



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

**Impacto de la pérdida endotelial tras cirugía de catarata en la
función visual**

**Impact of corneal endothelial cell loss after cataract surgery on
visual function**

Autora

Anahí Llundo Chango

Directoras

Gema Insa Sánchez
Diana Soriano Pina

**Facultad de ciencias / Óptica y optometría
2023/2024**

ÍNDICE

Abreviaturas.....	2
1. Introducción.....	3
1.1. Catarata.....	3
1.1.1. Epidemiología y prevalencia.....	4
1.1.2. Clasificación.....	4
1.1.3. Manifestaciones clínicas.....	5
1.2. Facoemulsificación.....	6
1.2.1. Pérdida de células endoteliales tras cirugía de cataratas	7
1.3. Pruebas exploratorias para la cirugía de catarata.....	9
2. Hipótesis.....	14
3. Objetivos.....	14
3.1 Objetivos principales.....	14
3.2 Objetivos secundarios.....	14
4. Metodología.....	14
4.1. Muestra.....	14
4.2. Protocolo exploratorio.....	15
4.2.1. Consulta preoperatoria.....	15
4.2.2. Consulta postoperatoria.....	16
4.3. Recogida de datos y análisis estadístico.....	17
5. Resultados.....	18
6. Discusión.....	22
7. Conclusiones.....	25
8. Bibliografía.....	26
9. Anexos.....	30

ABREVIATURAS

PIO: Presión intraocular

ECD: Densidad de células endoteliales

CV: Coeficiente de variación del tamaño celular

AV: Agudeza visual

HOA: Aberraciones de alto orden

LOA: Aberraciones de bajo orden

CCT: Grosor corneal central

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina

OCT: Tomografía de coherencia óptica

LIO: Lente intraocular

VL: Visión lejana

VP: Visión próxima

AE: Aberración esférica

SC: Sensibilidad al contraste

OD: Ojo derecho

OI: Ojo izquierdo

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Catarata

La catarata es una enfermedad que se produce por la opacificación del cristalino, lente biconvexa situada en el segmento anterior del ojo, entre el iris y el humor vítreo. El cristalino se caracteriza por su avascularidad y por carecer de terminaciones nerviosas. Además tiene funciones importantes tales como encargarse de la acomodación, mantener la transparencia y refractar la luz.

Cuando el cristalino envejece disminuye la capacidad de acomodar y su transparencia (*Figura 1*), esto hace que la lente se vuelva opaca y se produzca mayor o menor pérdida de visión dependiendo de la madurez de la catarata. [1]

El tratamiento para la catarata es quirúrgico y existen varias técnicas para realizarlo, la más indicada es la facoemulsificación, que consiste en la fragmentación del cristalino mediante ultrasonido. [2]

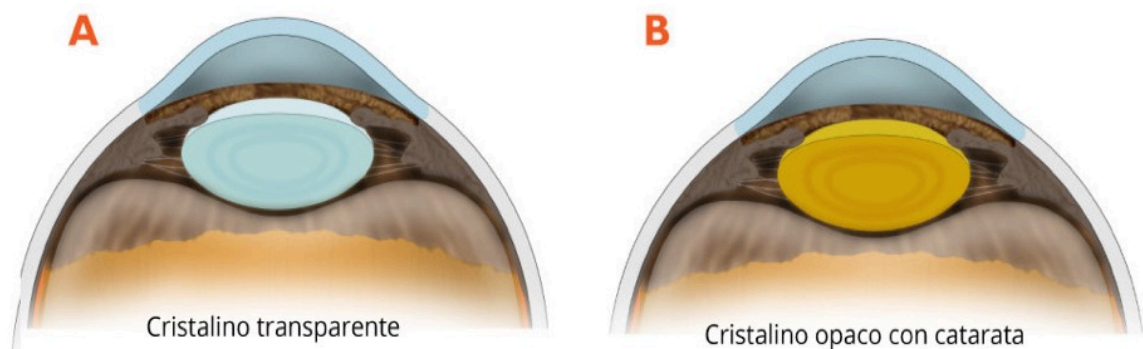


Figura 1. Cristalino transparente y opaco.

Como consecuencia del impacto que tiene la cirugía sobre las células endoteliales, las capas más anteriores de la córnea también podrían verse afectadas, por ello se debe valorar el espesor corneal con todas sus capas en conjunto antes y después de la intervención quirúrgica. Esta evaluación se puede realizar con biómetros ópticos como el IOL Máster o el Anterior, topógrafos, así como mediante la propia microscopía especular.

Mediante los resultados obtenidos de cada prueba se podrá valorar el impacto que la pérdida celular supone en la calidad visual del sujeto.

1.1.1. Epidemiología y prevalencia

La catarata es una enfermedad crónica asociada en la mayoría de los casos al proceso de envejecimiento, el aumento de la esperanza de vida ha provocado un aumento de la prevalencia de cataratas que afecta a una proporción creciente de la población. [3]

A nivel mundial se ha evidenciado que la catarata es la segunda causa de discapacidad visual y a su vez es la causa más frecuente de ceguera reversible en más del 50% de los casos. [4]

Según la OMS se observa que la prevalencia de cataratas aumenta con la edad, siendo alrededor del 50% para los mayores de 70 años [3]. Cabe destacar que la prevalencia de esta enfermedad afecta de diferente manera en cuanto al sexo, la edad y si es unilateral o bilateral.

Por una parte según diferentes estudios realizados afecta mayormente a las mujeres que a los hombres. Por otra parte, con respecto a la magnitud de la prevalencia de cataratas bilaterales, varios estudios señalan que existe una mayor proporción de personas que presentan cataratas en ambos ojos en el momento de la evaluación que en un solo ojo (unilateral). [4,5]

Así mismo, existe mayor prevalencia en regiones geográficas en la que es mayor la exposición a los rayos ultravioleta del sol, es por ello que el usar gafas de sol es una forma de prevenir la catarata ya que protege al ojo de las radiaciones nocivas. También existen otros factores de riesgo como son la exposición al tabaco, alcohol, índice de masa corporal, etc...[6]

1.1.2. Clasificación

Las cataratas se clasifican en función de su etiología, de la localización de la opacidad y de su madurez.

- Según su etiología se presentan como:
 - Congénitas: presentes en el nacimiento, producen alteraciones en el desarrollo del cristalino provocando una disminución progresiva de su transparencia. En esta situación el factor hereditario es dominante.
 - Adquiridas: en este tipo se producen alteraciones en las fibras del cristalino debido a varios factores como la senilidad, traumas oculares, alteraciones metabólicas, tóxicas, uveítis, lesiones complicadas de miopía, procesos sistémicos como la distrofia muscular y la diabetes. [7]
 - Traumáticas: consecuencia de un traumatismo, el cristalino se vuelve opaco debido a la ruptura de la cápsula o compromiso del parénquima [4]. Es más frecuente en los jóvenes y suele ser unilateral. Pueden estar originadas por un daño mecánico (traumatismos incisos y contusos) o por agentes físicos (radiación, electricidad y causticaciones), incluyéndose también las ocasionadas por daño quirúrgico en el transcurso de determinadas

intervenciones (implantes de lentes fáquicas, vitrectomía) y las debidas a los cambios osmóticos que tienen lugar en la diabetes. [8]

- Según la localización de la opacidad se clasifican en:
 - Catarata subcapsular: anterior si está por debajo de la cápsula del cristalino y posterior si está localizada frente a la cápsula. Se caracterizan por ser las más frecuentes en pacientes jóvenes, limitan la visión cercana, provoca deslumbramiento y empeora la visión en condiciones fotópicas. [9]
 - Catarata nuclear: localizada en el núcleo del cristalino. Producen miopización por lo que la visión lejana empeora debido a la miopización.
 - Catarata cortical: se caracteriza por la presencia de opacidades blancas en forma de radios que comienzan en el contorno del cristalino, rodeando al núcleo central y propagándose hacia al centro. [10]

- Según la madurez se encuentran:
 - Catarata inmadura: la opacidad no afecta a todo el cristalino por lo que existen zonas con alta transparencia.
 - Catarata madura: con aspecto de color blanco que afecta a todo el cristalino. En este caso la visión empeora considerablemente y el cristalino se hincha ya que absorbe líquido.
 - Catarata hipermadura: el líquido que contenía el cristalino sale y produce deshidratación, formándose arrugas en la cápsula anterior lo que da lugar a la opacidad. [10]

1.1.3. Manifestaciones clínicas

En la mayoría de los casos las cataratas no se pueden apreciar a simple vista por lo que es necesario el uso lámparas de hendidura que actúan como microscopios, sin embargo, en las cataratas más avanzadas se puede observar a través de la pupila debido a que el cristalino puede verse turbio o, incluso, marrón o blanco. [11]

Con el tiempo el cristalino va perdiendo sus características principales, pierde la transparencia, de ahí que se produzca la catarata, pierde elasticidad y con ello la capacidad de acomodación.

En cuanto a los síntomas y signos principales que aparecen con la evolución de la catarata son los deslumbramientos y la miopización, por lo que la agudeza visual mejora en cerca pero en lejos empeora.

Además las zonas del cristalino al verse afectadas, pueden hacer variar el poder dióptrico, lo que puede provocar visión doble e incluso provocar una disminución de la sensibilidad al contraste.

1.2. Facoemulsificación.

La Facoemulsificación es la técnica más utilizada en los países desarrollados en la que para llevarla a cabo se pone anestesia local. [12]

Consiste en abrir la cápsula anterior del cristalino utilizando una sonda ultrasónica y una aguja (*Figura 2*) que vibra rápidamente para poder aspirar a través de una pequeña incisión y no por una incisión amplia como se realizaba antiguamente, la cual se debía cerrar con suturas. La energía ultrasónica es suministrada por una corriente eléctrica que se transmite a través de una sonda manual, en la cual existen piezas eléctricas que vibran entre 29 - 60 Kilohertz. Esta rápida vibración hace que la aguja, al final de la sonda pueda oscilar rápidamente y actuar contra la masa opaca cristaliniana. [12]

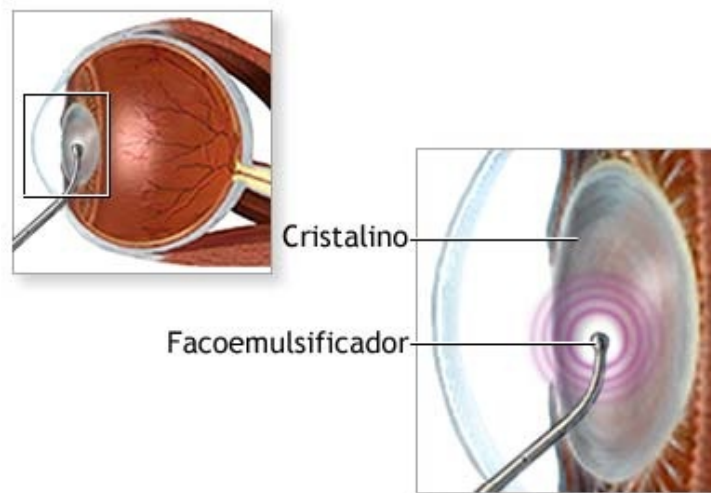


Figura 2: Imagen del Facoemulsificador.

La facoemulsificación se caracteriza y se diferencia de las demás ya que determina una menor incidencia de complicaciones de la herida, la recuperación es rápida y adelanta la rehabilitación visual gracias a su pequeña incisión. Además crea un sistema cerrado durante la facoemulsificación y la aspiración, controlando así la profundidad de la cámara anterior y protegiendo contra la presión del vítreo y la hemorragia coroidea. [13]

A pesar de las ventajas, esta técnica quirúrgica no está exenta de complicaciones, pueden presentarse durante el acto quirúrgico o después, por ello hay que observar periódicamente al paciente al que se le ha intervenido de cataratas. La Sociedad Española de Oftalmología recomienda la revisión al día siguiente, a la semana, al mes y al tercer mes de la operación. Una de las complicaciones corneales que se puede presentar después de la operación es el edema del estroma, del epitelio corneal o pérdidas de las células endoteliales (detalladas posteriormente). Suele obedecer a la combinación de traumatismo mecánico, cirugía prolongada, inflamación y elevación de la presión intraocular (PIO) que determina una descompensación endotelial aguda con aumento del espesor corneal. Los pequeños fragmentos nucleares retenidos en el ángulo de la cámara anterior contribuyen en ocasiones al edema persistente y localizado de la córnea. [13]

1.2.1. Pérdida de células endoteliales tras cirugía de cataratas

Una de las estructuras que más se ve comprometida en la cirugía de catarata es la córnea ya sea por la zona de incisión en la cirugía o por la pérdida celular del endotelio que esta técnica supone.

La córnea se caracteriza por ser el componente ocular con mayor poder dióptrico (43 D), por ser avascular, transparente y tener forma de elipse prolata. Está situada por delante de la esclerótica y unida a ella a través del limbo. [14]

Histológicamente está formada por 5 capas:

- Epitelio: capa más externa, escamosa y poliestratificada. Está en contacto con la película lagrimal y una de sus funciones más importantes es actuar de barrera ante el paso de diferentes fluidos. Según el estudio realizado por Ozmen y cols, es la zona de incisión para la cirugía y zona en la que su espesor se ve alterado a los pocos días tras la facoemulsificación. [15]
- Membrana de Bowman: estructura caracterizada por estar compuesta por colágeno y carecer de capacidad regenerativa. Se encarga de darle forma a la córnea gracias a su rigidez. [16]
- Estroma: capa media que constituye la mayor parte de la córnea, compuesta por fibras de colágeno. Se encarga de la síntesis de nuevas fibras del colágeno [16]
- Membrana de Descemet: aporta resistencia y elasticidad a la córnea [16]

Como se ha mencionado anteriormente, una de las partes más afectadas durante la cirugía de facoemulsificación es la córnea pero sobre todo las células endoteliales que se encuentran en la última capa de la córnea ([Figura 3](#)).

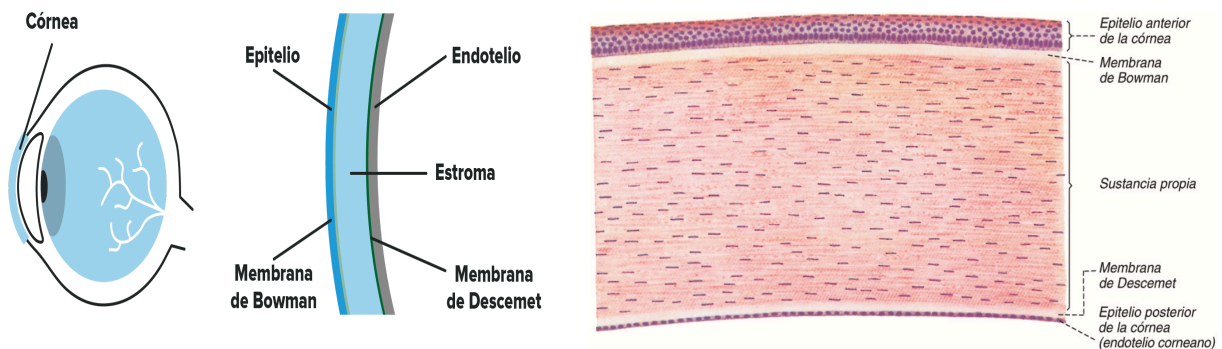


Figura 3. Capas de la córnea

- El endotelio corneal está compuesto por una monocapa de células hexagonales cuya función es la más importante ya que se encarga de mantener la transparencia de la córnea y actuar como una barrera entre el estroma corneal y el humor acuoso, limitando el paso de agua y solutos desde la cámara anterior al interior del estroma, los cuales traspasan al endotelio debido a los gradientes osmóticos y presión hidrostática.

En córneas jóvenes, la media de densidad celular se encuentra en torno a 3.500 células/mm². La densidad de células endoteliales necesaria para mantener la transparencia de la córnea está entre 400 y 700 células/mm². [17]

Las células no tienen capacidad regenerativa por lo que en caso de daño endotelial durante una cirugía de catarata, las células se restablecerán mediante migración y

aumento de tamaño de las células adyacentes, aumentando el coeficiente de variación del área celular (polimegatismo) y disminuyendo el porcentaje de células hexagonales (pleomorfismo). [17] Según un estudio de la Universidad Privada Antenor Orrego (Perú), se estima que tras la facoemulsificación se pierde alrededor de 341,63 cel/mm² y en relación al porcentaje de la variación de la densidad de células endoteliales corneales es de 14,16%. [18]

La pérdida de células endoteliales puede ocurrir por una combinación de factores relacionados con el procedimiento quirúrgico y la respuesta del ojo a la intervención. Estos factores incluyen:

- Manipulación mecánica: para la rotura de la catarata, en la cirugía se emplea energía de ultrasonido lo que genera calor y ondas de choque que pueden impactar en la córnea pero sobretodo en la capa más interna (endotelio) ya que está más próxima, especialmente si se aplica de manera prolongada o con alta energía. [19]. Además, el elevado calor que pueda emitir la sonda, puede dar lugar a una contracción del colágeno corneal dando lugar a una distorsión de la incisión. En el caso de que dicha incisión sea muy grande el paso siguiente sería cerrarla con una sutura.
- La falta de protección con viscoelástico durante la facoemulsificación.
- Exposición a soluciones irrigantes: durante el proceso quirúrgico se utilizan soluciones irrigantes para mantener la PIO, estas son diferentes tanto en su composición química, temperatura y osmolalidad y, por lo tanto, variarán en su capacidad de mantener viables las células endoteliales. [19]
- Manipulación de las lentes intraoculares (LIO): al momento de introducir y ajustar la LIO dentro del ojo podría rozar la córnea y dañar las células endoteliales.
- Tiempo de cirugía: las cirugías que tienden a durar más tiempo, aumentan el tiempo de exposición del endotelio a factores dañinos como el ultrasonido, el calor y las soluciones irrigantes, incrementando el riesgo de pérdida celular.

Una forma o manera de disminuir estos riesgos es aumentando los valores de aspiración, disminuyendo la energía ultrasónica y viscoelásticos cohesivos durante los procesos en los que más riesgo de obstrucción haya durante la cirugía. [19]

Durante la cirugía es importante tener cuidado de no producir daño corneal ya que al no tener las células endoteliales capacidad regenerativa podría dar lugar a patologías y afectar así a la calidad visual:

- Edema corneal: se asocia con la pérdida de células endoteliales. Las células endoteliales contienen bombas Na⁺/K⁺-ATPasa que utilizan oxígeno y energía para que la córnea se mantenga clara y transparente. Dichas bombas expulsan el líquido del estroma para que el contenido de agua, se mantenga por debajo del 78% [20], mientras que las uniones estrechas de las células endoteliales forman una barrera que impide que el líquido fluya en dirección a la córnea. Las células de alrededor se hacen más grandes y se extienden para cubrir el área que ha sido afectada, dando lugar a una menor densidad celular (ECD) y hexagonalidad, pero un mayor coeficiente de variación (CV) [20]. Causa hinchazón y opacidad de la córnea ([Figura 4](#)), lo que da lugar a visión borrosa. Los pacientes pueden percibir halos alrededor de las luces.

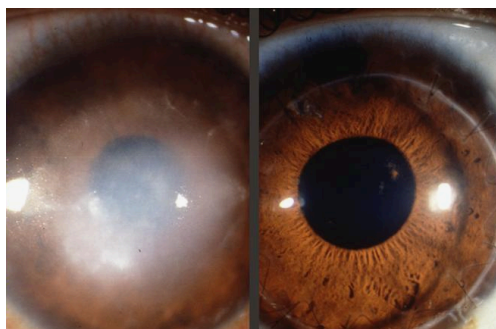


Figura 4. Edema corneal tras cirugía de catarata

- Distrofia Bulbosa: complicación severa y crónica donde se forman ampollas en la córnea debido al edema. Causa dolor, visión distorsionada o borrosa.
- Sensibilidad a la luz y deslumbramientos: la dispersión de la luz dentro del ojo aparece por el edema. Causa fotofobia y deslumbramientos sobre todo cuando las condiciones lumínicas son muy altas.
- Queratitis: aparece como respuesta inflamatoria del cuerpo a la cirugía. Puede causar dolor, enrojecimiento y disminución de la visión. [20]
- Astigmatismo: la alteración en la curvatura corneal debido a la incisión quirúrgica puede inducir astigmatismo, dando lugar a una visión distorsionada.

1.3. Pruebas exploratorias para la cirugía de catarata

El hecho de alterar la óptica del globo ocular introduciendo una LIO hace que sea aún más importante evaluar la salud visual al paciente antes y después de la cirugía con el objetivo de valorar posteriormente los cambios que se han podido producir a nivel visual. Cabe destacar que es necesario diferenciar entre las medidas que nos aportan información de la salud visual subjetiva y aquellas que nos permiten medirla de forma objetiva, empleando los dos tipos de formas de medición se podrán obtener resultados exactos y fiables de la calidad visual.

- Pruebas subjetivas:
 1. Agudeza visual (AV) y refracción subjetiva: se realiza utilizando el optotipo ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study) tanto para visión lejana como para visión próxima utilizando iluminación fotópica o mesópica ([Figura 5](#)). Este test se realiza con el objetivo de valorar la agudeza visual del paciente, la cual se define como la capacidad de resolver, reconocer o discernir detalles en los objetos en condiciones de alto contraste. En cuanto a la anotación de los resultados obtenidos se puede describir dependiendo del test en forma de fracción Snellen, en escala decimal o por el Logaritmo del Mínimo ángulo de resolución. Los resultados se obtienen en base a la percepción subjetiva del paciente.



Figura 5. Refracción subjetiva en visión lejana

2. Sensibilidad al contraste (SC): es la capacidad del sistema visual de discriminar un objeto independientemente de su tamaño. Mide la función visual tanto del sistema óptico como de la vía óptica, para ello se varía el contraste hasta que el paciente no es capaz de distinguir el objeto, es lo que se conoce como umbral de contraste, siendo la SC la inversa de este. Según la teoría de Fourier se establece que cualquier objeto periódico puede descomponerse en una serie de ondas sinusoidales de diferentes frecuencias espaciales. Su unidad de medida es en ciclos/grado (cpg) y a partir de esta se puede obtener el valor de la AV pero no a la inversa. Se diferencia de la AV ya que ésta proporciona resultados a partir de un mismo contraste para diferentes tamaños de letras. Esta medida se puede realizar mediante varios optotipos como el Test VCTS, FACT, el CVS-1000E o mediante los optotipos de contraste del ETDRS ([Figura 6](#)). La frecuencia espacial y contraste dependerán del tipo de test empleado.

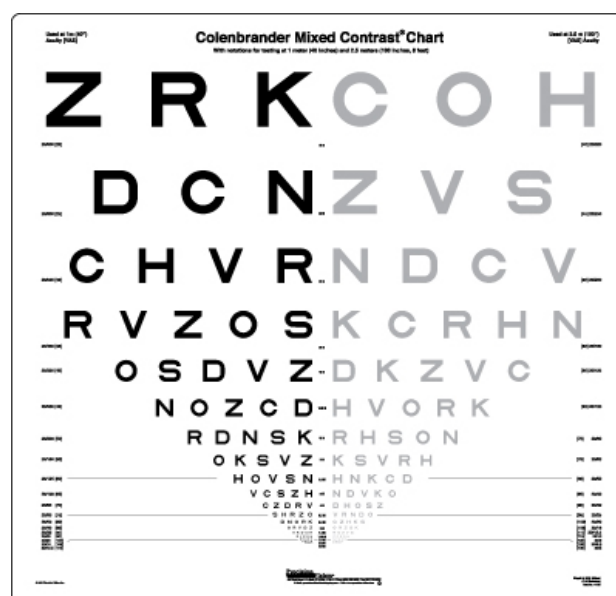


Figura 6. Test de Sensibilidad al Contraste

3. Halometría: software a partir del cual permite cuantificar la influencia de halos y otras alteraciones en la visión nocturna que puede padecer el paciente. Dichas alteraciones aparecen sobre todo en aquellos sujetos que han sido sometidos a cualquier cirugía refractiva y de cataratas. Proporciona una representación gráfica del halo que observa el paciente e interpreta matemáticamente el tamaño de ese halo a partir de unos índices:
 - Índice de alteración visual: tiene en cuenta la influencia de halos en la discriminación de estímulos periféricos. Este índice toma valores entre 0 y 1, de tal forma que cuanto mayor es este índice, menor es la capacidad de discriminación, y, por tanto, el sujeto tendrá más dificultades en detectar los estímulos periféricos cercanos al estímulo central, indicando una mayor influencia de halos.
 - Índice de discriminación visual: aporta información sobre el halo que observa el paciente. Este índice oscila entre 1 y 0, de modo que un índice de discriminación igual a 1 indicaría la mejor discriminación posible en el test, si el valor es igual a cero indicará lo contrario. [21]
 4. Otras pruebas subjetivas como los test de colorimetría, rejilla de Amsler,...
- Pruebas objetivas:
 1. Refracción objetiva: se utiliza el autorrefractómetro que proporciona varias medidas de la refracción del paciente y hace una media de todas, acercándose a la refracción correcta. Además proporciona información de la queratometría y la distancia interpupilar.
 2. Biometría ocular: instrumento óptico de no contacto que proporciona información del espesor de la córnea, de la profundidad de la cámara anterior, grosor del cristalino y longitud axial. A partir de los datos proporcionados calcula la LIO que corrige mejor al paciente. [22]

Así mismo, los nuevos biómetros ópticos pueden ofrecer información de las aberraciones, que se definen como la diferencia entre el frente de onda real y el ideal que corresponde a una imagen puntual e ideal. El frente de ondas es una superficie imaginaria que representa puntos de luz con la misma fase, por lo tanto, cuando éste entra en el ojo humano tiende a deformarse por acción de los medios refractivos, es decir, para que la imagen se forme en la retina es necesario que los medios oculares curven el frente de ondas volviendolo esférico y de esta manera que converja en la retina. En un sistema óptico ideal, un objeto puntual alejado que emita luz y cuyo frente de ondas entre plano en el ojo, deberá formar una imagen muy pequeña (Mancha de Airy) ([Figura 7](#)) en la retina, siendo su tamaño limitado únicamente por la difracción que produce la pupila. Sin embargo, un ojo real está afectado por aberraciones y la imagen de este objeto pequeño será mayor cuanto mayores sean las aberraciones. [23]

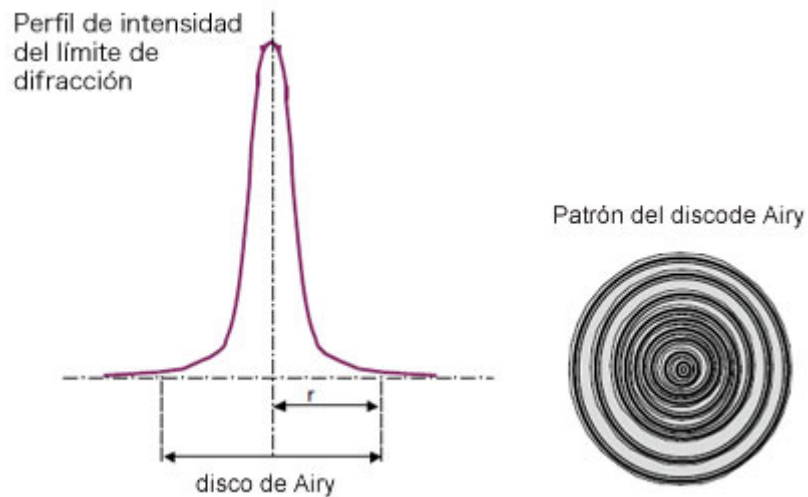


Figura 7. Representación del disco de Airy

Las aberraciones pueden ser de alto orden (HOA); como el coma y la aberración esférica, que son las HOA con mayor impacto en la calidad visual, o de bajo orden (LOA); que incluyen el desenfoque y el astigmatismo (Figura 8). Aunque existen infinidad de aberraciones las más importantes son el desenfoque, astigmatismo, coma y aberración esférica ya que están asociadas a la geometría de los medios que componen el ojo humano. [23]

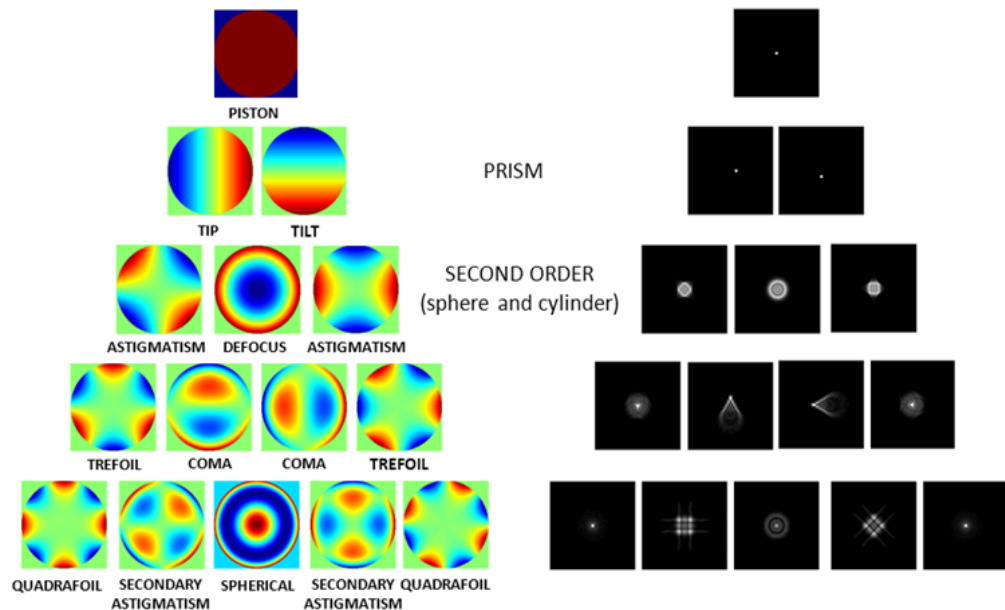


Figura 8. Aberraciones oculares

Además el biómetro proporciona el valor promedio de las aberraciones del ojo, cuya unidad son las micras y son expresadas con el parámetro Root Mean Square (RMS) que se obtiene a partir de la suma cuadrática de los coeficientes de Zernike. Se considera que el ojo está dentro de los valores normales cuando la RMS tiene un valor aproximado de 0,25 micras para una pupila de 5 mm. [23]

3. Microscopía especular: instrumento que aporta información de la morfología endotelial. Se utiliza para detectar pacientes con enfermedad endotelial corneal previa y así determinar el riesgo de descompensación corneal post cirugía. Es sobre todo importante en pacientes diabéticos ya que tienden a perder más células endoteliales que el resto de la población. [24]

La distribución celular es uniforme, por lo tanto, este instrumento permite el estudio de una área determinada para conocer el número, forma y tamaño de la población endotelial en la córnea. La información proporcionada por el instrumento son los siguientes:

- Densidad celular (CD): informa de la cantidad de células por milímetro cuadrado. Es sumamente importante este valor ya que para poder llevar a cabo a la cirugía es necesario una densidad de al menos 1000 a 1500 células/mm², para asegurar que el endotelio tenga la capacidad suficiente para mantener la deshidratación y transparencia de la córnea después del procedimiento. Una de las características importantes de este parámetro es que su resultado varía en función de la edad, es decir, a mayor edad menor número celular puesto que se pierde alrededor del 0,5% de células al año. [25]
- Coeficiente de variación (CV): parámetro estadístico que se utiliza con el fin de evaluar la variabilidad en el tamaño de las células endoteliales. Si el CV está entre el 20%-30% significa que el endotelio está sano, mientras que si este valor es superior al 30% el tamaño celular deja de ser uniforme e indica daño endotelial. [25]
- Hexagonalidad (HEXA): informa del porcentaje de células del endotelio que tienen una forma hexagonal regular. Si el porcentaje está por encima del 70% indica que las células están sanas, conservan su forma peculiar y por lo tanto su función de barrera y bombeo. En el caso que el porcentaje sea inferior al 50%-60% indica daño endotelial. [25]
- El promedio del área de la superficie (AVG): determinar la capacidad del endotelio para soportar procedimientos quirúrgicos, en este caso la cirugía de catarata.
- Paquimetría corneal especular o espesor central corneal (CCT): determina si el paciente es idóneo para realizar la facoemulsificación y seleccionar de esta manera la técnica más adecuada.
- Número de células (N).
- Máxima área de células (MAX).
- Mínima área de células (MIN).
- Desviación estándar de células por área (SD): aporta información de cuánto se desvían los valores individuales de las células endoteliales corneales de su promedio. Unos valores altos indican daño endotelial y los valores bajos un endotelio sano. Se emplea sobre todo para valorar la técnica a usar en la cirugía así como las complicaciones que puedan aparecer durante la misma.

Se caracteriza por su fiabilidad, por no ser invasivo, es decir, no hay contacto directo con el ojo y porque proporciona fotografías del endotelio corneal en cinco zonas diferentes (central, superior, inferior, nasal y temporal). Su uso

es indicado para el pre y post-quirúrgico, en este caso se emplea para la cirugía de catarata.

4. Exploración del fondo de ojo mediante Tomografía de Coherencia Óptica (OCT): se realizan protocolos de exploración de la capa de fibras nerviosas de la retina (CFNR) y del área macular.
5. Otras pruebas objetivas como la topografía o analizadores de la calidad óptica.

2. HIPÓTESIS

La cirugía de facoemulsificación para la extracción de la catarata provocará la pérdida de células endoteliales por lo que afectará negativamente a la calidad visual de los pacientes.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivos principales

- Analizar y comparar el contaje endotelial preoperatorio y postoperatorio con la técnica de facoemulsificación.
- Evaluar los cambios en la aberrometría antes y después de la cirugía mediante el biómetro óptico Anterior.
- Cuantificar el espesor corneal antes y después de la cirugía.

3.2. Objetivos secundarios

- Analizar la sensibilidad al contraste y agudeza visual al mes de la cirugía.
- Cuantificar la influencia de halos en visión escotópica utilizando el Halómetro.

4. METODOLOGÍA

El protocolo de estudio fue diseñado siguiendo las directrices de la declaración de Helsinki y fue aprobado por Comité Ético de Investigaciones Clínicas de Aragón (CEICA) PI24/093 (*Anexo I*).

A todos los participantes a los que se evaluaron para el estudio se les solicitó el permiso para ser incluidos mediante la firma de un consentimiento informado (*Anexo II*).

4.1. Muestra

Se seleccionaron pacientes del programa ARCCA (Alta Resolución de Cirugía de Catarata Ambulatoria) del servicio de oftalmología del Hospital Provincial de Nuestra Señora de Gracia de Zaragoza siguiendo los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

- Criterios de inclusión:
 - Pacientes con cataratas en uno o en ambos ojos.
 - Pacientes de ambos sexos (masculino y femenino), mayores de edad para poder firmar el consentimiento para la realización de las pruebas.

- Personas capaces de completar las pruebas sin dificultad.
- Paciente con AV mayor o igual a 0,8.
- Criterios de exclusión:
 - Toda enfermedad ocular activa (p.ej., infecciones oculares).
 - Patologías oculares que comprometen la visión (p.ej., ambliopía, glaucoma, retinopatía, leucomas, etc,...).
 - Patologías sistémicas que afecten al sistema visual como la diabetes.
 - Sujetos incapaces de realizar las pruebas del protocolo exploratorio ya sea por no tener movilidad física o por no comprender la realización de cada una de ellas.
 - Paciente sometido previamente a una cirugía refractiva.

4.2. Protocolo exploratorio

Una vez valorados a los pacientes según los criterios de inclusión y exclusión, a todos los que cumplían con los requisitos de inclusión se les realizó la consulta preoperatoria y la visita postoperatoria al mes de la cirugía. En ambas visitas antes de comenzar con las pruebas se les explicó de manera detallada el procedimiento de cada una, así como el estudio que estaban participando. Así mismo se les hizo saber que la duración de las pruebas eran de aproximadamente 20 minutos.

4.2.1. Consulta preoperatoria

A todos los pacientes se le realizaron las siguientes pruebas:

- Microscopio especular (*SP-1P de Topcon, España*): se caracteriza por ser de no contacto y su funcionamiento consiste en reflejar una luz para posteriormente ser capturada en forma de imagen en la interfase óptica entre humor acuoso y endotelio corneal, de esta manera, mediante la imagen reflejada de ambas caras de la córnea el microscopio mide el espesor [25]. Se evaluó la capa de células endoteliales de la córnea en la zona central (0°) anotando como resultado el recuento endotelial (CD). Para la correcta realización de la prueba, se tuvo que situar adecuadamente al paciente sobre la máquina (apoyo de barbilla y frente correctamente). Se le pidió que parpadeara antes de la toma de la medida para humedecer la superficie ocular y así conseguir que la película lagrimal sea homogénea, sin roturas. (*Figura 9*).

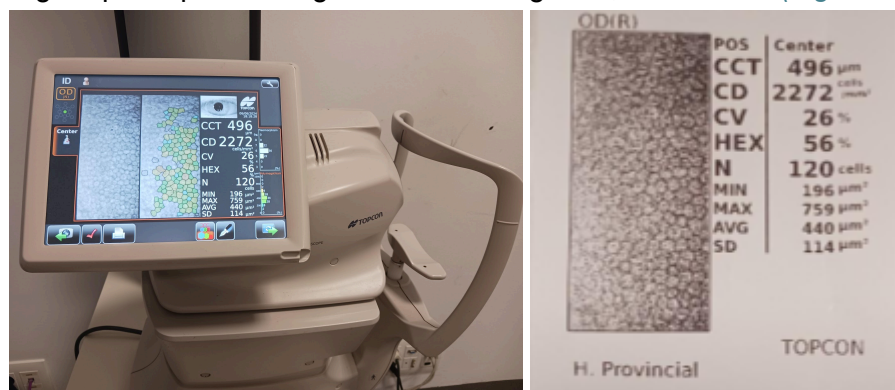


Figura 9. Microscopio especular SP-1P e impresión de medición endotelial

- Biometría Óptica (Anterior ®, Heidelberg, Engineering) (Figura 10): se obtuvo la potencia de la LIO mediante las fórmulas SRK-T y Barrett Universal II, y el equivalente esférico esperado para cada potencia de lente. Se realizó sin anestesia y sin midriasis, esto garantizó que no hubiera distorsiones ni errores de medida. Se anotaron los valores que ofrece de aberraciones de alto orden, la aberración esférica, el espesor corneal central (CCT), el espesor del epitelio corneal y el espesor del estroma corneal.



Figura 10. Anterior ®, Heidelberg

4.2.2. Consulta postoperatoria

Tras la cirugía, al mes de ser dado de alta, al paciente se le realizaron pruebas complementarias y nuevamente las pruebas realizadas en el preoperatorio, explicadas en el punto anterior. La finalidad es valorar cómo afecta la pérdida de células endoteliales a la calidad visual de los pacientes.

La primera prueba que se llevó a cabo fue la refracción objetiva con el autorrefractómetro para posteriormente complementarlo con la refracción subjetiva con el optotipo ETDRS a 3 metros.

- Test de Agudeza Visual (*Smarthing Visión Optotab, Zaragoza, España*): para valorarlo se utilizó una tablet con el optotipo ETDRS a 3 metros (VL) y a 40 cm (VP) con pantalla calibrada Smarthing Visión Optotab, graduación monocular (ojo intervenido) tanto en visión lejana como en visión próxima y en condiciones de iluminación mesópicas. La agudeza visual obtenida se expresó en logaritmo del mínimo ángulo de resolución (Log MAR), donde un valor decimal de AV 1 equivale a un valor LogMAR de 0,00 y por cada letra se suma o resta 0,02.

$$\text{Log (MAR)} = \log (1'/AVd)$$

- Test de sensibilidad al contraste (*Smarthing Visión Optotab, Zaragoza, España*): los datos se obtuvieron utilizando la pantalla con el test ETDRS a 3 metros respecto al paciente, es decir, se evaluó en visión lejana, monocular, con iluminación mesópica y con la corrección óptica para lejos. Así mismo se evaluó la SC en visión próxima,

con la pantalla a 40 cm respecto del paciente y con la corrección necesaria. Tomando como punto de partida la línea de agudeza visual inferior a la máxima obtenida en el test anterior, se fue disminuyendo el contraste de las letras, partiendo desde el máximo porcentaje de contraste (100%) hasta el mínimo porcentaje capaz de ser detectado por el paciente. A mayor porcentaje de contraste para poder distinguir un objeto, el umbral de contraste será también alto y la sensibilidad al contraste baja.

- Halómetro (*Halo V 1.0, Granada, España*): se realizó con la corrección óptica en visión próxima del paciente, de manera monocular y en condiciones de iluminación escotópica. El paciente fue situado a 40 cm del ordenador durante dos minutos hasta que el ojo a evaluar se adaptara a la condiciones escotópicas. Posteriormente, se le explicó al paciente que debía pulsar el botón cuando distinguiese estímulos con forma de círculos blancos pequeños alrededor del estímulo central (Figura 11). Se anotaron los índices de discriminación visual lineal y cuadrático así como los índices de alteración visual lineal y cuadrático.

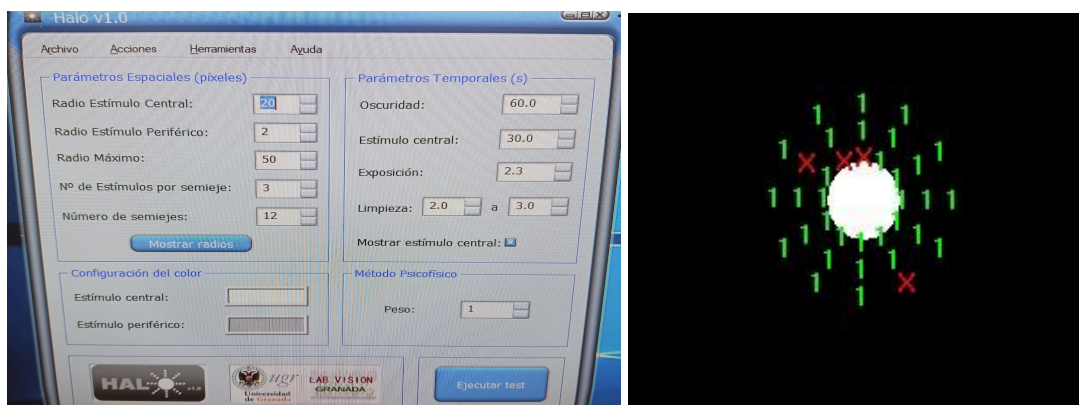


Figura 11. Programa de Halómetro V 1.0 y representación gráfica de los resultados

4.3. Recogida de datos y análisis estadístico

Se recogieron todos los datos en una base de datos excel y se analizó mediante el programa Jamovi 2.4.14. para Windows. Para representar la muestra de manera estadística se utilizó la media, la desviación estándar, la mediana y el rango como estadística descriptiva. Para la estadística analítica se empleó el test de Shapiro Wilk para comprobar el ajuste o no a la normalidad. Tras esta comprobación se usó el test paramétrico T de Student o el no paramétrico Wilcoxon para comparar las diferentes variables. Para las correlaciones se empleó el Test de Spearman.

5. RESULTADOS

En el presente estudio participaron 43 pacientes, de los cuales 22 eran hombres y 21 mujeres. La media de edad para los hombres fue de 72,5 años y la media para las mujeres de 75 años. La muestra fue homogénea tanto en edad como en sexo.

Sexo	N
Mujer	21 (48,83%)
Hombre	22 (51,17%)

Tabla 1. Muestra descriptiva del sexo

Posteriormente se comparó la pérdida de densidad celular (CD), el astigmatismo total, la aberración esférica (AE), la RMS de las aberraciones de alto orden (HOA), el grosor corneal central (CCT), el espesor del epitelio corneal y el espesor del estroma corneal entre la visita preoperatoria y postoperatoria con independencia del sexo. En la Tabla 2 se muestra la media, desviación estándar, mediana y rango de estos resultados en la visita preoperatoria y en la tabla 3 la estadística descriptiva de los parámetros clínicos en la visita postoperatoria.

	Media	SD	Mediana	Rango
CD (cel/mm ²)	2422	441	2469	[954-3507]
Astigmatismo Total (D)	-0,921	0,629	-0,790	[(-)0,170-(-)3,41]
Ab. Esférica (µm)	0,155	0,064	0,150	[0,040-0,350]
RMS HOA (µm)	0,353	0,098	0,340	[0,110-0,590]
CCT (µm)	542	29,700	538	[486-606]
Espesor Epitelio (µm)	48,600	4,750	48	[40-60]
Espesor Estroma (µm)	530	33,800	528	[460-614]

Tabla 2. Estadística descriptiva de los valores clínicos de la visita preoperatoria. CD: Densidad celular; cel/mm²: célula por milímetro cuadrado; SD: desviación estándar; D: dioptrías; Ab: aberración; RMS: Root Mean Square; HOA: Aberraciones de alto orden; µm: micrómetros

	Media	SD	Mediana	Rango
CD (cel/mm ²)	1839	581	1800	[954-3090]
Astigmatismo Total (D)	-1,090	0,633	-0,960	[(-)0,140-(-)3,380]
Ab. Esférica (μm)	0,145	0,061	0,150	[(-)0,010-0,270]
RMS HOA (μm)	0,423	0,150	0,390	[0,200-0,820]
CCT (μm)	543	32,900	544	[476-604]
Espesor Epitelio (μm)	49	4,290	49	[41-59]
Espesor Estroma (μm)	532	36,300	528	[458-613]

Tabla 3. Estadística descriptiva de los valores clínicos de la visita postoperatoria. CD: Densidad celular; cel/mm²: célula por milímetro cuadrado; SD: desviación estándar; D: dioptrías; Ab: aberración; RMS: Root Mean Square; HOA: Aberraciones de alto orden; μm: micrómetros

En la tabla 4 observamos la significación estadística entre la visita preoperatoria y postoperatoria de los valores del recuento endotelial, aberraciones y espesores corneales.

	Preoperatorio		Postoperatorio		Diferencia	p
	Media	SD	Media	SD		
CD (cel/mm ²)	2422	441	1839	581	583	<0,001
Astigmatismo Total (D)	-0,921	0,629	-1,090	0,633	-0,168	0,005
Ab. Esférica (μm)	0,155	0,064	0,145	0,061	0,010	0,380
RMS HOA (μm)	0,353	0,098	0,423	0,150	-0,068	<0,001
CCT (μm)	542	29,700	543	32,900	1,090	0,584
Espesor Epitelio (μm)	48,600	4,750	49	4,290	-0,400	0,386
Espesor Estroma (μm)	530	33,800	532	36,300	-2	0,387

Tabla 4. Estadística analítica entre la visita preoperatoria y postoperatoria del microscopio especular y el biómetro Anterior. CD: Densidad celular; cel/mm²: célula por milímetro cuadrado; SD: desviación estándar; D: dioptrías; Ab: aberración; RMS: Root Mean Square; HOA: Aberraciones de alto orden; μm: micrómetros

Encontramos un recuento endotelial significativamente menor en el postoperatorio ($p < 0,001$). Además se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el astigmatismo y en la RMS de las aberraciones de alto orden siendo mayores los valores en el postoperatorio ($p = 0,005$ y $p < 0,001$ respectivamente).

En la tabla 5 se detallan los descriptivos de calidad visual analizados en la visita postoperatoria en este estudio.

	Media	DS	Mediana	Rango
AV VL (LogMar)	0,060	0,105	0,00	[0,00-0,301]
AV VP (LogMar)	0,061	0,093	0,00	[0,00-0,301]
SC VL (%)	33,600	16	30	[20-80]
SC VP (%)	30,900	17,3	30	[10-90]
Índice de discriminación lineal	0,845	0,165	0,876	[0,310-1]
Índice de discriminación cuadrática	0,875	0,157	0,906	[0,338-1]
Índice de alteración lineal	0,181	0,200	0,170	[0-0,725]
Índice de alteración cuadrática	0,121	0,156	0,093	[0-0,662]

Tabla 5. Estadística descriptiva de los parámetros de calidad visual en la visita postoperatoria. DS: Desviación estándar; AV: Agudeza visual; SC: Sensibilidad al contraste; VL: Visión Lejana; VP: Visión próxima.

El siguiente paso en la estadística fue analizar las correlaciones mediante el test de Spearman (Tabla 6). Se correlacionaron las diferencias entre el pre y postoperatorio de los valores de densidad celular, astigmatismo, aberración esférica, de las aberraciones de alto orden, y de los espesores central, epitelial y estromal con la edad y los parámetros de calidad visual.

		CD	AST	Ab. Esf	HOA	CCT	Epitelio	Estroma
EDAD	R	0,184	0,107	0,000	0,123	-0,324	0,313	0,242
	p	0,236	0,493	0,998	0,432	0,034	0,041	0,118
SC VL	R	-0,088	-0,014	-0,110	-0,045	-0,221	-0,077	0,123
	p	0,675	0,948	0,599	0,830	0,288	0,714	0,559
SC VP	R	-0,103	-0,370	0,029	-0,013	0,310	0,275	-0,581
	p	0,641	0,082	0,896	0,954	0,149	0,172	0,004
Discr L	R	-0,324	0,467	-0,077	0,211	-0,153	-0,232	0,297
	p	0,114	0,019	0,715	0,311	0,466	0,265	0,149
Discr C	R	-0,317	0,543	-0,071	0,169	-0,154	-0,205	0,310
	p	0,123	0,005	0,737	0,419	0,461	0,327	0,132
Alt L	R	0,254	-0,300	0,163	-0,237	0,087	0,237	-0,179
	p	0,220	0,146	0,437	0,254	0,679	0,253	0,393
Alt C	R	0,333	-0,533	0,075	-0,208	0,170	0,209	-0,334
	p	0,104	0,006	0,720	0,318	0,416	0,315	0,102

Tabla 6. Correlaciones de Spearman entre variables. CD: Densidad celular; AST: astigmatismo; Ab. Esf: aberración esférica; HOA: aberraciones de alto orden; CCT: espesor corneal central; SC: sensibilidad al contraste; VL: visión lejana; VP: visión próxima; Discr : discriminación; Alt: alteración: L: lineal; C: cuadrático.

En cuanto a la edad, se obtuvo una correlación negativa con el espesor corneal central y positiva con el espesor del epitelio corneal ($R=-0,324$ y $R=0,313$ respectivamente). La sensibilidad al contraste en visión próxima se correlacionó altamente con la diferencia en el espesor del estroma corneal ($R=-0,581$). En cuanto al índice de discriminación visual del Halómetro (tanto lineal como cuadrático) se correlacionó positivamente con la diferencia del astigmatismo ($R=0,467$ y $R=0,543$), al contrario del índice de alteración visual que se correlacionó negativa y significativamente el cuadrático ($R=-0,533$).

6. DISCUSIÓN

En el estudio realizado, se plantearon tres objetivos principales para analizar en base a los datos recogidos y en base al análisis estadístico: recuento endotelial, aberrometría (astigmatismo, aberración esférica y RMS) y cuantificar el espesor corneal antes y después de la cirugía. Así mismo se plantearon otros dos objetivos secundarios: estudiar la calidad visual mediante pruebas de sensibilidad al contraste y agudeza visual y cuantificar la influencia de halos, destellos de luz que aparecen sobre todo por la noche, y otras alteraciones de la visión nocturna utilizando el Halómetro. Los valores obtenidos para cada objetivo se pondrán en comparación con otros estudios realizados por otros autores.

En cuanto a la pérdida de células endoteliales, se puede observar que tras la cirugía la cantidad de células que habían antes de la cirugía había disminuido significativamente (Tabla 4). Los valores obtenidos se correlacionan con un estudio realizado sobre la *facoeulsificación de Gelen Welch y Cols [26]*, en dicho estudio se hizo el conteo celular a los 31 días de la intervención quirúrgica como en el estudio presentado. En otro estudio sobre la *microscopia especular tras la cirugía de catarata realizado por el Dr. Gabriel Gómez Ligeró [27]*, en el cual también se realizó al mes de la cirugía y con 43 ojos, se obtuvo una pérdida significativa de células después de la facoeulsificación, lo que se relaciona con los resultados de este estudio. Por último también se comparó este resultado con un estudio sobre la *comparación de la variación de conteo endotelial post quirúrgico en la facoeulsificación, realizado por Inoquio Vigo y Mauricio Gonzalo [28]*, obtuvo una media de pérdida de 411,25 cel/mm², con respecto a este estudio es similar a la obtenida (583 cel/mm²). La diferencia entre un estudio y otro puede deberse a la experiencia del cirujano como se explica en el primer estudio mencionado anteriormente [26] y otro de los factores que también pueden afectar a esta diferencia es el tiempo invertido en cada proceso quirúrgico, pero estas hipótesis no formaron parte del estudio.

En relación a las aberraciones totales (RMS) donde se tiene en cuenta el astigmatismo y la aberración esférica así como otras aberraciones, en este estudio tras el análisis se concluyó que aumentaban mínimamente después de la intervención quirúrgica, lo que hace que no sea tan significativo el cambio y no influya apenas en la calidad visual de los pacientes. Los resultados obtenidos se diferencian de los resultados de un estudio *comparativo aberrométrico posterior a la cirugía de catarata en el Centro de Microcirugía Ocular realizado por Mireya Benítez y cols.*, en el cual las aberraciones totales tras la cirugía se ven disminuidas [29]. Cabe destacar que en el estudio de *Mireya Benítez*, solo se estudiaron personas de 63 años, en cambio en este estudio se tuvieron en cuenta personas de mayor edad, por lo que esto podría influir en los resultados. Según otro estudio que trata sobre la *influencia de la aberración esférica en la función visual tras cirugía de catarata realizado por Martínez Palmer y cols.* [30] argumentan que un 90% de las aberraciones totales están relacionadas con las de segundo orden que son el astigmatismo y el desenfoque y un 10% por coma y la aberración esférica, por lo tanto si en nuestro estudio el astigmatismo aumenta más tras la cirugía y la aberración esférica disminuye, el astigmatismo al ser parte del 90% de las aberraciones totales podría influir en que la RMS obtenida sea un poco alta. Por último en otro estudio que trata sobre *aberraciones de alto orden, sensibilidad al contraste y agudeza visual: estudio comparativo entre lentes intraoculares esféricas y convencionales expuesto por Ayup-Arguijo y Matiz-Moreno [31]*,

estudió 30 ojos a los cuales dividió en 2 grupos, en el primer grupo a todos se les implementaron la misma LIO SN60AT y en el segundo grupo LIO SN60WF, obteniendo un valor de RMS para el primer grupo de 0,68 micras y para el segundo de 43 micras, por lo que se puede observar que dependiendo del tipo de LIO implanta las aberraciones totales aumentan o disminuyen, por ello, en nuestro estudio el resultado que se obtuvo pudo verse influenciado por este factor que no se tuvo en cuenta.

En cuanto a la sensibilidad al contraste se obtuvo una media tanto para visión lejos como para visión próxima de mínimos porcentajes de contraste necesario para poder visualizar un objeto determinado, por lo tanto, a menor porcentaje de contraste necesario para ver un objeto mejor sensibilidad, por lo que también se relaciona con una buena agudeza visual. En comparación de los resultados obtenidos con el estudio que habla sobre *la sensibilidad al contraste pre y post cirugía de catarata realizado por Pascual Chávez [32]*, el cual evaluó a 30 pacientes tras la cirugía y llegó a la conclusión que la mejora de la sensibilidad al contraste era significativa al igual que en nuestro caso. Así mismo, otro estudio de *Navarro Reyes y María Almendra [33]*, estudiaron 30 ojos antes y después de la cirugía obteniendo que el 83% de los pacientes tenía buena sensibilidad al contraste, al igual que en nuestro caso. Para finalizar los datos obtenidos de mejoría en la sensibilidad al contraste también concuerda con el estudio realizado por *Dr. Eduardo Ayup-Arguijo y Dr. Humberto Matiz [31]*, estos autores al igual que los anteriores llegaron a la conclusión que la buena sensibilidad al contraste se debe al tipo de LIO implantada (hipótesis que no se tuvo en cuenta en nuestro estudio).

En el estudio de los halos o destellos en visión nocturna que se evaluó con el Halómetro, se obtuvieron valores dentro de la normalidad. Tomando como referencia los valores normales explicados en el apartado 1.3 y en comparación con los resultados obtenidos (Tabla 5), se concluyó que al tener el índice de alteración menor o cercano a cero mejores resultados se obtenían para el índice de discriminación visual ya que se observa que su valor se acerca a 1, por lo tanto, todo en conjunto determina una buena visión para el paciente, es decir, no hay influencia de halos que perjudique a la visión del paciente.

Respecto a la valoración del grosor corneal (CCT), que como se puede observar en la *Tabla 3* se obtuvo un mínimo aumento tras la facoemulsificación, estadísticamente es un valor poco significativo. Al comparar el resultado con otro estudio que trata sobre *el estudio comparativo del espesor central de la córnea antes y después de la cirugía de catarata realizado por Cecilia Pérez y cols., [34]*, evaluaron a 29 pacientes de entre 30 y 85 años, en su estudio llegaron a la conclusión que la cantidad de grosor corneal no variaba significativamente, por lo que no repercutirá significativamente en la calidad visual al igual que en nuestro estudio. Así mismo, según otro estudio de *Cambios en el espesor de la córnea en tiempo real durante la cirugía de cataratas por facoemulsificación realizado por Jiahu y Can Zhao [35]*, el espesor corneal se veía aumentado tras terminar la facoemulsificación, en comparación con el espesor del preoperatorio, al realizar su estudio horas después de la cirugía es probable que pasados unos días como en el estudio anterior [34] el espesor corneal se vaya estabilizando. En el estudio de *Jiahu y Can Zhao*, se valoraron 102 ojos y se tomó la medida al finalizar la operación, obteniendo de esta manera un valor de 539,19 micras con respecto al inicio de la cirugía (511,79 micras). Los resultados obtenidos en nuestro estudio se asemejan a los dos mencionados ya que tras la cirugía el aumento de espesor es notable pero no repercutible en la visión, además, se

puede observar que conforme pasan los días la diferencia va siendo mínima entre el preoperatorio y el postoperatorio.

En este estudio se encontraron una serie de limitaciones, la mayoría por no poder obtener una muestra mayor de pacientes que cumplieren con los criterios mínimos para participar en el estudio: (1) el tamaño de la muestra no fue lo suficientemente grande como para dividir por grupos según la lente intraocular implantada, (2) no se pudo realizar estadística dividiendo la muestra por grupos según número de células en la densidad celular para poder observar diferencias en la calidad visual, (3) así mismo otra de las limitaciones que es importante tener en cuenta es que en el estudio pudieron variar los resultados ya que al tratarse de personas de edad avanzada (alguna de ellas) en pruebas como el Halómetro, el manejo del ratón del ordenador para el registro de su respuesta, pudo no haberse realizado de manera correcta, ya que algunos de los pacientes no sabía manejarlo y se les tuvo que enseñar antes de empezar con la prueba.

7. CONCLUSIONES

Tras las pruebas realizadas y basándonos en los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- La pérdida de células endoteliales tras la cirugía fue significativa aunque no influyó en la calidad visual de los pacientes ya que la agudeza visual tras la cirugía de los pacientes evaluados estaba por encima del 0,8.
- En el análisis de las aberraciones totales se obtuvieron diferencias significativamente mayores en el astigmatismo y aberraciones de alto orden tras la cirugía.
- En relación al espesor corneal no se obtuvieron diferencias ni en el espesor corneal central, ni en el espesor del epitelio corneal ni en el espesor del estroma corneal. Si que se correlacionó significativamente la edad con la diferencia de espesor corneal central y la diferencia de espesor del epitelio corneal.
- La sensibilidad al contraste en visión próxima se correlacionó negativamente con la diferencia del espesor del estroma, a mayor diferencia en el espesor, menor sensibilidad al contraste. Los resultados tanto de sensibilidad al contraste como de agudeza visual que se obtuvieron fueron aceptables considerándolos normales o aceptables y con ello la calidad visual.
- En cuanto a la halometría se obtuvieron resultados cercanos a la normalidad, por lo que la mayoría de pacientes tendrán buena visión nocturna. Además se correlacionó con la diferencia de astigmatismo total.

En conclusión, tras el análisis estadístico tanto de los objetivos principales y secundarios, las diferencias en el astigmatismo corneal influye en la halometría y las diferencias en el espesor del estroma corneal influye en la sensibilidad al contraste en visión próxima. Además la cirugía de cataratas disminuye la densidad celular, y aumenta el astigmatismo total y las aberraciones de alto orden.

8. BIBLIOGRAFÍA

[1] NIH:Causas de las cataratas.Instituto Nacional del Ojo [Internet]. ww.nei.nih.gov: NIH; [actualizado el 4 de Enero de 2023]. Disponible en:
<https://www.nei.nih.gov/espanol/aprenda-sobre-la-salud-ocular/enfermedades-y-afecciones-de-los-ojos/ataratas/causas-de-las-ataratas>

[2] Sáez Sánchez, Javier. “Actualización en técnicas de la cirugía de cataratas. Revisión bibliográfica”. [Trabajo de fin de máster] Facultad de enfermería, 2014-2015.

[3] Acosta R, Hoffmeister L, Román R, Comas M, Castilla M, Castells X. Revisión sistemática de estudios poblacionales de prevalencia de catarata. Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología [Internet]. 2006 Sep 1;81(9):509–16. Disponible en:
https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0365-66912006000900005&script=sci_arttext

[4] American academy of ophthalmology. Cristalino y cataratas. Sección 11. Elsevier, 2011-2012. ISBN: 978-84-8086-988-1.

[5] Klein BEK, Klein R, Lee KE. Incidencia de cataratas relacionadas con la edad. Archivos de Oftalmología. 1 de febrero de 1998; 116

[6] Lago López, Carmen Ma. “Valoración de los cambios en la calidad óptica ocular en pacientes con cataratas mediante la técnica de doble paso”. [Trabajo de fin de máster] Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa, 29 de junio de 2012.

[7] Rodríguez Poma WR, Bustamante C G. Cataratas. Revista de Actualización Clínica Investiga [Internet];926. Disponible en:
http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?pid=S2304-37682012000400003&script=sci_arttext&tlng=es

[8] Jiménez I, Morote A, Blanca, Sandoval G, David, Botín M, et al. Catarata traumática [Internet]. Disponible en:
<https://secoir.org/wp-content/uploads/2022/09/2016-Cap-33-Catarata-traumatica.pdf>

[9] Rodríguez Poma WR, Bustamante C G. Cataratas. Revista de Actualización Clínica Investiga [Internet]. :926.Disponible en:
http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?pid=S2304-37682012000400003&script=sci_arttext&tlng=es

[10] Kanski J, Browling B, Nischal A, Person A. Oftalmología Clínica. Un Enfoque Sistemático.7a edición. Barcelona: Elsevier; 2011.

[11] Ruiz Megias, Sergio. “Correlación en la clasificación y gradación de cataratas entre valoración subjetiva (LOCS III system) y objetiva (OSI) mediante la técnica de doble paso”. [Trabajo de fin de máster] Facultad de óptica y optometría de Terrassa, 4 de julio de 2013.

[12] Cabezas M. Cirugía de cataratas hoy: una actualización. *Revista Médica Clínica Las Condes* [Internet]. 2023 Sep 1 [citado el 30 de Octubre de 2023];34(5):344–58. Disponible en:<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-cirurgia-cataratas-hoy-una-actualizacion-S0716864023000767>

[13] Cristalino y cataratas. *American Academy of Ophthalmology, The Eye M.D Association* 2011/2012.

[14] Villa C SJ. La córnea. Parte I Estructura, función y anatomía microscópica. *Gac Opt* [Internet]. 2003 [Citado el 7 de enero de 2024];454(454):1–5. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=336805>

[15] Özmen S, Çakır B, Aksoy NÖ, Doğan E, Babashli T, Alagöz G. Central corneal epithelial thickness changes after half-moon supracapsular nucleofractis phacoemulsification technique. *Int Ophthalmol* [Internet]. 2019;39(2):311–5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s10792-017-0814-x>

[16] DelMonte DW, Kim T. Anatomy and physiology of the cornea. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. 2011;37(3):588–98. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.12.037>

[17] Alonso-Martín B, Herranz-Heras JC, Cañas-Zamarra I, Hernando-Portela M, Redondo-Martínez E, Sierra-Torres RMa, et al. Estudio de la concordancia en el recuento endotelial tras cirugía de catarata realizada por cirujanos noveles o expertos. *Revista Mexicana de Oftalmología*. 24 de Agosto de 2021;95(5). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2604-12272021000500193

[18] Edu.pe. [citado 14 de Enero de 2024]. Disponible en: https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/24491/REP_MAUICIO.INOQUIO_CONTEO.ENDOTELIAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[19] Cristalino y cataratas. *American Academy of Ophthalmology, The Eye M.D Association* 2011/2012.

[20] Briceño-López C, Burguera-Giménez N, García-Domene MC, Díez-Ajenjo MA, Peris-Martínez C, Luque MJ. Edema corneal tras cirugía de cataratas. *J Clin Med* [Internet]. 2023 [citado el 16 de enero de 2024];12(21):6751. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0383/12/21/6751>

[21] Jiménez Cuesta, J. R., González Anera, M. D. R., Castro Torres, J. J., Ortiz Herrera, C., Alarcón Heredia, A., Gutiérrez Ortega, Á. R., & Villa Cóllar, C. R. (2008). *Software Halo v1.0. Guía de usuario*.

[22] Cataract app [Internet]. *Heidelbergengineering.com*. [citado el 16 de enero de 2024].

[23] Delgado PI. Estudio sobre aberraciones oculares y queratoconos. TFM. Universidad Politécnica de Cataluña. 2011. [Internet]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13835/TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[24] Cabezas M. Cirugía de cataratas hoy: una actualización. Rev médica Clín Las Condes [Internet]. 2023;34(5):344–58. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmclc.2023.09.003>

[25] Pizarro-Barrera ME, Garza-León MA, Beltrán-Díaz de la Vega F, et al. Reproducibilidad de la microscopía especular de no contacto de acuerdo con el número de células evaluadas. Rev Mex Oftalmol. 2007;81 (3):148-151.
<https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenl.cgi?IDARTICULO=17356>

[26] Welch Ruiz G, Cruz Blanco M, Escalona Tamayo M de J, Fundora Salgado V. Facoemulsificación en la cirugía de catarata. Rev Cuba Med Mil [Internet]. 2017 [citado el 18 de Enero de 2024];46(3):244–55. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0138-65572017000300005&script=sci_arttext

[27] Unam.mx. [citado el 18 de Enero de 2024]. Disponible en:
<https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000803495/3/0803495.pdf>

[28] Vigo I, Gonzalo M. Comparación de la variación conteo endotelial post quirúrgico, entre la cirugía catarata de pequeña incisión (SICS) y la facoemulsificación. Universidad Privada Antenor Orrego; 2024.

[29] Benítez Cartaya M, Hernández Silva JR, Curbelo Cunill L, Fernández Vásquez G, Padilla González C. Estudio comparativo aberrométrico posterior a la cirugía de catarata en el Centro de Microcirugía Ocular “Ramón Pando Ferrer” (2007-2008). Rev Cuba Oftalmol [Internet]. 2011 [citado el 5 de Febrero de 2024];24(1):1–14. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21762011000100001&script=sci_arttext&tlng=pt

[30] Martínez Palmer A, Palacín Miranda B, Castilla Céspedes M, Comas Serrano M, Puntí Badosa A. Influencia de la aberración esférica en la función visual tras cirugía de catarata: ensayo prospectivo aleatorio. Arch Soc Esp Oftalmol [Internet]. 2005 [citado el 5 de Mayo de 2024];80(2):71–7. Disponible en:
https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0365-66912005000200004&script=sci_arttext&tlng=pt

[31] Ayup-Arguijo E, Matiz-Moreno H, Garzón M, et al. Aberraciones de alto orden, sensibilidad al contraste y agudeza visual: estudio comparativo entre lentes intraoculares esféricos y convencionales. Rev Mex Oftalmol. 2007;81(2):101-105.

[32] Catarata En Oftalmólogos Contreras Enero A Junio SALCPYPC. FACULTAD DE TECNOLOGÍA MÉDICA [Internet]. 12.84.13. [citado el 6 de Mayo de 2024]. Disponible en:
<http://190.12.84.13/bitstream/handle/20.500.13084/2544/Pascual%20Ch%c3%a1vez%20Walther%20Klinsman%20Paul.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[33] Reyes N, Almendra M. Comparación de la longitud axial, sensibilidad al contraste y percepción al color. Antes y después de una cirugía de catarata. 2015 [citado el 6 de Mayo de 2024]; Disponible en: <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/389>

[34] Pérez C, Colaneri S, Herrera, P. Estudio comparativo del espesor central de la córnea antes y después de la cirugía de catarata. *Oftalmología Clínica y Experimental* [Internet]. Org.ar. [citado el 6 de Mayo de 2024]. Disponible en:
https://oftalmologos.org.ar/oce_antteriores/items/show/125

[35] Hu J, Zhao C, Luo Y, Kong J, Shi W, Wang T. Real-time corneal thickness changes during phacoemulsification cataract surgery. *Arbeitsphysiologie* [Internet]. 2023 [citado el 7 de Mayo de 2024];261(6):1609–18. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36662235/>

ANEXO II. Consentimiento informado

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del PROYECTO: Impacto de la pérdida endotelial tras cirugía de catarata en la función visual

Yo, (nombre y apellidos del participante)

He leído la hoja de información que se me ha entregado.

He podido hacer preguntas sobre el estudio y he recibido suficiente información sobre el mismo.

He hablado con: Anahí Llundo Chango

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- 1) cuando quiera
- 2) sin tener que dar explicaciones
- 3) sin que esto repercuta en mis cuidados médicos/mi relación con el investigador (según dónde se realice)

Presto libremente mi consentimiento para participar en este estudio y doy mi consentimiento para el acceso y utilización de mis datos conforme se estipula en la hoja de información que se me ha entregado.

Deseo ser informado sobre los resultados del estudio: sí no (marque lo que proceda)

He recibido una copia firmada de este Consentimiento Informado.

Firma del participante:

Fecha:

He explicado la naturaleza y el propósito del estudio al paciente mencionado

Firma del Investigador:

Fecha: