



**Facultad de Medicina “Hipólito Unanue”**

FACOEMULSIFICACIÓN ASISTIDA CON LASER FEMTOSEGUNDO Y PERDIDA  
ENDOTELIAL CORNEAL EN ADULTOS MAYORES POST OPERADOS DE  
CATARATA EN LA CLINICA LA LUZ 2018-2019

Línea de Investigación: Oftalmológica

Tesis para optar el Título Profesional de Médico Cirujano

**AUTOR:**

García Silva Segundo Walter

**ASESOR:**

Mg. Gonzales Toribio Jesús Ángel

**JURADO:**

Dr. Figueroa Quintanilla Dante Aníbal

Dr. Bernuy Barrera Félix Alberto

Dr. Cerna Iparraguirre Fernando

Lima – Perú

**2020**

**Dedicatoria**

Dedico este trabajo de investigación a Dios y a mi familia por el ejemplo de perseverancia y constancia en este largo camino.

### **Agradecimiento**

Mi agradecimiento para cada uno de los docentes de mi alma mater que compartieron

sus conocimientos y tiempo para mi formación académica.

De la misma manera agradezco enormemente al hospital militar central por acogerme

como interno y brindarme todas las herramientas para el ejercicio de mi vocación.

De igual manera a los docentes de la clínica la luz por brindarme el apoyo y tiempo

para el presente trabajo.

## Índice

Resumen.....	6
Abstract.....	7
I. Introducción.....	8
1.1 Descripción y formulación del problema.....	9
1.2 Antecedentes.....	11
1.3 Objetivos.....	14
<i>1.3.1 Objetivo General</i> .....	14
<i>1.3.2 Objetivos específicos</i> .....	15
1.4 Justificación.....	15
1.5 Hipótesis.....	15
<i>1.5.1 Hipótesis General</i> .....	15
<i>1.5.2 Hipótesis Específica</i> .....	16
II. Marco Teórico.....	16
2.1 Bases Teóricas Sobre el Tema de Investigación.....	16
<i>2.1.1 Envejecimiento</i> .....	16
<i>2.1.2 Catarata</i> .....	19
<i>2.1.3 Facoemulsificación</i> .....	25
<i>2.1.4 Agudeza Visual</i> .....	31
III. Método.....	33
3.1 Tipo De Investigación.....	33
3.2 <i>Ámbito Temporal y Espacial</i> .....	33

3.3 Variables .....	33
3.3.1 Variables clínicas .....	34
3.3.2 Variable independiente .....	34
3.3.3 Variable dependiente .....	34
3.3.4 Operacionalización de variables .....	34
3.4 Población y Muestra.....	35
3.4.1 Criterios Selección .....	36
3.5 Instrumentos .....	36
3.6 Procedimientos .....	36
3.7 Análisis Estadístico de los Datos .....	37
3.7.1 Estadística descriptiva.....	37
3.7.2 Estadística Inferencial .....	37
3.8. Consideraciones Éticas.....	38
IV. Resultados.....	39
V. Discusión de Resultados .....	44
VI. Conclusiones.....	48
VII. Recomendaciones .....	49
VIII. Referencias Bibliográficas .....	50
IX. Anexo.....	57

## Resumen

**Objetivo:** Comparar las técnicas de facoemulsificación y facoemulsificación asistida por láser femtosegundo para la pérdida endotelial corneal en adultos mayores post operados de catarata en la clínica la luz en los años 2018 a 2019.

**Material y Métodos:** Se llevó a cabo un estudio de tipo analítico, observacional, de cohortes, retrospectivo. La muestra de estudio estuvo constituida por 160 pacientes adultos mayores con cataratas, según criterios de inclusión y exclusión establecidos distribuidos en dos grupos: expuestas a facoemulsificación tradicional o facoemulsificación asistida por láser femtosegundo; se aplicó la prueba t de student y la prueba chi cuadrado.

**Resultados:** El promedio de porcentaje de pérdida endotelial con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo fue significativamente inferior que la utilizada con la técnica de facoemulsificación tradicional ( $p < 0.05$ ). El promedio de intensidad de ultrasonido con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo fue significativamente inferior que la utilizada con la técnica de facoemulsificación tradicional ( $p < 0.05$ ). El promedio de tiempo de duración de ultrasonido con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo fue significativamente inferior que la utilizada con la técnica de facoemulsificación tradicional ( $p < 0.05$ ). La agudeza visual postoperatoria con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo fue significativamente superior que la utilizada con la técnica de facoemulsificación tradicional ( $p < 0.05$ ).

**Conclusiones:** La técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo alcanza un porcentaje de pérdida endotelial significativamente inferior respecto a la obtenida con la técnica de facoemulsificación tradicional

**Palabras claves:** Facoemulsificación, láser femtosegundo, porcentaje de pérdida endotelial.

## Abstract

**Objective:** To compare the techniques of phacoemulsification and phacoemulsification assisted by femtosecond laser for corneal endothelial loss in post-operated cataract older adults at La Luz clinic in the years 2018 to 2019.

**Material and Methods:** An analytical, observational, cohort, retrospective study was carried out. The study sample consisted of 160 elderly patients with cataracts, according to established inclusion and exclusion criteria, distributed in two groups: exposed to traditional phacoemulsification or phacoemulsification assisted by femtosecond laser; Student's t test and chi square test were applied.

**Results:** The average percentage of endothelial loss with the femtosecond laser phacoemulsification technique was significantly lower than that used with the traditional phacoemulsification technique ( $p < 0.05$ ). The average intensity of ultrasound with the femtosecond laser phacoemulsification technique was significantly lower than that used with the traditional phacoemulsification technique ( $p < 0.05$ ). The mean time of ultrasound duration with the femtosecond laser phacoemulsification technique was significantly lower than that used with the traditional phacoemulsification technique ( $p < 0.05$ ). Postoperative visual acuity with the femtosecond laser phacoemulsification technique was significantly higher than that used with the traditional phacoemulsification technique ( $p < 0.05$ ).

**Conclusions:** The femtosecond laser phacoemulsification technique achieves a significantly lower endothelial loss percentage compared to that obtained with the traditional phacoemulsification technique.

**Key words:** Phacoemulsification, femtosecond laser, percentage of endothelial loss.

## I. Introducción

El termino catarata se refiere a la opacificacion del lente, normalmente trasparente, llamado cristalino que está dentro del ojo. Este lente natural se encuentra localizado detrás de la pupila y está suspendido en su lugar por miles de frágiles fibras llamadas zonulas. El cristalino enfoca la luz del exterior sobre la retina localizada en la parte posterior del ojo para ver claramente.

El termino catarata fue introducido por Constantinus Africanus en el año 1018 d.c. significa "algo depositado sobre algo", siendo la descripción básica de la manifestación clínica provocada por la opacidad en el cristalino. En castellano el término "cataracta" se utilizó desde 1250, descrita por Cajal como " el telón que ocultaba el mágico teatro de la vida". Toda la evolución histórica del término lleva a la descripción inicialmente empírica de la patología que afecta al cristalino generando su opacificación y ulterior pérdida de la visión.

El cristalino es una lente biconvexa localizada por detrás del iris y delante del vítreo, es un tejido que se encuentra suspendido por pequeñas fibrillas que nacen del cuerpo ciliar y se fijan en el ecuador de dicho lente orgánico, el cual se halla compuesto de: una *cápsula*, delgada que rodea al cristalino, el *epitelio* localizado detrás de la cápsula anterior, la *corteza o córtex* con múltiples capas concéntricas cristalinianas, y el *núcleo* o centro del cristalino. La función del cristalino es favorecer la refracción ocular, junto con la córnea, el humor vítreo y el humor acuoso, con un poder de +20 dioptrías, permitiendo que el ojo acomode la visión a través de la curvatura que logre el cristalino como lente flexible, flexibilidad que disminuye con la edad.

El tratamiento final es la cirugía la cual nos vamos a basar en la comparación entre la cirugía tradicional y la facoemulsificación asistida con láser femtosegundo y su relación con la pérdida endotelial corneal.

### **1.1 Descripción y formulación del problema**

La opacificación del cristalino, llamada catarata, representa a la actualidad la principal causa de ceguera y ceguera reversible, con un total de 95 millones de personas afectadas a nivel global según cifras dadas por la organización mundial de la salud (Lam et al., 2015) (Y.-C. Liu et al., 2017) (Wormstone & Wride, 2011). Esta representa un problema de salud pública, donde la intervención quirúrgica es la única capaz de recuperar la agudeza visual en el paciente (Y.-C. Liu et al., 2017). Su relación intrínseca con el envejecimiento, y el aumento considerable de la población adulta mayor tanto a nivel mundial y nacional explican porque la cirugía de catarata es de las más frecuentes en ambas situaciones (Lam et al., 2015) (Wormstone & Wride, 2011).

La cirugía de catarata más empleada, y considerada el patrón de oro hasta la fecha, es la facoemulsificación, esta técnica emplea ondas de ultra sonido para la destrucción del cristalino (Donaldson et al., 2013). El inconveniente con dicha técnica es el efecto colateral generado por la injuria térmica y la génesis de radicales libres en la cámara anterior, que lesionan al endotelio corneal, lo cual se refleja en la disminución en la densidad endotelial corneal pos-operatoria, resaltando la importancia de la microscopia especular antes y después de la intervención (Abouzeid & Ferrini, 2014).

El desarrollo y perfeccionamiento en el área de la tecnología médica ha permitido realizar intervenciones quirúrgicas con una mayor precisión, menor tiempo operatorio y menor riesgo de complicaciones ulteriores (Donaldson et al., 2013). La cirugía asistida por láser femtosegundo, una tecnología novel a la actualidad en la cirugía de catarata, ha demostrado en varios estudios superioridad respecto a la cirugía solo por facoemulsificación

(H.-H. Liu et al., 2015) (Moshirfar et al., 2011). Dentro de sus bondades, la capacidad de esta en reducir el tiempo e intensidad de la facoemulsificación permiten disminuir el daño térmico y la génesis de radicales libres en la cámara anterior que puedan afectar al endotelio corneal, de esta forma son varios estudios que reportan una disminución de la pérdida endotelial posoperatoria, no se encontraron estudios previos realizados en nuestro país, ya que dicha tecnología no se encuentra disponible en instituciones públicas, y son escasas las instituciones privadas que cuentan con esta, el presente estudio se propone a determinar la relación entre la facoemulsificación asistida por láser femtosegundo y la pérdida endotelial posoperatoria, tomando como control a la cirugía solo por facoemulsificación (Abouzeid & Ferrini, 2014).

#### Problema general

¿Cuál es la relación entre la Facoemulsificación y Facoemulsificación asistida con láser femtosegundo para la pérdida endotelial corneal en adultos mayores post operados de catarata en la clínica la luz 2018-2019?

#### Problemas específicos

¿Cuál es la relación entre la Facoemulsificación y Facoemulsificación asistida con láser femtosegundo para la severidad de catarata en la clínica la luz 2018-2019?

¿Cuál es la relación entre la Facoemulsificación y Facoemulsificación asistida con láser femtosegundo para la agudeza visual en adultos mayores post operados de catarata en la clínica la luz 2018-2019?

## 1.2 Antecedentes

Yu et al (2016) en su estudio Comparative outcomes of femtosecond laser-assisted cataract surgery and manual phacoemulsification: a six-month follow-up, el cual tuvo lugar en china, fue un estudio tipo cohorte prospectiva que involucro a 70 pacientes sometidos a femtolaser y 54 paciente sometidos a facoemulsificación, se encontro una perdida del 17.06% y 13.08% para facoemulsificación y femtolaser a los 6 meses respectivamente, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa ( $p=0.11$ ) (Yu et al., 2016).

Abell et al (2014) en su estudio Effect of femtosecond laser-assisted cataract surgery on the corneal endothelium, el cual tuvo lugar en Italia, fue un estudio tipo cohorte prospectiva con un total de 405 ojos sometidos a cirugía femtosegundo y 215 ojos sometidos a facoemulsifiacion, en los cuales se encontró una diferencia estadísticamente significativa con un p valor= 0.04, para perdida endotelial corneal siendo los casos 10.3 +/- 208 y los controles 138 +/-189 (Abell et al., 2014).

Hengerer et al (2013), en su estudio Corneal endothelial cell loss and corneal thickness in conventional compared with femtosecond laser-assisted cataract surgery: three moth follow up, el cual tuvo lugar en Alemania, fue un estudio tipo cohorte prospectiva, con una muestra total de 146 ojos se encontró una pérdida endotelial de 8.1% +/-8.1% y 13.7% +/- 8.4% a los 3 meses en los pacientes sometidos a femtolaser y facoemulsifiacion respectivamente (Conrad-Hengerer et al., 2013).

Zaina Al-Mohtaseb et al (2017) en su estudio Comparison of Corneal Endothelial Cell Loss Between Two Femtosecond Laser Platforms and Standard Phacoemulsification el cual tuvo lugar en EEUU, con un diseño experimental de tipo prospectivo no aleatorizado encontró que el porcentaje de disminución de células endoteliales corneales era menor en los pacientes sometidos a cirugía de catarata por femtolaser en comparación a los pacientes sometidos a facoemulsificación standard ( $P=0.02$ ) y llegó a la conclusión de que la cirugía

por femtolaser causaba menor pérdida endotelial comparada con la facoemulsificación convencional (Z et al., 2017).

Gábor Sándor et al (2013) en su estudio Comparison of early corneal peripheral endothelial cell loss following femtosecond laser - assisted cataract surgery and conventional phacoemulsification el cual tuvo lugar en Hungría, con un diseño experimental de tipo prospectivo no aleatorizado, el cual encontró que la densidad endotelial luego de 1 mes en el postoperatorio estaba ligeramente disminuida en el grupo de pacientes sometidos a facoemulsificación ( $2696 \pm 233/\text{mm}^2$ ) en relación a los pacientes sometidos a femtolaser ( $2833 \pm 140/\text{mm}^2$ ), sin embargo, no encontró una diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,0887$ ). Con lo que se llegó a la conclusión de que existía una pequeña tendencia a la disminución de la cantidad de células del endotelio corneal luego de la cirugía que usaba laser femtosegundo comparada con la facoemulsificación convencional (Sándor et al., 2013).

E. Kleynhans et al (2019) en su estudio Does femtosecond laser-assisted cataract surgery (FLACS) cause less endothelial cell loss and corneal oedema than conventional cataract surgery with phacoemulsification? El cual tuvo lugar en Inglaterra, y empleó un diseño experimental de tipo ensayo clínico, prospectivo, donde no se encontró una diferencia clínicamente significativa entre la pérdida de células del endotelio corneal entre los grupos sometidos a cirugía por laser femtosegundo y cirugía de facoemulsificación convencional (Kleynhans et al., 2019).

Daliya Dzhaber et al. (2019) en su estudio Comparison of changes in corneal endothelial cell density and central corneal thickness between conventional and femtosecond laser-assisted cataract surgery: a randomised, controlled clinical trial, realizado en EEUU, donde empleó un diseño experimental de tipo ensayo clínico controlado aleatorizado, donde no encontró diferencias estadísticamente significativas en la pérdida de la densidad endotelial corneal durante el postoperatorio entre las cirugías de femtolaser y facoemulsificación

convencional ( $p=0.18$ ), con lo que se concluyó que existían diferencias comparables entre el femtolaser y la facoemulsificación (14) (Dzhaber et al., 2020).

Therese Krarup et al. (2019) en su estudio Comparison of refractive predictability and endothelial cell loss in femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional phaco surgery: prospective randomised trial with 6 months of follow-up realizado en Dinamarca, donde se empleó un diseño experimental de tipo ensayo clínico aleatorizado, prospectivo, donde se encontró una pérdida de células del endotelio corneal en pacientes sometidos a femtolaser de 12.89% y en pacientes sometidos a facoemulsificación convencional de 18.19% ( $P=0.027$ ). Asimismo, se llegó a la conclusión de que la pérdida de células endoteliales fue significativamente menor en cirugía femtolaser en relación con facoemulsificación convencional (Krarup et al., 2019).

Yasser El-Zankalony et al. (2015) en su estudio Corneal endothelial cell count following femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification realizado en Egipto, que empleó un diseño experimental de tipo ensayo clínico, prospectivo, donde se encontró que se requería un tiempo menor de facoemulsificación por 38% en la cirugía femtolaser, con lo que se concluyó que la cirugía femtolaser era más segura que la facoemulsificación convencional en términos de pérdida de células del endotelio corneal (El-Zankalony, s. f.).

Kacerovský Martin et al. (2018) en su estudio Development of the Number of Corneal Endothelial Cells Following the Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery Compared to Classical Phacoemulsification, realizado en Suecia, que empleó un diseño experimental de tipo ensayo clínico, donde se encontró una diferencia estadísticamente significativa ( $p<0.05$ ) en la pérdida de células endoteliales entre el grupo sometido a laser femtosegundo (4.5%) en comparación con el grupo sometido a facoemulsificación convencional (6.2%), y se concluyó

en que el femtolaser reducía la pérdida endotelial corneal en comparación con la facoemulsificación convencional (Martin et al., 2018).

Muhammad Saim Khan et al. (2016) en su estudio Effect of Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery (FLACS) on Endothelial Cell Count realizado en la India, que empleó un diseño experimental de tipo ensayo clínico controlado aleatorizado, donde se encontró que la media del conteo endotelial celular corneal en pacientes sometidos a facoemulsificación fue de 228, comparado con los pacientes sometidos a laser femtosegundo el cual fue de 23 ( $p < 0.05$  Mann Whitney U-test). Este estudio concluyó que la cirugía de laser femtosegundo era más segura e inducía menor pérdida de células endoteliales corneales (M. S. Khan et al., 2017).

Parra-Rodríguez et al. (2016) en su estudio Pérdida celular endotelial en pacientes operados de catarata por facoemulsificación manual y en técnica asistida con láser de femtosegundo en el 2015 en el Hospital Central Militar realizado en Mexico, el cual empleó un diseño observacional de tipo analítico, longitudinal y ambispectivo, donde se encontró una diferencia estadísticamente significativa de la pérdida de células del endotelio corneal entre los pacientes sometidos a facoemulsificación convencional (Phaco:  $F = 1284,841$ ,  $df = 1$ ,  $P < .05$ ); y los pacientes sometidos a laser femtosegundo (Femto:  $F = 1033.175$ ;  $df = 1$ ;  $P < 0,05$ ). Este estudio concluyó en que la cirugía de laser femtosegundo producía una menor pérdida de células del endotelio corneal (Parra-Rodríguez et al., 2017).

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo General***

Comparar las técnicas de facoemulsificación y facoemulsificación asistida por láser femtosegundo para la pérdida endotelial corneal en adultos mayores post operados de catarata en la clínica la luz en los años 2018 a 2019

### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Comparar las técnicas de facoemulsificación y facoemulsificación asistida por láser femtosegundo por severidad de catarata en adultos mayores post operados de catarata en la clínica la luz en los años 2018 a 2019
- Comparar las técnicas de facoemulsificación y facoemulsificación asistida por láser femtosegundo para la agudeza visual en adultos mayores post operados de catarata en la clínica la luz en los años 2018 a 2019

### **1.4 Justificación**

El presente estudio va acorde a los lineamientos en investigación en salud ocular dados por el ministerio de salud en su último documento técnico para la prevención y tratamiento de la ceguera reversible.

El presente estudio aporta información respecto a la utilidad de la cirugía láser femtosegundo en pacientes con densidades corneales bajas que puedan exponer al paciente a una disfunción corneal posoperatoria.

Aportará información al médico oftalmólogo para la consideración de una mayor pérdida en la densidad endotelial ante cataratas en mayor grado de madurez, y la utilidad del láser femtosegundo como una herramienta que disminuya el daño dado por la facoemulsificación.

A su vez servirá de utilidad para conservar una mayor densidad endotelial corneal en pacientes quienes tengan antecedentes de patologías intraoculares quienes probablemente puedan ser sometidos a otras intervenciones quirúrgicas en un futuro, ya que el trauma ocular dado por la intervención quirúrgica también reduce la densidad endotelial.

### **1.5 Hipótesis**

#### ***1.5.1 Hipótesis General***

- Hipótesis alterna: Hay diferencia entre las técnicas de facoemulsificación y facoemulsificación asistida por láser femtosegundo para la pérdida endotelial corneal en adultos mayores post operados de catarata en la clínica la luz en los años 2018 a 2019
- Hipótesis nula: No hay diferencia entre las técnicas de facoemulsificación y facoemulsificación asistida por láser femtosegundo para la pérdida endotelial corneal en adultos mayores post operados de catarata en la clínica la luz en los años 2018 a 2019

### ***1.5.2 Hipótesis Especifica***

i. Hi: hay diferencias entre las técnicas de facoemulsificación y facoemulsificación asistida por láser femtosegundo por severidad de catarata en adultos mayores post operados de catarata en la clínica la luz en los años 2018 a 2019.

ii. Ho: No hay diferencias entre las técnicas de facoemulsificación y facoemulsificación asistida por láser femtosegundo por severidad de catarata en adultos mayores post operados de catarata en la clínica la luz en los años 2018 a 2019.

iii. Hi: hay diferencias entre las técnicas de facoemulsificación y facoemulsificación asistida por láser femtosegundo para agudeza visual post operatoria en adultos mayores post operados de catarata en la clínica la luz en los años 2018 a 2019.

iv. Ho: No hay diferencias entre las técnicas de facoemulsificación y facoemulsificación asistida por láser femtosegundo para agudeza visual post operatoria en adultos mayores post operados de catarata en la clínica la luz en los años 2018 a 2019.

## **II. Marco Teórico**

### **2.1 Bases Teóricas Sobre el Tema de Investigación**

#### ***2.1.1 Envejecimiento***

##### ***2.1.1.1 Definición***

El envejecimiento se define como un proceso biológico de deterioro progresivo e irreversible, no patológico, caracterizado por la presencia de alteraciones fisiológicas que conllevan al individuo a una capacidad disminuida de adaptación y supervivencia, así como a un mayor riesgo de desarrollar enfermedades. Este proceso compromete la integridad de los diversos sistemas, órganos y tejidos, haciéndolos susceptibles a diversas patologías (Strehler, 2000) (Dodig et al., 2019) (Jayanthi et al., 2010).

En los últimos años, se ha observado un incremento en la esperanza de vida, el cual se cree es debido a los avances en la ciencia, los cuales han permitido el tratamiento de diversas patologías, que en años anteriores causaban mortalidad significativa en la población a edades tempranas (Jayanthi et al., 2010) (Tosato et al., 2007) Asimismo, en la actualidad el campo de la investigación está dirigiendo su interés tanto a la génesis del proceso envejecimiento como a la prevención de enfermedades asociadas a este, con la esperanza de disminuir la morbimortalidad en esta población (Tosato et al., 2007).

#### *2.1.1.2 Epidemiología*

La prevalencia global de adultos mayores se ha incrementado en los últimos años con respecto a los anteriores, esto puede verse ilustrado en la última edición del reporte internacional de poblaciones, el cual reporta una prevalencia mundial de adultos mayores de 65 años de 8.5% (Bureau, s. f.) (Chang et al., 2019). Se estima que para el año 2050 la cantidad de individuos que conforman esta población se incrementará aún más como resultado de las mejoras para prolongar el periodo de vida y reducir la mortalidad en esta población (Tosato et al., 2007)

En Latinoamérica, según el Instituto de Nacional de Estadística y Geografía de México se encuentra la mayor prevalencia de adultos mayores a nivel mundial, la cual corresponde a un 11.2% de esta población. (*Strengthening the Scientific Foundation for Policymaking to Meet the Challenges of Aging in Latin America and the Caribbean*, 2015)

En el Perú, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la prevalencia de adultos mayores en el año 2019 correspondía a un 12.4%, un porcentaje mayor con respecto al obtenido en años anteriores (*ENFERMEDADES\_ENDES\_2018.pdf*, s. f.).

#### *2.1.1.3 Patología Ocular En El Envejecimiento*

El proceso de envejecimiento cursa con una serie de alteraciones fisiológicas en todos los tejidos y órganos del cuerpo que ocurren como resultado de fallas en la reparación, y el mantenimiento de la homeostasis, así como en la respuesta al estrés por parte de los tejidos. Asimismo, esta condición también incrementa la incidencia de muchas patologías en los diversos sistemas, las cuales pueden llevar a la muerte (Jaul & Barron, 2017) (S. S. Khan et al., 2017).

A nivel ocular, el envejecimiento causa alteraciones estructurales a nivel de varias partes del ojo como lo son el cristalino, la córnea, la macula, la retina y en los anexos del ojo (Lin et al., 2016).

Con respecto a las alteraciones que ocurren en la córnea, estas incluyen la disminución del número de células del endotelio corneal que ocurre con la edad avanzada, el engrosamiento de la membrana de Descemet, la aparición del arco senil corneal, la pérdida de la curvatura de la córnea, la cual puede predisponer a alteraciones en la refracción, entre otras (Lin et al., 2016).

A nivel de la retina se presentan alteraciones en la agudeza visual, en la percepción del color y en la sensibilidad al contraste. Además, con la edad avanzada se pierden neuronas de retina como los bastones fotorreceptores, las células ganglionares y células bipolares. También se da la acumulación de material lipídico entre el epitelio pigmentario y la membrana basal de la retina, que se conoce como drusen, el cual está relacionado con la patogénesis de la degeneración macular relacionada con la edad no exudativa (Lin et al., 2016).

Por otro lado, esta condición puede aumentar el riesgo de desarrollar patologías oculares relacionadas con la edad como la catarata senil, glaucoma y degeneración macular relacionada con la edad (S. S. Khan et al., 2017) (Lin et al., 2016).

## **2.1.2 Catarata**

### *2.1.2.1 El Cristalino*

El cristalino es un órgano biconvexo y deformable cuya función principal es la Refracción de la luz (cambio en la dirección de los rayos lumínicos), para su convergencia (confluencia de rayos lumínicos en un punto) en la retina. En un ojo sano, el poder refractivo puede variar dependiendo de la distancia del objeto, aumentando, dioptría positiva, cuando es cercano y disminuyendo, dioptría negativa, cuando es lejano, este proceso fisiológico se conoce como acomodación, la unidad de medida para cuantificar el poder de refracción del cristalino se da en dioptrías (Wormstone & Wride, 2011) (Ovenseri-Ogbomo & Oduntan, 2015).

Por ser un órgano avascular, la nutrición y eliminación de metabolitos dependen del humor acuoso y humor vítreo, que bañan las caras anterior y posterior respectivamente. A su vez la ausencia de vasos sanguíneos es crucial para la transparencia de este (Wormstone & Wride, 2011) (*Webvision – The Organization of the Retina and Visual System*, s. f.).

El cristalino posee 4 partes de afuera hacia adentro son:

La capsula: membrana basal elaborada por el epitelio del cristalino, conformada por colágeno tipo IV, que permite anclar las zónulas de Zinn provenientes del cuerpo ciliar, para el sostén y fijación del cristalino, así como realizar el proceso de acomodación (*Webvision – The Organization of the Retina and Visual System*, s. f.).

El epitelio: es una monocapa con actividad mitótica, cuyas células presentan una diferenciación a células fibrilares, estas pierden todas sus organelas y ribosomas y aumentan su cantidad intracelular de proteínas, siendo La proteína cristalina el 90% del total de proteínas

intracelulares en el cristalino, su correcto plegamiento e invariabilidad postransduccional garantiza la óptima transparencia y refracción en dicho órgano. Estas células luego con el tiempo van ocupando la corteza y el núcleo, mientras más interna este la célula fibrilar, más antigua es (Lam et al., 2015) (*Webvision – The Organization of the Retina and Visual System*, s. f.).

Corteza: se ubica inferior al epitelio y está compuesta por las células fibrilares más jóvenes (*Webvision – The Organization of the Retina and Visual System*, s. f.)

Núcleo: ubicado en el centro del cristalino y se compone de las células fibrilares más antiguas (*Webvision – The Organization of the Retina and Visual System*, s. f.)

El cristalino de un adulto es 3 veces mayor que el de un neonato, siendo 250mg y 90mg respectivamente, esto se da por el constante aumento de células fibrilares durante el transcurso de la vida. (*Webvision – The Organization of the Retina and Visual System*, s. f.)

Dentro de las patologías asociadas al cristalino, para nuestra revisión será de vital importancia mencionar a la proteína cristalina, la cual en situaciones que comprometen su correcto plegamiento generan complejos de alto peso molecular y polímeros que llevan a un estado de mayor rigidez del cristalino afectando la acomodación, y posteriormente al desarrollo de opacidades afectando de refracción de la luz, lo que se conoce como Presbicia y catarata respectivamente (Lam et al., 2015).

#### *2.1.2.2 Fisiopatología Y Definición De Catarata*

Se define como una opacidad en el cristalino la cual genera variaciones significativas en el índice refractivo de la luz, su nombre viene de su apariencia a la fundoscopia (Wormstone & Wride, 2011) (V. B. Gupta et al., 2014).

Tenemos varias clasificaciones para tipificar el tipo de catarata de los pacientes, una clasificación importante es acorde a su edad de presentación, la cual puede ser congénita, juvenil, pre-senil y senil (Wormstone & Wride, 2011).

La catarata senil se define como aquella que acontece sin la presencia de trauma mecánico, químico o radiación, siendo resultado del estrés oxidativo desencadenado por el envejecimiento celular (Wormstone & Wride, 2011). (Yu et al., 2016) (V. B. Gupta et al., 2014)

Según la ubicación de la catarata en el cristalino estas pueden ser:

Nuclear: afecta las fibras centrales probablemente por ser las fibras con mayor tiempo, siendo los adultos mayores la población más asociada a esta, donde el daño ejercido se da por estrés oxidativo que altera la estructura de la proteína cristalina y genera esclerosis, llevando a opacificación de la región nuclear, la cual presenta coloración blanquecina, amarilla, naranja y el estadio avanzado de color marrón o brunecento que varían dependiendo de la agregación proteica y llevan consigo a una menor transparencia y mayor dispersión de la luz. de progresar esto puede darse licuefacción de la corteza llevando al decantamiento del núcleo en el saco capsular, donde la posterior ruptura de este llevaría a la salida de material proteínico al humor acuoso, lo que podría obstruir la malla trabecular del canal de schlemm, pudiendo llevar a una reacción facolítica glaucomatosa (Wormstone & Wride, 2011) (*Webvision – The Organization of the Retina and Visual System*, s. f.) (V. B. Gupta et al., 2014).

Cortical: se debe a alteraciones en la permeabilidad, generando una alta concentración de calcio intracelular que altera la homeostasis del epitelio del cristalino, lo cual afecta a las fibras corticales, llevando a la presencia de material eosinofílico (rosado) en la zona cortical, esta a su vez se asocia al envejecimiento (Wormstone & Wride, 2011) (Yu et al., 2016) (V. B. Gupta et al., 2014)

Posterior Subcapsular: se da por una migración y diferenciación anómala de células epiteliales a la región posterior del cristalino, en respuesta a un estímulo externo tales como diabetes mellitus, inflamación sistémica y local como las uveítis, uso tópico o sistémico de

corticoides, resultando en la formación de fibras anormales conocidas como células Wedl, las cuales secretan matriz extracelular y material citolítico que produce la opacidad en dicha zona (Wormstone & Wride, 2011) (Yu et al., 2016) (V. B. Gupta et al., 2014)

Anterior subcapsular: degeneración del epitelio más frecuente dado por trauma ocular, tratamiento iatrogénico o espontáneo, llevando a metaplasia fibrosa donde el epitelio se diferencia en miofibroblastos que luego degeneran y forman una masa hialina (Wormstone & Wride, 2011) (Yu et al., 2016) (V. B. Gupta et al., 2014)

#### *2.1.2.3 Epidemiología y Factores de Riesgo*

La catarata es la causa más frecuente en alteración visual reversible y ceguera a nivel mundial (Lam et al., 2015), la organización mundial de la salud (OMS) en su último reporte estimó un total de 95 millones de personas afectadas con catarata que presentaban limitación visual (Yu et al., 2016), con una diferencia marcada entre los países de ingreso salarial alto en contraste a los de ingreso salarial bajo, siendo el 5% y 50% de las causas de ceguera respectivamente (Yu et al., 2016). Se estima que la prevalencia de catarata aumenta con la edad 3.9% a los 50 años y 92.6% a los 80 años, por lo que se le considera el factor principal de riesgo (Yu et al., 2016).

La diabetes mellitus tipo 2 representa un alto riesgo para el desarrollo de catarata, al grado que estos pacientes presentan catarata 20 años antes de lo que sería si no tuvieran diabetes mellitus, otras condiciones de riesgo como fumar y ser varón también representan factores de riesgo (Yu et al., 2016)

El sub grupo de catarata senil es responsable del 48% de la ceguera mundial (V. B. Gupta et al., 2014)

#### *2.1.2.4 Síntomas*

La disminución en la agudeza visual (AV) es una de las manifestaciones clásicas de la catarata, para lo que se emplea la cartilla de Snell para su cuantificación, aunque muchas

veces pacientes con catarata clínicamente significativa pueden tener una AV normal, incluso si reportan episodios de compromiso visual (See et al., 2019) (Wiggins et al., 2009) (L. Gupta et al., 2017).

La prueba de sensibilidad de contraste permite determinar el umbral de cada para distinguir un objeto de su entorno, una disminución en esto es motivo de reportar pobre visión en pacientes con catarata, ya que esta puede limitar la capacidad de discriminar señales de tráfico y rostros (See et al., 2019) (Wiggins et al., 2009).

El deslumbramiento ocular incapacitante en pacientes con catarata representa la disminución de la agudeza visual ante un aumento en el brillo del ambiente, dado por días soleados o el alumbrado en las noches, el cual se diagnostica con el test de deslumbramiento, en este, se toma la agudeza visual apuntando un rayo de luz por debajo de la pupila, para posteriormente contrastarlo con el resultado de la agudeza visual estándar, en caso de haber caída en la agudeza visual, se diagnostica catarata clínicamente significativa (See et al., 2019) (Wiggins et al., 2009)

Dentro de la paradoja de la catarata esta la mejoría transitoria en la visión cercana, con una caída en la visión lejana, llevando a una miopía inducida por la catarata; a su vez el paciente refiere no poder diferenciar entre la intensidad de los colores (V. B. Gupta et al., 2014).

#### *2.1.2.5 Estadios De Catarata*

##### *Clasificación De Acuerdo Al Grado De Maduración De La Catarata*

La catarata senil se divide en estadios de acuerdo a su grado de maduración, mencionándose a continuación:

- Inmadura: estadio inicial caracterizado por la presencia de opacificación incompleta en áreas del cristalino (Lang, 2000).

- Madura: caracterizado por opacificación completa de la corteza del cristalino y marcada disminución de la agudeza visual con alteraciones en la percepción de áreas oscuras y claras (Lang, 2000).
- Hipermadura: se caracteriza por la licuefacción completa de la corteza, y se observa el núcleo denso marrón. También se acompaña de alteraciones en la agudeza visual y en la percepción del blanco y negro (Lang, 2000).
- Morgagniana: estadio final de una catarata, suele desarrollarse 20 años después de su inicio (Lang, 2000).

*Sistema De Clasificación De Opacidad Del Cristalino Iii (Locs Iii):*

Para evaluar la severidad y progresión de la opacificación del cristalino se han creado varios sistemas de clasificación, de estos el más utilizado en la actualidad en la práctica clínica es el Lens Opacities Classification System III (LOCS III), el cual brinda información sobre las características de la catarata y la calidad de la agudeza visual. La ventaja de este sistema de clasificación sobre los desarrollados anteriormente radica en su capacidad de identificar estadios tempranos de catarata, lo que refleja una alta sensibilidad del sistema. Además, examina parámetros estructurales como la opalescencia nuclear (NO) y el color nuclear (NC) de acuerdo al subtipo de catarata, ya sea nuclear, cortical o subcapsular posterior. Los grados obtenidos de acuerdo al tipo de catarata en LOCS III se correlacionan con los síntomas visuales experimentados por los pacientes, asimismo, grados elevados de los diversos subtipos de catarata permiten alertar a los médicos sobre la necesidad de intervención quirúrgica temprana como lo es la facoemulsificación (Gali et al., 2019) (Davison & Chylack, 2003).

Sistema de clasificación III para opacificación del cristalino (LOCS III), se evidencia la clasificación acorde a la ubicación de la opacidad y su gradación (Allen & Vasavada, 2006).

### *2.1.2.6 Tratamiento*

#### *Generalidades*

El único tratamiento para la catarata es su remoción quirúrgica con el posicionamiento de un lente intraocular artificial, donde la facoemulsificación, es el Gold estándar (Lam et al., 2015).

La cirugía de catarata es la intervención quirúrgica más común en el mundo, con un total de 19 millones de cirugías anuales a nivel global. La OMS predice un aumento a 32 millones de cirugías para este año, debido a que la población adulta mayor se duplicara entre los años 2000 a 2020 (Donaldson et al., 2013).

### **2.1.3 Facoemulsificación**

#### *2.1.3.1 Definición Y Principios*

La facoemulsificación es una técnica cirugía de extracción del cristalino, basada en la transducción de energía ultrasónica en energía cinética y térmica la cual tiene lugar en la punta de la pieza de mano (suelen ser de aleación de titanio por su propiedad de resistencia a la fragmentación) generando un fenómeno de cavitación el cual presenta estadios de crecimiento, oscilación y colapso de micro burbujas en medios líquidos creando presiones variables que terminan superando la inercia del núcleo del cristalino penetrándolo emulsificándolo y fragmentándolo, los cuales son removidos por un sistema de irrigación y aspiración de restos (Gali et al., 2019) (Davis, 2016) (Packer et al., 2005)

La potencia generada es el producto de la frecuencia oscilatoria entre los 29 a 60 Hertz y el trabajo asociado con la onda de choque. La frecuencia se define por la velocidad del movimiento de la punta de la pieza de mano y esta está determinada por el equipo a utilizar. Uno de los daños colaterales de la foacoemulsificacion es la termogénesis que genera lesión tisular de los tejidos circundantes, principal factor limitante en potencias elevadas del ultrasonido (Yow & Basti, 1997) (Takahashi, 2016).

La potencia depende de la longitud de choque que causa movimientos de la punta de la pieza de mano. El equipo de facoemulsificación está conformado por una consola, un pedal de pie, y una pieza de mano. La consola puede modificar la potencia a utilizarse. Todas las maquinas proveen una potencia que va del 0 al 100%, los cuales pueden modificarse en el panel de control del equipo y a través del pedal. Existen varios modos de calibración de la consola, dentro de estos, los más representativos son el modo de pulso, el modo de hiperpulso y el modo de explosión (46) (Suzuki et al., 2014).

La energía total liberada en el ojo es el producto del poder de facoemulsificación multiplicado por el tiempo, dicho calculo es realizado por la consola de facoemulsificación. Algunas medidas son comparables, como por ejemplo un poder al 100% en un periodo de 15 segundos es equivalente con un poder al 50% por 30 segundos. Se recomienda utilizar la menor energía ultrasónica posible con la finalidad de disminuir el daño a las células del endotelio corneal y causar un síndrome de descompensación corneal (Takahashi, 2016) (Draganić et al., 2012).

### *2.1.3.2 Pasos De La Facoemulsificación*

#### *Preparación para la intervencion*

Como en cualquier cirugía de catarata, se requiere dilatar la pupila con agentes tópicos, y esterilizar el ojo con yodopovidona. Posteriormente se expone el ojo utilizando un especulo para iniciar la cirugía (Davis, 2016) (Packer et al., 2005).

#### *Incisión corneal*

Se realiza una incisión pequeña de 1.8mm a 3.0 mm en el borde de la córnea o esclera, dicha incisión debe tener forma triplanar o multiplanar, a manera de puerta, de modo que está herida se cierre sola, lo que hace que esta operación también se llame “cirugía de catarata sin suturas”, la razón de no utilizar suturas en esta cirugía se basa en la premisa de que estas pueden distorsionar el borde corneal (Davis, 2016) (Packer et al., 2005). Luego de

esto, se inyecta un agente viscoelástico en la cámara anterior para mantener el espacio y proteger el endotelio de la córnea.

### *Capsulotomía*

Se realiza otra incisión continua de 5 a 6 mm de diámetro en la capsula anterior del cristalino opacificado, proceso que se conoce como capsulorexis, el cual permite la exposición del cristalino (Allen & Vasavada, 2006).

### *Emulsificación del cristalino*

Se introduce la aguja de facoemulsificación en el ojo y se inicia el proceso de facoemulsificación propiamente dicho, el cual utiliza energía ultrasónica para hacer vibrar una aguja de titanio a altas frecuencias con lo que se fragmenta el núcleo del cristalino y se procede a remover el núcleo de cristalino emulsificado por aspiración a través de la incisión de capsulorexis en la capsula anterior (Allen & Vasavada, 2006).

Una vez que la capsula del cristalino está libre de contenido, se inyecta más sustancia viscoelástica para mantener el espacio y evitar que otras estructuras interfirieran en la cirugía. Se procede a insertar un implante de lente intraocular plegable con una refracción adecuada en el saco capsular y se pasa a remover la sustancia viscoelástica. Al final de la cirugía, se inyecta un bolo de cefuroxima en la cámara anterior para disminuir la incidencia de endoftalmitis posoperatoria (Allen & Vasavada, 2006).

Esta cirugía, a diferencia de otras cirugías de extracción de catarata que quedaron en la antigüedad, utiliza geles viscoelásticos transparentes con el fin de proteger las estructuras intraoculares del trauma quirúrgico. Estos se han ido mejorando a través de los años, a tal punto de que han disminuido el riesgo de descompensación corneal, que se define como edema cornea que resulta de la pérdida de endotelio corneal durante la cirugía, dado por la incapacidad de la córnea de mantener su estado de deshidratación (Gali et al., 2019).

Además, debe tenerse en cuenta que los implantes de lente intraocular usados para reemplazar el cristalino opacificado, deben ser lentes plegables y de material plástico, acrílico o silicona, ya que estos facilitan su inserción en el saco capsular. Estos, vienen en diferentes poderes refractivos, y existen diseños para corregir el astigmatismo y la presbiopía. Esta es la razón por la cual la cirugía de catarata se ha convertido en una cirugía de corrección de errores refractivos y ha logrado disminuir la necesidad del uso de lentes correctivos en esta población. En los últimos años, se han desarrollado nuevos implantes de lentes intraoculares que bloquean la luz ultravioleta e inhiben la opacificación secundaria de la capsula posterior (Gali et al., 2019).

### *2.1.3.3 Intervencion Del Laser Femtosegundo*

La cirugía de Laser Femtosegundo usa tecnología con energía lumínica de longitud de onda muy cercana a radiación infrarroja, lo que evita su absorción por tejidos cristalinos presentes en la cámara anterior, evitando lesión de estructuras contiguas al cristalino, a su vez la emisión de esta en pulsos ultra rápidos de  $10^{-15}$  segundos y el enfoque microscópico de 3um del láser permiten una disección tisular a escala microscópica que evita el daño colateral a tejidos vecinos por la transducción de energía lumínica a energía térmica, esto ha permitido automatizar 3 pasos en la cirugía de catarata, la incisión corneal, la capsulotomía anterior y la fragmentación del cristalino (H.-H. Liu et al., 2015) (Moshirfar et al., 2011) (Yu et al., 2016).

El proceso de transformación de energía lumínica a energía cinética generada por el láser se conoce como fotodisrupción, esta energía cinética cambia el estado de la materia del cristalino a un estado plasmático, esto es gaseoso con carga eléctrica compuesta por cationes y electrones libres, generando burbujas cavitarias que separan el tejido del cristalino opacificado, el proceso de cortar un tejido para formar planos tisulares empleando la fotodisrupción se conoce como fotodisección y este es el principio básico de la cirugía femtolaser (H.-H. Liu et al., 2015) (Moshirfar et al., 2011) (Abell et al., 2014).

La baja energía generada por el femtolaser para la fragmentación del cristalino, lleva al uso de una facoemulsificación de baja energía, la cual beneficia disminuyendo la injuria hacia el endotelio corneal, lo cual se expresa al evaluar el porcentaje de pérdida en la densidad endotelial corneal post-operatoria al primer, tercer y sexto mes (Abell et al., 2014).

#### *2.1.3.4 Pasos En El Femtolaser*

##### Preparacion Para La Intervencion

Previa dilatación pupilar y anestesia tópica, se prosigue con el sistema de interfaz entre la córnea del paciente y el equipo, el cual genera un aplanamiento corneal, después de darse la interfaz se realiza un estudio de imagen del segmento anterior unos emplean la tomografía de coherencia óptica y otros emplean la fotografía tridimensional de Scheimpflug para obtener puntos de referencia anatómicos para la precisión del láser y establecer límites tales como la ubicación de la capsula posterior para evitar su perforación, entre otras. Una vez establecidos estos patrones se puede recién dar la activación del láser (H.-H. Liu et al., 2015) (Moshirfar et al., 2011) (Yu et al., 2016) (Abell et al., 2014).

##### Incisiones Corneales

La tecnología de imagen delimita puntos de referencia para las áreas correctas donde se realizaran las incisiones corneales, a su vez la tecnología láser aumenta la precisión del corte a una escala mucho mayor que la manual, esto genera bordes altamente regulares que disminuyen el riesgo de fuga del humor acuoso, alteraciones en la superficie de la córnea que puedan llevar al astigmatismo, y probablemente disminuir la incidencia de endoftalmitis asociadas a cirugías de catarata (H.-H. Liu et al., 2015) (Moshirfar et al., 2011) (Yu et al., 2016) (Abell et al., 2014).

##### Capsulotomia

La remoción de la capsula anterior empleando tecnología láser ha demostrado una precisión mucho mayor en comparación a la técnica manual, esto ha demostrado una mayor resistencia a desgarros de los bordes y de persistencia de restos capsulares, y aumenta las

probabilidades de un mejor centrado del lente intraocular, lo que evita su desplazamiento anterior que generando miopía, o su desplazamiento posterior, generando hipermetropía, por otro lado la precisión del láser para generar el orificio en la capsula anterior evita tener diámetros pequeños que puedan generar fibrosis capsular anterior y a su vez evitan diámetros mayores al lente intraocular que puedan llevar a opacificacion capsular posterior (H.-H. Liu et al., 2015) (Moshirfar et al., 2011) (Yu et al., 2016) (Abell et al., 2014).

#### Fragmentación Del Cristalino

La fragmentación del cristalino empleando el láser permite realizar una facoemulsificación que requiera una menor duración y una menor energía, estudios refieren una disminución del 51% y 43% respectivamente. Lo expuesto previamente reduce en gran cuantía el daño cinético y térmico ejercido por el ultrasonido en caso de estar presente por mayor tiempo e intensidad (H.-H. Liu et al., 2015) (Moshirfar et al., 2011) (Yu et al., 2016) (Abell et al., 2014).

#### *Densidad Endotelial Respecto A Facoemulsificacion Y Laser Femtosegundo:*

El daño endotelial corneal representa una complicación seria de la cirugía de extracción de catarata por facoemulsificación debido al uso de energía ultrasónica excesiva, esto puede verse sobre todo en cataratas maduras con un núcleo extremadamente rígido, las cuales requieren una mayor cantidad de poder ultrasónico, lo que a su vez resulta en un mayor riesgo de daño corneal (Takahashi, 2016).

Los factores de riesgo para el desarrollo del daño del endotelio corneal en la cirugía de facoemusificación incluyen el uso de una cantidad excesiva de energía ultrasónica, la colisión de fragmentos nucleares del cristalino con el endotelio corneal, burbujas de aire, el aumento de temperatura localizada en el humor acuoso, así como de la presión de irrigación empleada durante la facoemulsificación (Takahashi, 2016) (Suzuki et al., 2014).

Con respecto a la temperatura, muchos estudios experimentales han demostrado que aumentos en el poder ultrasónico causan un aumento de temperatura en la cámara anterior. Asimismo, la energía ultrasónica a altas intensidades puede inducir la formación de radicales libres en la cámara anterior. Se cree que estos se generan por un mecanismo de cavitación acústica, que se define como el crecimiento y colapso de micro burbujas, lo que crea ondas de choque que inducen presiones altas localizadas, esta energía causa una desintegración directa de moléculas de agua con la formación de iones hidroxilo (OH), los cuales causan daño endotelial. Por su parte, la inyección de geles viscoelásticos en el cámara anterior previo a la facoemulsificación puede proteger el endotelio corneal del estrés oxidativo. Esto se debe a que estos geles contienen hialuronidato sodico, el cual puede neutralizar radicales libres (Yow & Basti, 1997).

Es importante realizar una evaluación pre quirúrgica del endotelio corneal mediante microscopia especular, ya que como se ha mencionado anteriormente, un daño colateral de esta cirugía es que puede disminuir el número de células endoteliales de la córnea. Debe notarse que en vista de que estas células no tienen la capacidad de regenerarse, si se llega a un número inferior a 500 células por milímetros cuadrados, el paciente desarrollará una insuficiencia corneal, y requerirá un trasplante corneal como tratamiento efectivo (Lam et al., 2015).

#### ***2.1.4 Agudeza Visual***

Se define como agudeza visual a la capacidad del sistema visual para discriminar dos estímulos separados en un fondo de alto contraste, esto se da por un ángulo de resolución visual con un vértice de un área inferior al grado por lo que las unidades de medida manejadas son el arco minuto y el arco segundo. La capacidad de discriminación máxima ocular para dos estímulos se genera por el ángulo mínimo de resolución (MAR) con valores

de 1 arco minuto a 30 arco segundos considerados normales, el cual nos brinda el umbral de resolución. El cálculo matemático de la agudeza visual es igual al recíproco del MAR, resulta de suma importancia mencionar que los valores numéricos de estas dos variables no se ajustan a un modelo lineal, por tales motivos se trabaja con el logaritmo de base diez para el MAR (logMAR), lo cual soluciona el ajuste de linealidad (Kniestedt & Stamper, 2003).

Para poder estimar la agudeza visual, el MAR y el logMAR se han diseñado instrumentos de medición, entre estos el más empleado es la cartilla de Snellen, este emplea a los optotipos que se definen como formas, frecuentemente letras del alfabeto latino, de dimensiones en escala descendente, donde cada forma se divide en 25 casillas de igual dimensión, por lo que el alto o ancho de cada casilla es 5 veces menor a la totalidad del optotipo. La cartilla de Snellen generalmente se encuentra estandarizada para trabajar con 20 pies o 6 metros de distancia entre la cartilla y el sujeto de estudio, respetar la distancia establecida es de suma importancia para asegurar la validez del instrumento, ya que una fila de optotipos con una dimensión dada posee un MAR de 1 arco minuto o 1 de agudeza visual para 20 pies o 6 metros, por tales razones la fila de optotipos que recibe la fracción 20/20 que es igual a 1 de agudeza visual, esta fracción es la estimación de la agudeza visual donde el numerador representa la distancia la distancia entre el sujeto de estudio y la cartilla y el denominador es la cantidad de arco minutos en metros o pies para el MAR del optotipo, sabiendo que 1 MAR es igual a una distancia de 20 pies o 6 metros. En la práctica se estima que la agudeza es igual o similar a la fila de optotipos de menor tamaño que el paciente pudo leer (Kniestedt & Stamper, 2003) (Jackson & Bailey, 2004).

El propósito de contrastar la agudeza visual antes y después de una cirugía de catarata permite al médico oftalmólogo cuantificar la mejoría después de la intervención. El instrumento con mayor acogida para la medición de la agudeza visual es la cartilla de snellen, la cual nos brinda un aproximado a las medidas de agudeza visual, MAR y logMAR, siendo

la unidad de medida más empleada el logMAR (Kniestedt & Stamper, 2003) (Jackson & Bailey, 2004).

### **III. Método**

#### **3.1 Tipo De Investigación**

El presente estudio tuvo un nivel de investigación explicativo pues buscó identificar al laser femtosegundo como una variable causal o independiente de tipo protectora para la disminución densidad endotelial corneal, variable efecto o dependiente.

A su vez sus características fueron:

*Cuantitativo:* ya que el estudio empleó variables, lo que dio como resultados objetivos.

*Observacional:* en ningún momento el investigador asignó alguna variable, ya sea de exposición o de intervención, solo se limitó a observar los eventos en los grupos de estudio.

*Longitudinal:* se realizaron 2 mediciones para la variable densidad endotelial corneal.

*Retrospectivo:* la variable desenlace, densidad endotelial corneal, ocurrió antes de iniciar el presente estudio.

*Analítico:* ya que se buscó establecer una relación de causa efecto entre las variables laser femtosegundo y disminución de la densidad endotelial corneal.

*Tipo cohorte retrospectiva:* ya que la población se seleccionó a partir de la variable exposición, facoemulsificación asistida por láser femtosegundo la cual se dividió como categorías expuestos a aquellos quienes se le realizaron laser femtosegundo y no expuestos a quienes se le realizó solo facoemulsificación.

#### **3.2 Ámbito Temporal y Espacial**

El presente proyecto de tesis se realizó en la clínica la luz ubicada en Av. Arequipa 1148, Cercado de Lima 15046, durante los años 2019 – 2020.

#### **3.3 Variables**

### 3.3.1 Variables clínicas

- Edad
- Sexo
- Agudeza visual
- Estadio de catarata (LOCS)
- Intensidad del ultrasonido
- Tiempo de duración del ultrasonido

### 3.3.2 Variable independiente

- Facoemulsificación asistida con Laser femtosegundo

### 3.3.3 Variable dependiente

- Densidad endotelial corneal posoperatoria

### 3.3.4 Operacionalización de variables

**Sexo:** variable cualitativa dicotómica nominal adimensional, con las categorías masculinas y femeninas, los datos para cada sujeto de estudio se obtendrán de la última consulta que tuvo en el servicio de oftalmología.

**Edad:** variable cuantitativa continua de razón adimensional, medida en años, los datos de cada sujeto de estudio se obtendrán de la última consulta que tuvo en el servicio de oftalmología.

**Facoemulsificación asistida con láser femtosegundo:** variable cualitativa dicotómica nominal adimensional, con las categorías cirugía laser femtosegundo y facoemulsificación, los datos de cada sujeto de estudio se obtendrán de la historia clínica del paciente

**Densidad endotelial corneal:** es una variable cuantitativa continua de razón adimensional, su medición será en células/mm<sup>2</sup>, los datos se recolectaran de los reportes de

microscopia especular pre operatoria y post-operatoria tercer, presentes en la historia clínica del paciente.

**Estadio de catarata según clasificación LOCS:** es una variable cualitativa politómica ordinal adimensional, con las categorías con 5 categorías, los datos de cada sujeto de estudio se obtendrán de la historia clínica del paciente

**Agudeza visual (logMAR):** es una variable cuantitativa continua de intervalo adimensional, unidad de medida el logaritmo base 10 del ángulo de resolución mínimo, los datos de cada sujeto de estudio se obtendrán de la historia clínica del paciente.

**Intensidad del ultrasonido:** es una variable cuantitativa continua de razón adimensional, la unidad de medición está en porcentaje de intensidad del 0 al 1. Los datos de cada sujeto de estudio se obtendrán de la historia clínica del paciente.

### 3.4 Población y Muestra

La población universo fueron todos los pacientes adultos mayores quienes fueron sometidos a cirugía de catarata con exámenes de microscopia especular realizados en el sexto mes del post-operatorio en la clínica la Luz en los años 2018 a 2019.

Entre los años 2018 a 2019 se reportaron un total de 90 cirugías asistidas por láser femtosegundo y 107 cirugías solo empleando facoemulsificación, se calculó la potencia estadística para el contraste de medias de pérdida en la densidad endotelial a los 40 días entre 2 grupos usando como antecedente los resultados generados por Krarup, T. et al con una media de 344 y desviación estándar de 90 para el grupo asistido con láser femtosegundo y una media de 497 y desviación estándar de 80 para el grupo solo con facoemulsificación, con una diferencia de medias igual a 153. Se obtuvo una potencia estadística del 100% para el máximo de población esperado poblacional 90 y 107, y se obtuvo a su vez una potencia estadística del 100% para el mínimo esperado poblacional de 80 y 80, esto es tomando en cuenta aquellos sujetos de estudio que no se ajustaron a los criterios de selección.

### 3.4.1 Criterios Selección

#### **Criterios de exclusión**

- Diabetes mellitus
- Enfermedades reumáticas sistémicas
- Enfermedades autoinmunes oculares
- Antecedente de zoster de la rama oftálmica
- Antecedente de cirugías intraoculares
- Antecedente de Ulceras corneales recurrentes
- Antecedente de glaucoma
- Antecedente de distrofia endotelial de Fuchs
- Antecedente de trauma ocular
- Antecedente de keratocono
- Antecedente de Patologías neoplásicas
- Antecedente de corticoterapia
- **Criterios de inclusión**
- Pacientes adultos mayores (60 años a mas)
- Historia clínica que contenga los datos requeridos por la ficha de recolección de datos

### 3.5 Instrumentos

Previa aceptación del proyecto de tesis por la clínica, se acudió al área de archivos para solicitar las bases de datos mensuales de los años 2019 y 2018 de todos los pacientes atendidos en el departamento de oftalmología, se seleccionaron aquellos pacientes fueron sometidos a una prueba de microscopia especular al sexto mes del post-operatorio de catarata, posteriormente se acudió a oficina de registros para solicitar las historias clínicas para el posterior vaciado de la información requerida en la ficha de recolección de datos.

### 3.6 Procedimientos

La información recolectada en la ficha de datos se depositó en una hoja de Excel para su ordenamiento de variables, posteriormente se empleó el paquete estadístico STAT-

TRANSFER para transferir los datos ordenados a un documento de spss, para el cálculo, obtención de estadísticos, generación de tablas y gráficos en el paquete estadístico SPSS versión 25.

El presente estudio respetó el anonimato de cada uno de los sujetos de estudio, se inició el estudio previa aprobación del jefe del departamento de oftalmología, el comité evaluador de la clínica la luz y comité de ética de la universidad nacional Federico Villarreal. Por ser la recolección de información de las historias clínicas, no se requirió el uso de un consentimiento informado para los sujetos de estudio.

### **3.7 Análisis Estadístico de los Datos**

#### ***3.7.1 Estadística descriptiva***

Se calculó la media y desviación estándar para las variables cuantitativas pérdida de densidad endotelial al tercer mes, agudeza visual (logMAR), potencia del ultrasonido, tiempo de duración y edad a su vez se determinará la normalidad en la distribución de cada variable empleando la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnoff, los resultados se expresarán en tablas con los respectivos valores P para normalidad.

Se realizará una tabla de distribución de frecuencias para determinar la frecuencia absoluta y relativa para las variables cualitativas como son sexo y estadio de catarata según escala LOCS.

#### ***3.7.2 Estadística Inferencial***

Para determinar si hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias o medianas de la pérdida de densidad endotelial y agudeza visual (logMAR) respecto a los dos grupos de facoemulsificación asistida con láser femtosegundo y facoemulsificación sola se empleara la prueba paramétrica t-student o la prueba no paramétrica U- de Mann Whitney dependiendo de los resultados de normalidad empleando la prueba de Kolmogorof-Smirnoff para cada una de las variables.

Se realizará una prueba estadística de chi cuadrado de independencia para las variables facoemulsificación asistida con láser femtosegundo y estadios de catarata según escala LOCS.

### **3.8. Consideraciones Éticas**

El presente estudio fue desarrollado sin riesgo, pues no se hizo ningún tipo de intromisión o transformación de las variables analizadas como biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales a las personas que decidieron participar del estudio. Además, cada evaluación fue incógnita y se logró mantener la privacidad de los datos del paciente.

## IV. Resultados

**Tabla N° 01. Características de los pacientes incluidos en el estudio en la Clínica La Luz durante el periodo 2018– 2019.**

<b>Variab les interven ientes</b>	<b>Faco con láser femtoseg undo (n=80)</b>	<b>Faco trad icional (n=80)</b>	<b>RR (IC 95%)</b>	<b>Valor p</b>
<b>Edad:</b>	67.1 +/- 6.4	68.3 +/- 7.2	NA	0.764
<b>Severidad de cataratas (LOCS III):</b>				
<b>Grado 1</b>	2 (2%)	4 (5%)	NA	0.563
<b>Grado 2</b>	6 (8%)	6 (8%)		
<b>Grado 3</b>	30 (37%)	38 (48%)		
<b>Grado 4</b>	34 (43%)	28 (34%)		
<b>Grado 5</b>	8 (10%)	4 (5%)		
<b>Sexo:</b>	47 (59%)	44 (55%)	RR :1.16	0.672
<b>Masculino</b>	33 (41%)	36 (45%)	(IC 95% 0.6 – 1.4)	
<b>Femenino</b>				
<b>Agudeza visual preoperatoria: 20/200 - 20/60 &lt; 20/200</b>	56 (70%) 24 (30%)	52 (65%) 28 (35%)	RR : 1.25 (IC95% 0.5 – 1.7)	0.812

FUENTE: Clínica La Luz –Fichas de recolección: 2018 - 2019.

**Tabla N° 02: Comparación del porcentaje de pérdida endotelial entre facoemulsificación tradicional y facoemulsificación por láser femtosegundo en adultos mayores con cataratas en la Clínica La Luz periodo 2018– 2019.**

Pérdida endotelial corneal (%)	Técnica		P	T de student
	Facoemulsifica cion láser femtosegundo (n=80)	Facoemulsifi cacion tradicional (n=80)		
Promedio	11.3	17.2	0.036	
Desviación estandar	6.9	7.6	2.08	

*FUENTE: Clínica La Luz –Fichas de recolección: 2018 - 2019.*

En el análisis se aprecia que el promedio de porcentaje de pérdida endotelial empleado con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo fue significativamente inferior que la utilizada con la técnica de facoemulsificación tradicional ( $p < 0.05$ ).

**Tabla N° 03: Comparación de intensidad de ultrasonido entre facoemulsificación tradicional y facoemulsificación por láser femtosegundo en adultos mayores con cataratas en la Clínica La Luz periodo 2018– 2019.**

Intensidad de ultrasonido	Técnica		P student	T de
	Facoemulsifica cion láser femtosegundo (n=80)	Facoemulsifi cacion tradicional (n=80)		
Promedio	0.11	0.19	0.038	
Desviación estandar	0.08	0.11	1.96	

*FUENTE: Clínica La Luz –Fichas de recolección: 2018 - 2019.*

En el análisis se aprecia que el promedio de intensidad de ultrasonido empleado con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo fue significativamente inferior que la utilizada con la técnica de facoemulsificación tradicional ( $p < 0.05$ ).

**Tabla N° 04: Comparación de tiempo de duración de ultrasonido entre facoemulsificación tradicional y facoemulsificación por láser femtosegundo en adultos mayores con cataratas en la Clínica La Luz periodo 2018– 2019.**

Tiempo de duración de ultrasonido (segundos)	Técnica		P	T de student
	Facoemulsificación láser femtosegundo (n=80)	Facoemulsificación tradicional (n=80)		
Promedio	0.18	1.9	0.001	
Desviación estandar	0.05	1.5		4.34

**FUENTE: Clínica La Luz –Fichas de recolección: 2018 - 2019.**

En el análisis se aprecia que el promedio de tiempo de duración de ultrasonido empleado con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo fue significativamente inferior que la utilizada con la técnica de facoemulsificación tradicional ( $p < 0.05$ ).

**Tabla N° 05: Comparación de agudeza visual postoperatoria entre facoemulsificación tradicional y facoemulsificación por láser femtosegundo en adultos mayores con cataratas en la Clínica La Luz periodo 2018– 2019.**

Agudeza visual postoperatoria (log MAR)	Técnica		P student	T de
	Facoemulsificación láser femtosegundo (n=80)	Facoemulsificación tradicional (n=80)		
Promedio	0.19	0.32	0.02	2.18
Desviación estandar	0.11	0.17		

*FUENTE: Clínica La Luz –Fichas de recolección: 2018 - 2019.*

En el análisis se aprecia que la agudeza visual postoperatoria alcanzada con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo fue significativamente superior que la utilizada con la técnica de facoemulsificación tradicional ( $p < 0.05$ ).

## V. Discusión de Resultados

La cirugía de catarata más empleada, y considerada el patrón de oro hasta la fecha, es la facoemulsificación, esta técnica emplea ondas de ultra sonido para la destrucción del cristalino (Donaldson et al., 2013). El inconveniente con dicha técnica es el efecto colateral generado por la injuria térmica y la génesis de radicales libres en la cámara anterior, que lesionan al endotelio corneal, lo cual se refleja en la disminución en la densidad endotelial corneal pos-operatoria, resaltando la importancia de la microscopia especular antes y después de la intervención (Abouzeid & Ferrini, 2014). La cirugía asistida por láser femtosegundo, una tecnología novel a la actualidad en la cirugía de catarata, ha demostrado en varios estudios superioridad respecto a la cirugía solo por facoemulsificación (H.-H. Liu et al., 2015) (Moshirfar et al., 2011). Dentro de sus bondades, la capacidad de esta en reducir el tiempo e intensidad de la facoemulsificación permiten disminuir el daño térmico y la génesis de radicales libres en la cámara anterior que puedan afectar al endotelio corneal, de esta forma son varios estudios que reportan una disminución de la pérdida endotelial posoperatoria, no se encontraron estudios previos realizados en nuestro país, ya que dicha tecnología no se encuentra disponible en instituciones públicas, y son escasas las instituciones privadas que cuentan con esta, el presente estudio se propone a determinar la relación entre la facoemulsificación asistida por láser femtosegundo y la pérdida endotelial posoperatoria, tomando como control a la cirugía solo por facoemulsificación (Abouzeid & Ferrini, 2014).

En la Tabla N° 1 se compara información general de los pacientes, que podrían considerarse como variables intervinientes en tal sentido comparan las variables edad, genero, severidad de cataratas y agudeza visual preoperatoria; sin verificar diferencias significativas respecto a estas características entre los pacientes de uno u otro grupo de estudio; estos hallazgos son coincidentes con lo descrito por Abell et al en el 2014 y

Hengerer et al en el 2013; quienes tampoco registran diferencia respecto a las variables edad y genero entre los pacientes expuestos a facoemulsificación asistida por láser femtosegundo o facoemulsificación tradicional.

En la Tabla 2 se verifica el impacto del tipo de estrategia quirúrgica en relación al grado de porcentaje de pérdida endotelial con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo respecto a la técnica de facoemulsificación tradicional; reconociendo diferencias significativas; verificado a través de la prueba t de student para extrapolar esta conclusión a la población; siendo el valor alcanzado significativo ( $p < 0.05$ ).

En cuanto a los trabajos previos observados se puede considerar al estudio de Abell et al en el 2014 quienes en su estudio de tipo cohorte prospectiva con un total de 405 ojos sometidos a cirugía femtosegundo y 215 ojos sometidos a facoemulsificación, en los cuales se encontró una diferencia estadísticamente significativa con un p valor= 0.04, para pérdida endotelial corneal siendo los casos 10.3 +/- 208 y los controles 138 +/-189 (Abell et al., 2014).

Dentro de los antecedentes encontrados tenemos el estudio de Hengerer et al en el 2013 quienes en su estudio el cual tuvo lugar en Alemania, fue un estudio tipo cohorte prospectiva, con una muestra total de 146 ojos se encontró una pérdida endotelial de 8.1% +/- 8.1% y 13.7% +/-8.4% a los 3 meses en los pacientes sometidos a femtolaser y facoemulsificación respectivamente (Conrad-Hengerer et al., 2013).

Hacemos referencia también a lo descrito por Zaina Al-Mohtaseb et al en el 2017 quienes en su estudio el cual tuvo lugar en EEUU, con un diseño experimental de tipo prospectivo no aleatorizado encontró que el porcentaje de disminución de células endoteliales corneales era menor en los pacientes sometidos a cirugía de catarata por femtolaser en comparación a los pacientes sometidos a facoemulsificación standard ( $P=0.02$ ) comparada con la facoemulsificación convencional (Z et al., 2017).

En la Tabla 3 se verifica el impacto del tipo de estrategia quirúrgica respecto a la intensidad de ultrasonido con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo respecto a la técnica de facoemulsificación tradicional; reconociendo diferencias significativas; verificado a través de la prueba t de student para extrapolar esta conclusión a la población; siendo el resultado observado significativo ( $p < 0.05$ ).

En la Tabla 4 se verifica el impacto del tipo de estrategia quirúrgica en relación al tiempo de duración de ultrasonido con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo respecto a la técnica de facoemulsificación tradicional; reconociendo diferencias significativas; verificado a través de la prueba t de student para extrapolar esta conclusión a la población; siendo el valor alcanzado significativo ( $p < 0.05$ ).

En la Tabla 5 se verifica el impacto el tipo de estrategia quirúrgica en relación a la agudeza visual postoperatoria con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo respecto a la técnica de facoemulsificación tradicional; reconociendo diferencias significativas; verificado a través de la prueba t de student para extrapolar esta conclusion a la población; siendo el valor alcanzado significativo ( $p < 0.05$ ).

Reconocemos los hallazgos descritos por Therese Krarup et al. en el 2019 quienes, en su estudio realizado en Dinamarca, donde se empleó un diseño experimental de tipo ensayo clínico aleatorizado, prospectivo, donde se encontró una pérdida de células del endotelio corneal en pacientes sometidos a femtolaser de 12.89% y en pacientes sometidos a facoemulsificación convencional de 18.19% ( $P = 0.027$ ). Asimismo, se llegó a la conclusión de que la pérdida de células endoteliales fue significativamente menor en cirugía femtolaser en relación con facoemulsificación convencional (Krarup et al., 2019).

Parra-Rodríguez et al. en el 2016 quienes en su estudio realizado en México, el cual empleó un diseño observacional de tipo analítico, longitudinal y ambispectivo, donde se encontró una diferencia estadísticamente significativa de la perdida de células del endotelio

corneal entre los pacientes sometidos a facoemulsificación convencional (Phaco:  $F = 1284,841$ ,  $df = 1$ ,  $P < 0,05$ ); y los pacientes sometidos a laser femtosegundo (Femto:  $F = 1033,175$ ;  $df = 1$ ;  $P < 0,05$ ). (Parra-Rodríguez et al., 2017).

## VI. Conclusiones

No se apreciaron diferencias significativas respecto a las variables edad, sexo, severidad de cataratas y agudeza visual preoperatoria entre los pacientes expuestos a facoemulsificación con láser femtosegundo o facoemulsificación tradicional ( $p>0.05$ ).

El promedio de porcentaje de pérdida endotelial con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo fue significativamente inferior que la utilizada con la técnica de facoemulsificación tradicional ( $p<0.05$ ).

El promedio de intensidad de ultrasonido con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo fue significativamente inferior que la utilizada con la técnica de facoemulsificación tradicional ( $p<0.05$ ).

El promedio de tiempo de duración de ultrasonido con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo fue significativamente inferior que la utilizada con la técnica de facoemulsificación tradicional ( $p<0.05$ ).

La agudeza visual postoperatoria con la técnica de facoemulsificación con láser femtosegundo fue significativamente superior que la utilizada con la técnica de facoemulsificación tradicional ( $p<0.05$ ).

## VII. Recomendaciones

Los hallazgos descritos debieran ser considerados como sustento al momento de diseñar estrategias orientadas a seleccionar la estrategia quirúrgica de mayor efectividad en el tratamiento de cataratas en pacientes adultos mayores con esta patología

Nuevos estudios, randomizados, de tipo ensayo clínico, multicéntricos y con mayor tamaño muestral deberían ser llevados a cabo, con el objetivo de corroborar y extrapolar las tendencias observadas entre las variables en estudio a nivel local y regional.

Es pertinente emprender estudios experimentales con el objetivo de comparar otros aspectos de interés en el desempeño y la comparación de las técnicas quirúrgicas analizadas tales como la eficiencia, el perfil de costo beneficio y la seguridad a largo plazo en la población de la tercera edad.

### VIII. Referencias Bibliográficas

- Abell, R. G., Kerr, N. M., Howie, A. R., Mustaffa Kamal, M. A. A., Allen, P. L., & Vote, B. J. (2014). Effect of femtosecond laser-assisted cataract surgery on the corneal endothelium. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 40(11), 1777-1783.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.05.031>
- Abouzeid, H., & Ferrini, W. (2014). Femtosecond-laser assisted cataract surgery: A review. *Acta Ophthalmologica*, 92(7), 597-603. <https://doi.org/10.1111/aos.12416>
- Allen, D., & Vasavada, A. (2006). Cataract and surgery for cataract. *BMJ*, 333(7559), 128-132. <https://doi.org/10.1136/bmj.333.7559.128>
- Bureau, U. C. (s. f.). *International Population Reports (P95 and WP Series) Series*. The United States Census Bureau. Recuperado 2 de abril de 2020, de <https://www.census.gov/library/publications/time-series/p95-wp.html>
- Chang, A. Y., Skirbekk, V. F., Tyrovolas, S., Kassebaum, N. J., & Dieleman, J. L. (2019). Measuring population ageing: An analysis of the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet Public Health*, 4(3), e159-e167. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(19\)30019-2](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(19)30019-2)
- Conrad-Hengerer, I., Al-Sheikh, M., Schultz, T., Hengerer, F., & Dick, H. (2013). Corneal endothelial cell loss and corneal thickness in conventional compared with femtosecond laser-assisted cataract surgery: Three-month follow-up. *Journal of cataract and refractive surgery*, 39. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.05.033>
- Davis, G. (2016). The Evolution of Cataract Surgery. *Missouri Medicine*, 113(1), 58-62.
- Davison, J. A., & Chylack, L. T. (2003). Clinical application of the lens opacities classification system III in the performance of phacoemulsification. *Journal of*

*Cataract & Refractive Surgery*, 29(1), 138-145. [https://doi.org/10.1016/S0886-3350\(02\)01839-4](https://doi.org/10.1016/S0886-3350(02)01839-4)

Dodig, S., Dodig, S., Čepelak, I., & Pavić, I. (2019). Hallmarks of senescence and aging.

*Biochemia Medica*, 29(3), 0-0. <https://doi.org/10.11613/BM.2019.030501>

Donaldson, K., Braga-Mele, R., Cabot, F., Davidson, R., Dhaliwal, D., Hamilton, R.,

Jackson, M., Patterson, L., Stonecipher, K., & Yoo, S. (2013). Femtosecond laser–assisted cataract surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 39, 1753-1763. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.09.002>

Draganić, V., Vukosavljević, M., Milivojević, M., Resan, M., & Petrović, N. (2012).

[Evolution of cataract surgery: Smaller incision–less complications]. *Vojnosanitetski Pregled*, 69(5), 385-388. <https://doi.org/10.2298/vsp1205385d>

Dzhaber, D., Mustafa, O., Alsaleh, F., Mihailovic, A., & Daoud, Y. J. (2020). Comparison of

changes in corneal endothelial cell density and central corneal thickness between conventional and femtosecond laser-assisted cataract surgery: A randomised, controlled clinical trial. *The British Journal of Ophthalmology*, 104(2), 225-229. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2018-313723>

El-Zankalony. (s. f.). *Corneal endothelial cell count following femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification*. Recuperado 2 de abril de

2020, de <http://www.jeos.eg.net/article.asp?issn=2090->

0686;year=2016;volume=109;issue=1;spage=21;epage=25;aulast=El-Zankalony

*ENFERMEDADES\_ENDES\_2018.pdf*. (s. f.). Recuperado 2 de abril de 2020, de

[https://proyectos.inei.gob.pe/endes/2018/SALUD/ENFERMEDADES\\_ENDES\\_2018.pdf](https://proyectos.inei.gob.pe/endes/2018/SALUD/ENFERMEDADES_ENDES_2018.pdf)

- Gali, H. E., Sella, R., & Afshari, N. A. (2019). Cataract grading systems: A review of past and present. *Current Opinion in Ophthalmology*, *30*(1), 13-18.  
<https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000542>
- Gupta, L., Cvintal, V., Delvadia, R., Sun, Y., Erdem, E., Zangalli, C., Lu, L., Wizov, S. S., Richman, J., Spaeth, E., & Spaeth, G. L. (2017). SPARCS and Pelli–Robson contrast sensitivity testing in normal controls and patients with cataract. *Eye*, *31*(5), 753-761.  
<https://doi.org/10.1038/eye.2016.319>
- Gupta, V. B., Rajagopala, M., & Ravishankar, B. (2014). Etiopathogenesis of cataract: An appraisal. *Indian Journal of Ophthalmology*, *62*(2), 103. <https://doi.org/10.4103/0301-4738.121141>
- Jackson, A., & Bailey, I. (2004). *Visual Acuity*. 5.
- Jaul, E., & Barron, J. (2017). Age-Related Diseases and Clinical and Public Health Implications for the 85 Years Old and Over Population. *Frontiers in Public Health*, *5*, 335. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00335>
- Jayanthi, P., Joshua, E., & Ranganathan, K. (2010). Ageing and its implications. *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*, *14*(2), 48. <https://doi.org/10.4103/0973-029X.72500>
- Khan, M. S., Habib, A., Ishaq, M., & Yaqub, M. A. (2017). Effect of Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery (FLACS) on Endothelial Cell Count. *Journal of the College of Physicians and Surgeons--Pakistan: JCPSP*, *27*(12), 763-766. <https://doi.org/2768>
- Khan, S. S., Singer, B. D., & Vaughan, D. E. (2017). Molecular and physiological manifestations and measurement of aging in humans. *Aging Cell*, *16*(4), 624-633.  
<https://doi.org/10.1111/acel.12601>
- Kleynhans, E., Boliter, A. R., & Grossman, E. S. (2019). Does femtosecond laser-assisted cataract surgery (FLACS) cause less endothelial cell loss and corneal oedema than

- conventional cataract surgery with phacoemulsification? *South African Ophthalmology Journal*, 14(3), 9-15.
- Kniestedt, C., & Stamper, R. L. (2003). Visual acuity and its measurement. *Ophthalmology Clinics*, 16(2), 155-170. [https://doi.org/10.1016/S0896-1549\(03\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0896-1549(03)00013-0)
- Krarup, T., Ejstrup, R., Mortensen, A., Cour, M. la, & Holm, L. M. (2019). Comparison of refractive predictability and endothelial cell loss in femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional phaco surgery: Prospective randomised trial with 6 months of follow-up. *BMJ Open Ophthalmology*, 4(1), e000233. <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2018-000233>
- Lam, D., Rao, S. K., Ratra, V., Liu, Y., Mitchell, P., King, J., Tassignon, M.-J., Jonas, J., Pang, C. P., & Chang, D. F. (2015). Cataract. *Nature Reviews Disease Primers*, 1(1), 1-15. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2015.14>
- Lang, G. K. (2000). *Ophthalmology a short textbook*. Thieme.
- Lin, J. B., Tsubota, K., & Apte, R. S. (2016). A glimpse at the aging eye. *Npj Aging and Mechanisms of Disease*, 2(1), 1-7. <https://doi.org/10.1038/npjamd.2016.3>
- Liu, H.-H., Hu, Y., & Cui, H.-P. (2015). Femtosecond laser in refractive and cataract surgeries. *International Journal of Ophthalmology*, 8(2), 419-426. <https://doi.org/10.3980/j.issn.2222-3959.2015.02.36>
- Liu, Y.-C., Wilkins, M., Kim, T., Malyugin, B., & Mehta, J. S. (2017). Cataracts. *Lancet (London, England)*, 390(10094), 600-612. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30544-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30544-5)
- Martin, K., Jana, K., Robert, K., & Havránek, R. (2018). *Development of the Number of Corneal Endothelial Cells Following the Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery Compared to Classical*. 5.

- Moshirfar, M., Churgin, D. S., & Hsu, M. (2011). Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery: A Current Review. *Middle East African Journal of Ophthalmology*, 18(4), 285-291. <https://doi.org/10.4103/0974-9233.90129>
- Ovenseri-Ogbomo, G. O., & Oduntan, O. A. (2015). Mechanism of accommodation: A review of theoretical propositions. *African Vision and Eye Health*, 74(1), 6. <https://doi.org/10.4102/aveh.v74i1.28>
- Packer, M., Fishkind, W. J., Fine, I. H., Seibel, B. S., & Hoffman, R. S. (2005). The physics of phaco: A review. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 31(2), 424-431. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2004.11.027>
- Parra-Rodríguez, D. S., Sierra Acevedo, G. A., Nieto Aguilar, M. V., & Cantero Vergara, M. A. (2017). Pérdida celular endotelial en pacientes operados de catarata por facoemulsificación manual y en técnica asistida con láser de femtosegundo en el 2015 en el Hospital Central Militar. *Revista Mexicana de Oftalmología*, 91(5), 241-246. <https://doi.org/10.1016/j.mexoft.2016.06.008>
- Sándor, G., Takács, Á., Kranitz, K., Juhasz, E., Kovacs, I., & Nagy, Z. (2013). Comparison of early corneal peripheral endothelial cell loss following femtosecond laser—Assisted cataract surgery and conventional phacoemulsification. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 54(15), 1649-1649.
- See, C., Iftikhar, M., & Woreta, F. (2019). Preoperative evaluation for cataract surgery. *Current Opinion in Ophthalmology*, 30(1), 3-8. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000535>
- Strehler, B. L. (2000). Understanding aging. *Methods in Molecular Medicine*, 38, 1-19. <https://doi.org/10.1385/1-59259-070-5:1>

- Strengthening the Scientific Foundation for Policymaking to Meet the Challenges of Aging in Latin America and the Caribbean: Summary of a Workshop.* (2015). National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/21800>
- Suzuki, H., Oki, K., Igarashi, T., Shiwa, T., & Takahashi, H. (2014). Temperature in the anterior chamber during phacoemulsification. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, *40*(5), 805-810. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.08.063>
- Takahashi, H. (2016). Corneal Endothelium and Phacoemulsification. *Cornea*, *35*, S3. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000000990>
- Tosato, M., Zamboni, V., Ferrini, A., & Cesari, M. (2007). The aging process and potential interventions to extend life expectancy. *Clinical Interventions in Aging*, *2*(3), 401-412.
- Webvision – The Organization of the Retina and Visual System.* (s. f.). Recuperado 2 de abril de 2020, de <https://webvision.med.utah.edu/>
- Wiggins, M. N., Irak-Dersu, I., Turner, S. D., & Thostenson, J. D. (2009). Glare Testing in Patients with Cataract after Dilation. *Ophthalmology*, *116*(7), 1332-1335. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2009.01.043>
- Wormstone, I. M., & Wride, M. A. (2011). The ocular lens: A classic model for development, physiology and disease. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *366*(1568), 1190-1192. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0377>
- Yow, L., & Basti, S. (1997). Physical and mechanical principles of phacoemulsification and their clinical relevance. *Indian Journal of Ophthalmology*, *45*(4), 241.
- Yu, Y., Chen, X., Hua, H., Wu, M., Lai, K., & Yao, K. (2016). Comparative outcomes of femtosecond laser-assisted cataract surgery and manual phacoemulsification: A six-month follow-up. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, *44*(6), 472-480. <https://doi.org/10.1111/ceo.12695>

Z, A.-M., X, H., N, Y., D, W., & Ke, D. (2017). Comparison of Corneal Endothelial Cell Loss Between Two Femtosecond Laser Platforms and Standard Phacoemulsification. *Journal of Refractive Surgery (Thorofare, N.J. : 1995)*, 33(10), 708-712.  
<https://doi.org/10.3928/1081597x-20170731-01>

## IX. Anexo

## INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

## FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

“NOMBRE DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE Y/O DEPENDIENTE.”

El presente instrumento almacenara la información presente en las historias clínicas de cada sujeto de estudio.

CIRUGIA LASER FEMTOSEGUNDO Y PERDIDA ENDOTELIAL CORNEAL EN ADULTOS MAYORES POST OPERADOS DE CATARATA EN LA CLINICA LA LUZ 2018-2019					
DATOS GENERALES					
	EDAD				
	SEXO	M asculino		femenino	
DATOS PATOLOGICOS					
	Densidad endotelial corneal preoperatoria		Celulas/mm <sup>2</sup>		
	Densidad endotelial corneal pos operatoria al 3er mes		Celulas/mm <sup>2</sup>		
	Estadio grado de catarata según escala LOCS	in madura		ma dura	
	Agudeza visual (logMAR)				
	intensidad ultrasonido				
0	Tiempo de duración del ultrasonido				

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR EXPERTO

### ESCALA DE OPINIÓN DEL EXPERTO APRECIACIÓN DEL EXPERTO SOBRE EL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN

	ESPECTOS A CONSIDERAR	EXPERTOS					
		A		B		C	
		I	O	I	O	I	O
	El instrumento tiene una estructura lógica						
	La secuencia de presentación de ítems es lógica						
	El instrumento abarca en su totalidad el problema de investigación						
	Los ítems permiten medir el problema de investigación						
	Los ítems permiten recoger información para alcanzar los objetivos de investigación						
	El instrumento abarca las variables e indicadores						
	Los ítems permiten contrastar la hipótesis						