MS, Nassr MA. Comparison of laser in situ keratomileusis flap morphology and predictability by wavelight FS200 femtosecond laser and moria microkeratome: an anterior segment optical coherence tomography study. *korean j ophthalmol.* 2019; 33(2): p. 113–121.
36. <http://www.askdrash.com/refractive/lasik/femtosecond-laser-microkeratome/>. [Online].
37. Lavilla L. Biomecánica corneal en cirugía LASIK. Tesis doctoral. 2013.
38. Bohac M, Koncarevic M, Pasalic A, Biscevic A, Merlak M, N Gabric, Patel S. Incidence and clinical characteristics of post LASIK ectasia: A Review of over 30,000 LASIK Cases. *Seminars in Ophthalmology.* 2018; 37(7-8): p. 869–877.
39. Santhiago MR, Giacomini NT, Smadja D, Bechara SJ. Ectasia risk factors in refractive surgery. *Clinical Ophthalmology.* 2016; 10: p. 713–720.
40. Meghpara B, Nakamura H, Macsai M, Sugar J, Hidayat A, Yue BY, Edward DP. Keratectasia after laser in situ keratomileusis: a histopathologic and immunohistochemical study. *Arch Ophthalmol.* 2008; 126(12): p. 1655–1663.
41. Dawson DG, Randleman D, Grossniklau HE, O'Brien TP, Dubovy SR, Schmack I, Stulting D, Ederlhauser HF. Corneal ectasia after excimer laser keratorefractive surgery: histopathology, ultrastructure, and pathophysiology. *Ophthalmology.* 2008; 115(12): p. 2181–2219.
42. Kim H, Song IK, Joo CK. Clinicopathological case report. Keratectasia after laser in situ keratomileusis. *Ophthalmologica.* 2006; 220(1): p. 58-64.
43. Akhtar S, Alkatan H, Kirat, O, Almubrad T. Ultrastructural and three-dimensional study of post-LASIK ectasia cornea. *Microscopy research and technique.* 2014; 77(1): p. 91-98.
44. Argento C, Cosentino MJ, Tytiun A, Rapetti G, Zarate J. Corneal ectasia after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surgery.* 2001; 27(9): p. 1440–1448.
45. Peris-Martinez C, Alejandro-Alba N. Actualización en Queratocono Barcelona: Glosa; 2018.

46. Klein SR, Epstein RJ, Randleman JB, Stulting RD. Corneal ectasia after laser in situ keratomileusis in patients without apparent preoperative risk factors. *Córnea*. 2006; 25(4): p. 388–403.
47. Binder PS. Analysis of ectasia after laser in situ keratomileusis risk factors. *J. Cataract Refract. Surg.* 2007; 33(9): p. 1530–1538.
48. Santhiago MR, Smadja D, Gomes BF, Mello GR, Monteiro ML, Wilson SE, Randleman JB. Association between the percent tissue altered and post-laser in situ keratomileusis ectasia in eyes with normal preoperative topography. *Am J Ophthalmol.* 2014; 158(1): p. 87-95.
49. Guirao A. Theoretical elastic response of the cornea to refractive surgery: Risk factors for keratectasia. *J Refract Surg.* 2005; 21(2): p. 176-85.
50. Randleman JB, Dawson DG, Grossniklaus HE, McCarey BE, Edelhauser HF. Depth-dependent cohesive tensile strength in human donor corneas: implications for refractive surgery. *J Refract Surg.* 2008; 24(1): p. 85-89.
51. Rodríguez LA, Guillén PB, Benavides MA, Garcia L, Porras D, Daqui-Garay RM. Penetrating keratoplasty versus intraestromal conreal ring segments to correct bilateral corneal ectasia: Preliminary study. *J Cataract Refract Surg.* 2007; 33(3): p. 488-496.
52. Kymionis GD, Tsiklis NS, Pallikaris IG, Kounis G, Diakonis VF, Astyrakakis N. Long term follow-up of intacs for post-LASIK Corneal Ectasia. *Ophthalmology.* 2006; 113(11): p. 1909-1917.
53. Spadea L, Cantera E, Cortes M, Conocchia NE, Stewart CW. Corneal ectasia after myopic laser in situ keratomileusis: a long-term study. *Clin Ophthalmol.* 2012; 6: p. 1801-1813.
54. Seiler T, Quurke AW. atrogenic keratectasia after LASIK in a case of forme fruste keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 1998; 24(7): p. 1007–1009.
55. Padmanabhan P, Aiswatyah R, Abinaya Priya V. Post-LASIK keratectasia triggered by eye rubbing and treated with topography-guided ablation and collagen cross-linking-a case report. *Cornea.* 2012; 31(5): p. 575–580.
56. Reza Djodeyre M, Beltran J, Ortega J, Gonzalez F, Ruiz A, Baviera J. Long-term evaluation of eyes with central corneal thickness < 400  $\mu\text{m}$  following laser in situ keratomileusis. *Clinical Ophthalmology.* 2016; 10: p. 535.
57. Merayo J, Galarreta D. Biomecánica corneal. En: Peris C, Menezo JL. Tratamiento de la ectasia corneal. Mesa Redonda de la Sociedad Española de Oftalmología. En: MAC LINES; 2007 p. 49-57.
58. Kobayashi AS, Staberg LG, Schlegel WA. Viscoelastic properties of human cornea. *Exp Mech.* 1973; 13(12): p. 497-503.
59. Dawson DG, Ambrosio RJ, Lee WB. Corneal biomechanics: basic science and clinical applications. *Focal Point.* 2016; 14: p. 3–8.

60. Morishige N, Petroll M, Nishida T, Kenney C, Jester JV. Noninvasive corneal stromal collagen imaging using two-photon-generated second-harmonic signals. *J Cataract Refract Surg.* 2006; 32(11): p. 1784-1791.
61. Hay JG, Fung YG. The Biomechanics of Sports Techniques. *International Journal of Sport Biomechanics.* 1982; 12(1): p. 3-32.
62. Kirby MA, Pelivanov I, Song S, Ambrozinski L, Yoon SJ, Gao L, Li D, Shen TT, Wang RK, O'Donnell M. Optical coherence elastography in ophthalmology. 2017. ; 22(12): p. 1-28.
63. Ma J, Wang Y, Wei P, Jhanji V. Biomecánica y estructura de la córnea: implicaciones y asociación con trastornos corneales. *Surv Ophthalmol.* 2018; 63(6): p. 851–861.
64. Shah S, Laiquzzaman M, Bhojwani R, Mantry S, Cunliffe I. Assessment of the biomechanical properties of the cornea with the ocular response analyzer in normal and keratoconic eyes. 2007; 48(7): p. 3026-3031.
65. Dupp WS, Roberts C. Effect of Acute Biomechanical Changes on Corneal Curvature After Photokeratectomy. *J Refract Surg.* 2001; 17(6): p. 658-669.
66. Fontes BM, Ambrósio Jr R, Velarde GC, Nosé W. Corneal biomechanical evaluation in healthy thin corneas compared with matched keratoconus cases. *Arq. Bras. Oftalmol.;* 74(1): p. 13-16.
67. Merayo-Llodes J, Pérez-Merino P, Cortés N, Galarreta D. Conceptos actuales en biomecánica corneal. en técnicas de moldeado corneal desde la ortoqueratología hasta el cross-linking. Madrid: SECOIR; 2009. p. 35-44.
68. Peris-Martínez C, Aviño-Martínez J. Ectasias corneales postquirúrgicas. ¿La medida de la biomecánica corneal aporta algo? Del Buey MA, Peris-Martínez C. *Biomecánica y arquitectura corneal.* Madrid: Elsevier; 2014. p. 185-196.
69. Young LK, Liversedge SP, Love GD, Myers RM, Smithson HE. Not all aberrations are equal: Reading impairment depends on aberration type and magnitude. *Journal of Vision.* 2011; 11(13): p. 1-19.
70. Oliveira CM, Ferreira A, Franco S. Wavefront analysis and Zernike polynomial decomposition for evaluation of corneal optical quality. *J Cataract Refract Surg.* 2012; 38(2): p. 343–356.
71. Yekta A, Hashemi H, Ostadimoghaddam H, Hadizadeh M, Rafati S, Doostdar A, Khabazkhoob M. Anterior and posterior corneal higher-order aberrations in early diagnosis and grading of keratoconus. *Clinical and Experimental Optometry.* 2022: p. 1-8.
72. Oie Y, Maeda N, Kosaki R, Suzaki A, Hirohara Y, Mihashi T, Horii Y, Inoue T, Nishida K, Fujikado T, Tano Y. Characteristics of ocular higher-order aberrations in patients with pellucid marginal corneal degeneration. *J Cataract Refract Surg.* 2008; 34(11): p. 1928-1934.

73. Liu TX, Chen YT, Dan TT, Shi R, Linghu SR, Li HX. Four-year follow-up of corneal aberrations and visual functions of myopic patients after laser in situ keratomileusis. *Pak J Med Sci.* 2015; 31(6): p. 1453–1456.
74. Wang J, Ren Y, Liang K, Jiang Z, Tao L. Changes of corneal high-order aberrations after femtosecond laser-assisted in situ keratomileusis. *Medicine.* 2018; 97(18): p. 1-7
75. Kamiya K, Umeda K, Igarashi A, Ando W, Shimizu K. Factors influencing the changes in coma-like aberrations after myopic laser in situ keratomileusis. *Curr Eye Res.* 2011; 36(10): p. 905-909.
76. Benito A. Evolución temporal de las aberraciones del ojos tras cirugía refractiva LASIK. Tesis doctoral. 2010.
77. Le Grand Y, El Hage SG. *Physiological optics: Springer-Verlag* 13ª ed; 2013.
78. Taberero de Paz JF. Estudio de las fuentes de aberraciones en el ojo humano: aplicaciones en lentes intraoculares. Tesis doctoral. 2007.
79. Gross H. *Handbook of Optical Systems: Wiley-VCH*; 2008.
80. Arba-Mosquera S, Verma S, McAlinden C. Centration axis in refractive surgery. *Eye Vis.* 2015; 2(1): p. 1-16.
81. Lu F, Wu J, Shen Y, Qu J, Wang Q, Xu C, Chen S, Zhou X, He JC. On the compensation of horizontal coma aberrations in young human eyes. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2008; 28(3): p. 277-282.
82. Al-Zeraid FM, Osuagwu UL. Induced Higher-order aberrations after Laser In Situ Keratomileusis (LASIK) Performed with Wavefront-Guided IntraLase Femtosecond Laser in moderate to high Astigmatism. *BMC Ophthalmology.* 2016; 16(29): p. 1-11.
83. Arba-Mosquera S, Ewering T. New asymmetric centration strategy combining pupil and corneal vertex information for ablation procedures in refractive surgery: theoretical background. *J Refract Surg.* 2012; 28(8): p. 567–575.
84. Kamiya K, Umeda K, Igarashi A, Ando W, Shimizu K. Factors influencing the changes in coma-like aberrations after myopic laser in situ keratomileusis. *Current Eye Research.* 2011; 36(10): p. 905–909.
85. Dong Z, Zhou X, Wu J, Zhang Z, Li T, Zhou Z, Zhang S, Li G. Small incision lenticule extraction (SMILE) and femtosecond laser LASIK: comparison of corneal wound healing and inflammation. *Br J Ophthalmol.* 2014; 98(2): p. 263–269.
86. Bühren J, Nagy L, Yoon G, MacRae S, Kohnen T, Huxlin KR. The effect of the asphericity of myopic laser ablation profiles on the induction of wavefront aberrations. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2010; 51(5): p. 2805–2812.

- 
87. Zhang J, Zheng L, Zhao X, Sun Y, Feng W, Yuan M. Corneal aberrations after small-incision lenticule extraction versus Q value-guided laser-assisted in situ keratomileusis. *Medicine (Baltimore)*. 2019; 98(5).
  88. Hiatt JA, Wachler BS, Grant C. Hiatt JA, Wachler BS & Grant C. Reversal of laser in situ keratomileusis-induced ectasia with intraocular pressure reduction. *J. Cataract Refract Surg*. 2005; 31(8): p. 1652-1655.
  89. Lam K, Rootman DB, Lichtinger A & Rootman DS. Post-LASIK ectasia treated with intrastromal corneal ring segments and corneal crosslinking. *Digit J Ophthalmol*. 2013; 19(1): p. 1-5.
  90. Choi HJ, Kim MK & Lee JL. Optimization of contact lens fitting in keratectasia patients after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*. 2004;(30): p. 1057-1066.
  91. O'Donnell C, Welham L & Doyle S. Contact lens management of keratectasia after laser in situ keratomileusis for myopia. *Eye Contact Lens*. 2004;(30): p. 144-146.
  92. González-Méijome JM, Jorge J, de Almeida JB, Parafita MA. Soft contact lenses for keratoconus: case report. *Eye Contact Lens*. 2006; 32(3): p. 143-147.
  93. Thibos LN, Cheng X, Bradley A. Design principles and limitations of the wave front guided contact lenses. *Eye Contact Lens*. 2003; 29(1): p. 167-170.
  94. Romero-Jiménez M, Santodomingo-Rubido J, Wolffsohn JS. Keratoconus: a review. *Cont Lens Anterior Eye*. 2010; 33(4): p. 157-166.
  95. Romero-Jiménez M, Santodomingo-Rubido J, Flores-Rodríguez P, González-Méijome JM. Short-term corneal changes with gas-permeable contact lens wear in keratoconus subjects: a comparison of two fitting approaches. *J Optom*. 2015; 8(1): p. 48-55.
  96. Tighe BJ. A decade of silicone hydrogel development: surface properties, mechanical properties, and ocular compatibility. *Eye Contact Lens*. 2013; 39(1): p. 4-12.
  97. Carracedo G, Blanco M, Martín-Gil A, Zicheng, W, Alvarez-Carballo J, Pintor J. Short-term Effect of scleral lens on the dry eye biomarkers in keratoconus. *Optom vis Sci*. 2016; 93(2): p. 150-157.
  98. Porcar E, España E, Montalt JC, Benlloch-Fornés JI, Peris-Martínez C. Post-LASIK visual quality with a corneoscleral contact lens to treat irregular corneas. *Eye, Contact Lens*. 2017; 43(1): p. 46-50.
  99. Van der Worp E. A guide to scleral lens fitting. Pacific university. Oregon. [Online].2010: p. 2-3
  100. Montalt JC, Porcar E, España-Gregori E, Peris-Martínez C. Corneal Biomechanical Parameters With Corneoscleral Contact Lenses in Post-Laser in Situ Keratomileusis Eyes. *Eye, Contact Lens*. 2018; 44: p. 65-69.

101. Vincent SJ, Alonso-Caneiro D, Collins MJ. The temporal dynamics of minislcleral contact lenses: Central corneal clearance and centration. *Contact Lens and Anterior Eye*. 2018; 41(2): p. 162-168.
102. Hastings GD, Applegate RA, Nguyen LC, Kauffman MJ, Hemmati RT, Marsack JD. Comparison of wavefront-guided and best conventional scleral. *Optom Vis Sci*. 2019; 96(4): p. 238-247.
103. Carracedo G, Gonzalez-Meijome JM, Lopes-Ferreira D, Carballo Álvarez J, Batres Valderas L. Clinical performance of a new hybrid contact lens for keratoconus. *Eye Contact Lens*. 2014; 40(1): p. 2-6.
104. Kymionis GD1, Diakonis VF, Kalyvianaki M, Portaliou D, Siganos C, Kozobolis VP, Pallikaris AI. One-year followup of corneal confocal microscopy after corneal cross-linking in patients with post laser in situ keratomileusis ectasia and keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2009; 147(5): p. 774-778.
105. Hirji N, Sykakis E, Lam FC, Petrarca R, Hamada S, Lake D. Corneal collagen crosslinking for keratoconus or corneal ectasia without epithelial debridement. *Eye*. 2015; 29(6): p. 764–768.
106. Vinciguerra P, Albè E, Trazza S, Rosetta P, Vinciguerra R, Seiler T, Epstein D. Refractive, topographic, tomographic, and aberrometric analysis of keratoconic eyes undergoing corneal cross-linking. *Ophthalmology*. 2009; 116(3): p. 369-378.
107. Aldahlawi NH, Hayes S, O'Brart DP, Meek KM. Standard versus accelerated riboflavin-ultraviolet corneal collagen crosslinking: Resistance against enzymatic digestion. *J Cataract Refract Surg*. 2015; 41(9): p. 1989-1996.
108. Wollensak G, Wilsch M, Spoerl E, Seiler T. Collagen fiber diameter in rabbit cornea after collagen crosslinking by riboflavin/UVA. *Cornea*. 2004; 23(5): p. 503-507.
109. Mencucci R, Marini M, Paladini I, Sarchielli E, Sgambati E, Menchini U, Vannelli GB. Effects of riboflavin/UVA corneal cross-linking on keratocytes and collagen fibres in human cornea. *Clin Exp Ophthalmol*. 2010; 38(1): p. 49-56.
110. Angunawela RI, Arnalick-Montiel F, Allan BD. Peripheral sterile corneal infiltrates and healing after collagen crosslinking for keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2009; 35(3): p. 606-607.
111. Arora R, Jain P, Gupta D & Goyal JL. Sterile keratitis after corneal collagen crosslinking in a child. *Contact Lens Anterior Eye*. 2012; 35(5): p. 233-135.
112. Yuksel N, Yuksel E. Complications of Corneal Collagen Cross-Linking: Literature Review. *Tip Arastirmalari Dergisi*. 2014; 12(2): p. 97-102.
113. Abbouda A, Abicca I, Alió L. Infectious keratitis following corneal crosslinking: a systematic review of reported cases: management, visual outcome and treatment proposed. *Semin Ophthalmol*. 2014; 31(5): p. 1-7.

114. Kymionis GD, Bouzoukis DI, Diakonis VF, Portaliou DM, Pallikaris AI, Yoo SH. Diffuse lamellar keratitis after corneal cross-linking in a patient with post-laser in situ keratomylusis ectasia. *J Cataract Refract Surg.* 2007; 33(12): p. 2135-2137.
115. Kruneich JH, Brand-Saberi B, Chankiewitz V. Induction of neoplasia after deep anterior lamellar keratoplasty in CXL-treated cornea. *Cornea.* 2014; 33(3): p. 313-316.
116. Rodriguez MM, McCarey BE, Waring GO, Hidayat AA, Kruth HS. Lipid deposits posterior to impermeable intracorneal lenses in rhesus monkeys: clinical, histochemical, and ultrastructural studies. *Refract Corneal Surg.* 1990; 6(1): p. 32-37.
117. Barraquer JL. Queratoplastia refractiva. En: *Barc: Estud Inform Oftalmol*; 1949; 10: p. 2-21
118. Colin J, Cochener B, Savary G, Malet F. Correcting keratoconus with intracorneal rings. *J Cataract Refract Surgery.* 2000; 26(8): p. 1117-1122.
119. Lai MM, Tang M, Andrade EM, Li Y, Khurana RN, Song JC, Huang D. Optical coherence tomography to assess intrastromal corneal ring segments depth in keratoconic eyes. *J.Cataract Refract Surg.* 2006; 32(11): p. 1860-1865.
120. Carrasquillo KG, Rand J, Talamo JH. Intacs for keratoconus and post-LASIK ectasia: mechanical versus femtosecond laser-assisted channel creation. *Cornea.* 2007; 26(8): p. 956-962.
121. Rabinowitz YS, Li X, Ignacio TS, Menguen E. Intacs inserts using femtosecond laser compared to mechanical spreader in the treatment of keratoconus. *J Refract Surg.* 2006; 22(8): p. 764-771.
122. Monteiro T, Alfonso JF, Freitas R, Franqueira N, Faria-Correia F, Ambrósio R, Madrid-Costa D. Comparison of clinical outcomes between manual and femtosecond laser techniques for intrastromal corneal ring segment implantation. *European Journal of Ophthalmology.* 2020; 30(6): p. 1246-1255.
123. Piñero DP, Alió JL, El Kady B, Coskunseven E, Morbelli H, Uceda-Montanes A, Maldonado MJ, Cuevas D, Pascual I. Refractive and aberrometric outcomes of intracorneal ring segments for keratoconus: mechanical versus femtosecond-assisted procedures. *Ophthalmology.* 2009; 116(9): p. 1675-1687.
124. Güell JL, Morral M, Salinas C, MD, Elies D, Gris O. Intrastromal corneal ring segments to correct low myopia in eyes with irregular or abnormal topography including forme fruste keratoconus: 4-year follow-up. *Cat Ref Surg.* 2010; 36(7): p. 1149-1155.
125. Elies, D, Güell JL, Gris O, Montes D. Intrastromal corneal ring segment implantation for irregular astigmatism after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2012; 38(5): p. 912-914.
126. Barraquer JL. Modification of refraction by means of intracorneal inclusions. *Int Ophthalmol Clin.* 1966; 6(1): p. 53-78.

127. Blavatskaya ED. Intralamellar homoplasty for the purpose of relaxation of refraction of the eye. *Arch Soc Am Ophthalmol Optom.* 1968; 6: p. 311–325.
128. Ertan A, Colin J. Intracorneal rings for keratoconus and keratectasia. *J Cataract Refract Surg.* 2007; 33(7): p. 1302-1014.
129. Silvestrini TA, Mathis ML, Loomas BE. A geometric model to predict the change in corneal curvature from the intraestromal corneal rings (ICR). *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1994; 35(4): p. 2023.
130. Piñero DP, Alio JL. Intracorneal ring segments in ectatic corneal disease - a review. *Clin Exp Ophthalmol.* 2010; 38(2): p. 154-167.
131. Ertan A, Kamburoğlu G, Akgün U. Comparison of outcomes of 2 channel sizes for intrastromal ring segment implantation with a femtosecond laser in eyes with keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2007; 33(4): p. 648-653.
132. Ruckhofer J, Stoiber J, Twa MD, Grabner G. Correction of astigmatism with short arc-length intraestromal ring segments: preliminary results. *Am academy ophthalmol.* 2003; 110(3): p. 516-524.
133. Jadidi K, Mosavi SA, Nejat F, Alishiri A. Complications of intrastromalcorneal ring implantation (Keraring 355) using a femtosecond laser for channel creation. *Int J Keratoconus Ectatic Corneal Dis.* 2014; 3(2): p. 53-56.
134. Sadoughi MM, Einollahi B, Veisi A, Zare M, Sedaghat M, Roshandel D, Einollahi N, Rezaei J. Femtosecond laser implantation of a 340-degree intrastromal cornealring segment in keratoconus: Short-term outcomes. *J Cataract Refract Surg.* 2017; 43(10): p. 1251-1256.
135. Tzelikis PF, Jácome AH, Rocha GA, Hida WT, Barbosa de Souza L. Clinical outcomes after femtosecond laser–assisted implantation of an intrastromal corneal ring segment with a 340-degree arc length in postkeratoplasty patients. *Journal of Cataract and Refractive.* 2020; 46(1): p. 78-85.
136. Rocha G, Ferrara de Almeida Cunha P, Torquetti Costa L, Barbosa de Sousa L. Outcomes of a 320-degree intrastromal corneal ring segment implantation for keratoconus: Results of a 6-month follow-up. *European Journal of Ophthalmology.* 2020; 30(1): p. 139-146.
137. Lovisoló CF, Fleming JF. Intracorneal ring segments for iatrogenic keratectasia after laser in situ keratomileusis or photorefractive keratectomy. *J Refract Surg.* 2002; 18(5): p. 535–541.
138. Hashemi H, Gholaminejad A, Amanzadeh K, Hashemi M, Khabazkhoob M. Single-segment and double-Segment INTACS for post-LASIK ectasia. *Acta Med Iran.* 2014; 52(9): p. 681-686.
139. Alió JL, Artola A, Hassanein A, Haroun H, Galal AO. One or 2 Intacs segments for the correction of keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2005; 31(5): p. 943–953.



140. Uceda-Montanes A, Tomás JD, Alió JL. Correction of severe ectasia after LASIK with intracorneal ring segments. *J Refract Surg.* 2008; 24(4): p. 408–413.
141. Piñero D, Alio J. Intracorneal ring segments in ectatic corneal disease—areview. *Clinical and Experimental Ophthalmology.* 2010; 38(2): p. 154–167.
142. Kouassi FX, Buestel C, Raman B, Melinte D, Touboul D, Gallois A, Colin J. Comparison of the depth predictability of intra corneal ring segment implantation by mechanical versus femtosecond laser-assisted techniques using optical coherence tomography (OCT Visante®). *J Fr Ophtalmol.* 2012; 35(2): p. 94-99.
143. Cochener B, Savary-LeFloch G, Colin J. Effect of intraestromal corneal ring segment shift on clinical outcome: one year results for low myopia. *J Cataract Refract Surg.* 2000; 26(7): p. 978-986.
144. Ortiz S, Pérez-Merino P, Alejandre N, Gamba E, Jimenez-Alfaro I, Marcos S. Quantitative OCT-based corneal topography in keratoconus with intracorneal ring segments. *Biomed opt express.* 2012; 3(5): p. 814-824.
145. Torquetti L, Berbel RF, Ferrara P. Long-term follow-up of intrastromal corneal ring segments in keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2009; 35(10): p. 1768-1773.
146. Ferrara P, Torquetti L. Intrastromal corneal ring segment implantation for ectasia after refractive surgery. *Cataract Refract Surg.* 2010; 36(6): p. 986-990.
147. Fernandez J, Peris-Martinez C, Pérez-Rueda A, Hamida-Abdelkader SM, Roig-Rever MJ, Piñero DP. Evaluation of a new nomogram for Ferrara ring segment implantation in keratoconus. *Int J Ophtalmol.* 2021; 14(9): p. 1371-1383.
148. Coskunseven E, Kymionis GD, Tsiklis NS, Atun S, Arslan E, Siganos CS, Jankov M, Pallikaris IG. Complications of intrastromal corneal ring segment implantation using a femtosecond laser for channel creation: a survey of 850 eyes with keratoconus. *Acta Ophthalmol.* 2011; 89(1): p. 54–57.
149. Bautista-Llamas MJ, Sánchez-González MC, López-Izquierdo I, López-Muñoz A, Gargallo-Martínez B, De-Hita-Cantalejo C, Sánchez-González JM. Complications and explantation reasons in intracorneal ring segments (ICRS) implantation: A Systematic Review. *J Refract Surg.* 2019; 35(11): p. 740-747.
150. Monteiro T, Alfonso JF, Franqueira N, Faria-Correira F, Ambrósio R Jr, Madrid-Costa D. Predictability of tunnel depth for intrastromal corneal ring segment (ICRS) implantation between manual or femtosecond laser: comparative Study. *J Refract Surg.* 2018; 34(3): p. 188-194.
151. Coskunseven E, Jankov MR II, Hafezi F, Atun S, Arslan E, Kymionis GD. Effect of treatment sequence in combined intrastromal corneal rings and corneal collagen crosslinking for keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2009; 35(12): p. 2084-2091.

152. Ruckhofer G, Stoiber J, Alzner E, Grabner G. One-year results of European multicenter study of intrastromal corneal ring segments: Part 2: complications, visual symptoms, and patient satisfaction. *J Cataract Refract Surg.* 2001; 27(2): p. 287-296.
153. Mulet ME, Pérez-Santonja JJ, Ferrer C, Alió JL. Microbial keratitis after intrastromal corneal ring segment implantation. *J Refract Surg.* 2010; 26(5): p. 364-369.
154. Mounir A, Radwan G, Farouk MM, Mostafa EM. femtosecond-assisted intracorneal ring segment complications in keratoconus: from novelty to expertise. *Clin Ophthalmol.* 2018; 12: p. 957-964.
155. Ibares-Frías L, Gallego P, Cantalapiedra-Rodríguez R, Merayo-Llodes J, Martínez-García MC. Clinical, refractive and histological reversibility of corneal additive surgery in deep stroma in an animal model. *Curr Eye Res.* 2016; 41(9): p. 1192-1201.
156. Colin J, Cochener B, Savary G, Malet F. Correcting keratoconus with intracorneal rings. *J Cataract Refract Surgery.* 2000; 26(8): p. 1117-1122.
157. Brenner LF, Alió JL, Vega-Estrada A, Baviera J, Beltrán J, Cobo-Soriano R. Indications for intrastromal corneal ring segments in ectasia after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2012; 38(12): p. 2117–2124.
158. Alió JL, Piñero DP, Alesón A, Teus A, Barraquer AI, Murta J, Maldonado MJ, Castro de Luna G, Guterrez R, Villa C, Uceda-Montanés A. Keratoconus-integrated characterization considering anterior corneal aberrations, internal astigmatism, and corneal biomechanics. *J Cataract Refract Surg.* 2011; 37(3): p. 552-568.
159. Luce DA. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. *J Cataract Refract Surg.* 2005; 31(1): p. 156-162.
160. Kotecha A. What biomechanical properties of the cornea are relevant for the clinician? *Surv Ophthalmol.* 2007; 52(6): p. 109-114.
161. Peris-Martínez C, Dualde-Beltrán C, Fernández-López E, Roig-Revert MJ, Hernández-Díaz M, Piñero DP. Effect of the variability in implantation depth of intracorneal ring segments using the femtosecond laser technology in corneal ectasia. *Eur J Ophthalmol.* 2020; 30(4): p. 668-675.
162. Binder PS, Lindstrom RL, Stulting RD, Donnfeld E, McDonnell P, Rabinowitz Y. Keratoconus and corneal ectasia after LASIK. *J Cataract Refract Surg.* 2005; 31(11): p. 2035-2038.
163. Nejat N, Naderia M, Janani L, Aghamolaei H, Mosavi SA, Jadidi K. Clinical outcomes after continuous intracorneal ring implantation in post-LASIK ectasia: long-term follow-up. *Journal of Ophthalmic and Optometric Sciences.* 2017; 1(3): p. 13-19.
164. Daxer A, Misof K, Grabner B, Ettl A, Fratzl P. Collagen fibrils in the human corneal stroma structure and aging. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1998; 39(3): p. 644-648.

165. Yildirim A, Cakir H, Kara N, Hasim U. Long-term outcomes of intrastromal corneal ring segment implantation for post-LASIK ectasia. *Contact Lens and Anterior Eye*. 2014; 37(6): p. 469-472.
166. Tunc Z, Helacioglu F, Sencan S. Evaluation of intraestromal corneal ring segment for treatment of post-LASIK ecatsa patients with a mechanical implantation technique. *Indian Journal of ophtalmology*. 2011; 59(6): p. 437-443.
167. Alfonso JF, Torquetti L, Fernandez-Vega-Cueto L, Allan B, Poo-López A, Alfonso-Bartolozzi B, De la Cruz J, Monteiro T, Madrid-Costa D. Visual and tomographic outcomes of a 300° arc-length ICRS implantation in moderate to advanced central keratoconus. *J Refract Surg*. 2021; 37(4): p. 249-255.
168. Vega-Estrada A, Alio JL, Brenner LF, Javaloy J, Puche ABP, Barraquer RI, Uceda-Montanes A. Outcome analysis of intracorneal ring segments for the treatment of keratoconus based on visual, refractive, and aberrometric impairment. *Am J Ophthalmol*. 2013; 155(3): p. 575–584.
169. Utine CA, Ayhan Z, Eingin CE. Effect of intracorneal ring segment implantation on corneal asphericity. *Int J Ophthalmol*. 2018; 11(8): p. 1303-1307.
170. Guarnieri FA, Ferrara P, Toquetti L. Biomechanics of Additive surgery: intra corneal rings. *En Corneal Biomechanis and Refractive Surgery*; 2015. p. 73-107.
171. Piñero DP, Alio JL, Uceda-Montanes A, El Kady B, Pascual I. Intracorneal ring segment implantation in corneas with post-laser in situ keratomileusis keratectasia. *American Academy of Ophthalmology*. 2009; 119(9): p. 1665-1667.
172. Peris-Martínez C, Aviñó Martínez JA, Pastor Pascual F. Técnica quirúrgica de implantación de segmentos intracorneales asistida con láser de femtosegundo: ventajas e inconvenientes. En J. C. Técnicas de modelado corneal: Desde la ortoqueratología hasta el cross-linking. 1st ed. Madrid: Sociedad Española de Cirugía ocular Implanto Refractiva; 2009. p. 309- 321.
173. Shabayek MH, Alió JL. Intrastromal Corneal Ring Segment Implantation by Femtosecond Laser for Keratoconus Correction. *Ophthalmology*. 2007; 114(9): p. 1643-1652.
174. Brenner LF, Alió JL, Vega-Estrada A, Baviera J, Beltran J, Cobo-soriano R. Indications for intrastromal corneal ring segments in ectasia after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*. 2012; 38(12): p. 2117–2124.
175. Guber I, McAliden C, Majo F, Bergin C. Identifying more reliable parameters for the detection of change during the follow-up of mild to moderate keratoconus patients. *Eye and Vision*. 2017; 4(1): p. 1-7.
176. Sadoughi MM, Einollahi B, Veisi A, Zare M, Sedaghat M, Roshandel D, Einollahi N, Rezaei J. Femtosecond laser implantation of a 340-degree intrastromal corneal ring segment in keratoconus: Short-term outcomes. *J Cataract Refract Surg*. 2017; 43(10): p. 1251-1256.

177. Vega-Estrada A, Alio JL. The use of intracorneal ring segments in keratoconus. *Eye and Vision*. 2016; 3(1): p. 1-7.
178. Reeves SW, Stinnett S, Adelman RA, Afshari NA. Risk factors for progression to penetrating keratoplasty in patients with keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2005; 140(4): p. 607-611.
179. Hasmeni H, Yazdani-Abyaneh A, Beheshtnejad A. Efficacy of Intacs intrastromal corneal ring segment relative to depth of insertion evaluated with anterior segment optical coherence tomography. *Middle East Afr J Ophthalmol*. 2013; 20(3): p. 234–238.
180. Tomikodoro A, Oshika T, Amano S, Higaki S, Maeda N, Miyata K. Changes in anterior and posterior corneal curvatures in keratoconus. *Ophthalmology*. 2000; 107(7): p. 1328-1332.
181. Muftuoglu O, Aydin R, Muftuoglu IK. Persistence of the cone on the posterior corneal surface affecting corneal aberration changes after intracorneal ring segment implantation in patients with keratoconus. *Cornea*. 2018; 37(3): p. 347-353.
182. Calossi A. Corneal asphericity and spherical aberration. *J Refract Surg*. 2007; 23(5): p. 505-514.
183. Peris-Martinez C, Hernandez-Diaz M, Roig-Revet MJ, Alfonso-Muchoz E, Montolío-Marzo S, Monsálvez-Romin D. Two-year follow-up of intracorneal ring segments implantation with keratoconus. *J Refract Surg*. 2021; 37(2): p.91-97
184. Alió JL, Shabayek MH. Corneal higher order aberrations: a method to grade keratoconus. *J Refract Surg*. 2006; 22(6): p. 539-545.
185. Marsack JD, Rozema JJ, Koppen C, Tassignon MJ, Applegate RA. Template-based correction of high-order aberration in keratoconus. *Optom Vis Sci*. 2013; 90(4): p. 324-34.
186. Bühren J, Kühne C, Kohnen T. Defining subclinical keratoconus using corneal first-surface higher-order aberrations. *Am J Ophthalmol*. 2007; 143(3): p. 381–389.
187. Beiko GH. The fundamentals of spherical aberration. *Cataract, Refractive Surgery Today Europe (CRST Europe)* Bryn Mawr Communications, LLC, USA. 2012: p. 61-63.
188. Gatinel D, Haouat M, Hoang-Xuan T. A review of mathematical descriptors of corneal. Beiko GH. The fundamentals of spherical aberration asphericity. *Journal Francais d'ophtalmologie*. 2002; 25(1): p. 81-90.
189. Manns F, Ho A, Parel JM, Culbertson W. Ablation profiles for wavefront guided correction of myopia and primary spherical aberration. *J Cataract Refract Surg*. 2002; 28(5): p. 766-774.
190. Saif MYS, Saeed MA, Mekky MA. Corneal higher order aberrations after intraestromal corneal ring segment implantation for keratoconus. *Delta Journal of Ophthalmology*. 2020; 21(1): p. 19-24.

191. Gorgun E, Kucumen RB, Yenerel NM. Influence of intrastromal corneal ring segment implantation on corneal biomechanical parameters in keratoconic eyes. *J Ophthalmol.* 2011; 55: p. 467-471.
192. Kammoun H, Piñero DP, Álvarez de Toledo J, Barraquer RI, García de Oteyza G. Clinical outcomes of femtosecond laser–assisted implantation of asymmetric icrs in keratoconus with no coincidence of topographic and comatic axes. *J Refract Surg.* 2021; 37(10): p. 693-701.
193. Bamdad S, Sedaghat MR, Yasemi M, Maalhigh M. Intracorneal Stromal Ring Can Affect the Biomechanics of Ectatic Cornea. *J Ophtalmol.* 2020; 2020.
194. De Luis Eguileor B, Arriola-Villalobos P, Pijoan Zubizarreta JI, Feijoo Lera R, Santamaria-Carro A, Diaz-Valle D, Etxebarria J. Multicentre study: reliability and repeatability of Scheimpflug system measurement in keratoconus. 2021; 105(1): p. 22-26.
195. Sánchez-Huerta V, De Wit-Carter G, Merit-Hernández K, Naranjo-Tackman R. Cambios endoteliales con el uso de segmentos intraestromales en pacientes con queratocono: mecánico vs láser de femtosegundos. *Rev Mex Oftalmol.* 2010; 84(2): p. 96-100.
196. Rho CR, Na KS, Yoo YS, Pandey C, Park CW, Joo CK. Changes in anterior and posterior corneal parameters in patients with keratoconus after intrastromal corneal-ring segment implantation. *Current Eye Research.* 2013; 38(8): p. 843–850.
197. Dauwe C, Touboul D, Roberts CJ. Biomechanical and morphological corneal response to placement of intrastromal corneal ring segments for keratoconus. 2009; 35(10): p. 1761-1767.
198. Piñero DP, Alio JL, Barraquer RI, Michael R. Corneal Biomechanical changes after intracorneal ring segment implantation in keratoconus. *Cornea.* 2012; 31(5): p. 491-499.
199. Zare MA, Mehrjardi HZ, Afarideh M, Bahrmandy H, Mohammadi SF. Visual, keratometric and corneal biomechanical changes after intacs SK implantation for moderate to severe keratoconus. *J Ophthalmic Vis Re.* 2016; 11(1): p. 17.
200. Dawson DG, Edelhaus HF, Grossnklaus HE. Long-term histopathologic findings in human corneal wounds after refractive surgical procedures. *Am J Ophtalmology.* 2005; 139(1): p. 168-178.
201. Maguen E, Rabinowitz YS, Regev L, Saghizadeh M, Sasaki T, Ljubimov AV. Alterations of extracellular matrix components and proteinases in human corneal buttons with INTACS for post-laser in situ keratomileusis keratectasia and keratoconus. *Cornea.* 2008; 27(5): p. 565-573.
202. Sharma M, Boxer Wachler BS. Comparison of single- segment and double-segment Intacs for keratoconus and post-LASIK ectasia. *Am J Ophthalmol.* 2006; 141(5): p. 891-895.

203. He C, Joergensen JS, Knorz MC, McKay KN, Zhang F. Three-step treatment of keratoconus and post-LASIK ectasia: implantation of ICRS, corneal cross-linking, and implantation of toric posterior chamber phakic IOLs. *J Refract Surg.* 2020; 36(2): p. 104-109.
204. Serpe CC, Mello GR, Seven I, Dupps Jr WJ, Santhiago MR. Results of intrastromal corneal ring segment implanted alone or combined with same-day corneal crosslinking and their correlation with preoperative corneal biomechanical strain from finite element analysis. *J Cataract Refract Surg.* 2021; 47(7): p. 916-926.







*9 PUBLICACIONES DERIVADAS DEL  
ESTUDIO*

---



**Aportaciones realizadas en congresos:**

- Álvarez-Arana I, Bueno-Gimeno I, Peris-Martínez, C. Tratamiento de ectasias asociadas a LASIK con anillos intraestromales. SIYO 2016
- Álvarez-Arana I, Bueno-Gimeno I, Peris-Martínez C. Treatment of corneal ectasia after LASIK with intraestromal rings. OPTOM MEETINIG 2017
- Álvarez-Arana I, Bueno-Gimeno I, Peris-Martínez, C. Caracterización del efecto de los anillos intraestromales en ectasias corneales secundarias a LASIK. OPTOM 2018
- Álvarez-Arana I, Bueno-Gimeno I, Peris-Martínez, C. Tratamiento de ectasias secundarias a LASIK mediante anillos intraestromales. OPTOM 2021

**Monografías:**

- Álvarez-Arana I, Bueno-Gimeno I, Peris-Martínez C. Tratamiento de ectasias asociadas a LASIK con anillos intraestromales En: Gené Sampedro A, Bueno Gimeno I, Sañudo Buitrago F. Temas actuales en Optometría. Congreso Internacional de Jóvenes Optometristas. SIYO. Valencia: Theprintparty SL; 2017;13: 105-114.

**Artículos de revista:**

- Peris-Martínez C, Bueno-Gimeno I, Alvarez-Arana I, Piñero DP, Gené-Sampedro A. Characterization of the effect of intracorneal ring segment in corneal ectasia after laser refractive surgery. Eur J Ophthalmol 2020; 30(1):125-131.



