



**Resultados Anatómicos y Funcionales de la Queratoplastia Endotelial DSAEK  
Asistida con Láser de Femtosegundo Comparados con la Asistida con  
Microquerátomo en un Centro de Referencia en Bogotá, Colombia.**

Daniela Chacón Zambrano

Tutores

Luz Matilde Mora, MD<sup>1,2</sup>

Shirley Rosenstiehl, MD<sup>1,2</sup>

Título a obtener: Oftalmólogo

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Oftalmología

Universidad del Rosario

Bogotá - Colombia

2022

Autores

Daniela Chacón, MD<sup>1,2</sup>

Jaime Andrés Suárez-Garavito, MD<sup>1,2</sup>

Luz Matilde Mora, MD<sup>1</sup>

Leonardo Ramírez, OD, MSc<sup>1</sup>

Shirley Rosenstiehl, MD<sup>1,2</sup>

**Resultados Anatómicos y Funcionales de la Queratoplastia Endotelial DSAEK Asistida con Láser de Femtosegundo Comparados con la Asistida con Microquerátomo en un Centro de Referencia en Bogotá, Colombia. Estudio Piloto**

Institución académica: Universidad del Rosario

Dependencia: Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Título de la investigación: Resultados Anatómicos y Funcionales de la Queratoplastia Endotelial DSAEK Asistida con Láser de Femtosegundo Comparados con la Asistida con Microquerátomo en un Centro de Referencia en Bogotá, Colombia.

Instituciones:

1. Fundación Oftalmológica Nacional – Fundonal
2. Universidad del Rosario

Tipo de investigación: Estudio piloto observacional analítico.

Investigador principal: Luz Matilde Mora, MD<sup>1,2</sup>

Investigadores asociados: Daniela Chacón Zambrano, MD<sup>1,2</sup>, Jaime Andrés Suárez-Garavito, MD<sup>1,2</sup>, Leonardo Ramírez, OD, MSc<sup>1</sup>, Shirley Rosenstiehl, MD<sup>1,2</sup>

Asesor clínico o temático: Luz Matilde Mora, MD

Asesor metodológico: Shirley Rosenstiehl, MD

“La Universidad del Rosario no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

Agradecimientos

## Contenido

1. Introducción.....	5
1.1. Planteamiento del problema .....	5
1.2. Justificación .....	6
2. Marco Teórico.....	6
2.1. Estado del arte .....	7
3. Pregunta de investigación.....	8
4. Objetivos .....	8
4.1. Objetivo general .....	8
4.2. Objetivos específicos.....	8
5. Metodología.....	9
5.1. Tipo y diseño de estudio:.....	9
5.2. Población .....	9
5.3. Criterios de selección .....	9
5.3.1. <i>Criterios de inclusión</i> .....	9
5.3.2. <i>Criterios de exclusión</i> .....	9
5.4. Variables .....	10
5.5. Población .....	14
5.6. Recolección de datos.....	14
5.7. Análisis estadístico .....	15
6. Resultados.....	15
6.1. Transparencia corneal.....	15
6.2. Agudeza visual .....	17
6.1 Manual-DSAEK vs Femtosegundo Asistido-DSAEK .....	18
7. Discusión.....	19
7.1. Agudeza visual .....	21
7.2. Transparencia .....	22
8. Referencias.....	23

## **1. Introducción**

### **1.1. Planteamiento del problema**

Los avances tecnológicos en queratoplastia han permitido el desarrollo de técnicas lamelares en las que la capa de tejido trasplantado tiene un espesor parcial. Esto ofrece beneficios sobre la técnica de queratoplastia penetrante, como mayores tasas de supervivencia del injerto, mayor regularidad corneal y menos complicaciones (1,2).

Después de la introducción de la descemetorhexis por Melles, et al. en 2004 (3), Gorovoy, et al. describieron la técnica de trasplante Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty (DSAEK) en 2006 utilizando un microqueratomo para realizar el corte lamelar en el tejido donante (4). Cheng, et al. posteriormente describieron el uso del láser de femtosegundo en lugar del microqueratomo en 2007 (5). Se han reportado tasas de complicaciones más bajas, así como una mayor precisión y previsibilidad de las secciones corneales, para otros procedimientos como la cirugía refractiva LASIK realizada con láser de femtosegundo en comparación con el microqueratomo (6). Sin embargo, hay pocos informes que comparen las diferencias entre los resultados de la DSAEK asistida por microqueratomo (mk-DSAEK) con los resultados de la DSAEK asistida por láser de femtosegundo (fs-DSAEK) (7,8).

Algunos estudios informan mejores resultados en pacientes con mk-DSAEK (7) así como la obtención de cortes irregulares e incompletos con los láseres de femtosegundo Visumax (Alcon ®) e Intralase (Abbott ®) (5). Debido a esto, existe cierta controversia sobre los resultados de los trasplantes endoteliales para DSAEK obtenidos con láseres de femtosegundo en comparación con los obtenidos con la técnica convencional asistida por microqueratomo. Por lo tanto, se considera útil evaluar las diferencias en términos de resultados visuales, transparencia corneal y recuento de células endoteliales entre el mk-DSAEK convencional y el fs-DSAEK más recientemente popularizado.

Cabe señalar que después de reportar cortes irregulares o incompletos con los dispositivos láser de femtosegundo Visumax (Alcon ®) e Intralase (Abbott ®), algunos autores concluyen

que la optimización de los parámetros para diferentes cortes con el láser de femtosegundo es aún un trabajo en progreso (8,9). En la revisión de la literatura, no se encontraron informes que describieran los parámetros optimizados para el dispositivo láser de femtosegundo Ziemer LDV Z8.

## **1.2. Justificación**

Existen estudios que reportan un mejor desenlace en pacientes con mk-DSAEK (4) y cortes irregulares e incompletos con los láser Visumax e Intralase (5). Debido a esto, se ha presentado en foros de especialistas de córnea controversia acerca del desempeño de los trasplantes endoteliales para DSAEK obtenidos con láser de femtosegundo con respecto a la técnica convencional asistida por microquerátomo por lo que se considera útil evaluar las diferencias en términos de resultados visuales, transparencia corneal y recuento de células endoteliales entre la técnica convencional asistida por microquerátomo (mk-DSAEK) y la técnica asistida por el láser femtosegundo (femto-DSAEK), más recientemente utilizada.

## **2. Marco Teórico**

El primer trasplante de córnea exitoso fue realizado en 1905 por Eduard Zirm (14), cuya técnica no presentó cambios significativos durante los años siguientes, hasta inicios del siglo 21 con el auge de las técnicas de trasplante endotelial (15).

Entre las técnicas lamelares se encuentran la queratoplastia lamelar anterior profunda denominada DALK por sus siglas en inglés (Deep Anterior Lamellar Keratoplasty), que reemplaza las capas anteriores de la córnea y las queratoplastias lamelares endoteliales que incluyen las técnicas denominadas DSAEK (Descemet Stripping with Automated Endothelial Keratoplasty) y DMEK (Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty) que reemplazan las capas posteriores (2).

Los estudios reportados sobre queratoplastias en Colombia por Barraquer-Coll y cols (6), Galvis y cols (7,8) y Mora y cols (9) muestran una tendencia a realizar con mayor frecuencia las queratoplastias lamelares en los últimos años.

## 2.1. Estado del arte

Se realizó una búsqueda y revisión de la literatura encontrada en las bases de datos Pubmed, ClinicalKey, Google Scholar, Embase y Science Direct, así como “hand searching”. Dentro de los términos utilizados en los motores de búsqueda se incluyeron: “(((descemet stripping automated endothelial keratoplasty) OR (DSAEK) OR (descemet stripping endothelial keratoplasty) OR (DSEK)) AND (microkeratome) AND (femtosecond) AND (endothelial cell count))”. Se realizaron búsquedas adicionales incluyendo los términos: ((femtosekundenlaser) AND (endothelial transplantation) AND (Z8)). También se tuvieron en cuenta las secciones de referencia de los artículos y las secciones de “similar articles” para ampliar las fuentes bibliográficas con la técnica de “bola de nieve”. La búsqueda estaba abierta para artículos en alemán, inglés y español. De los resultados se eligieron aquellos artículos que brindan la información más relevante para el presente protocolo de investigación. Encontramos 2 artículos que comparan DSAEK asistido con láser de femtosegundo y asistido por microquerátomo (4,5).

Heinzelmann y cols. reportan desenlaces clínicos, entre los cuales se destaca un mejor desenlace visual en los pacientes con mk-DSAEK, sin embargo, no hubo diferencias significativas en el equivalente esférico, ni astigmatismo queratométrico entre las dos técnicas. Similarmente, se reportó una disminución en el recuento de células endoteliales de aproximadamente 50% en el periodo postoperatorio con ambas técnicas (4); Jones y cols. describen los resultados del corte del injerto en cuanto a paquimetría y recuento de células endoteliales después de 48 horas de realizado el corte para tejidos precortados en un banco de ojos, sin que en el estudio se incluyan los resultados clínicos después de realizado el trasplante DSAEK. Se encontró que el grupo de injertos cortados con microquerátomo mostraban una mayor profundidad de corte, teniendo como resultado un estroma residual más delgado, con respecto al grupo con corte por láser de femtosegundo. No se reportaron diferencias significativas en el recuento de células endoteliales entre los dos grupos (5).

Un estudio reportó que el injerto endotelial puede ser obtenido mediante laser de femtosegundo, con una adecuada transparencia, injertos de espesor uniforme y recuento de células endoteliales satisfactorio a los 6 meses en el periodo postoperatorio, a pesar de la pobre agudeza visual debido a la dispersión y haze en la interfase, sin embargo, se resalta

que los parámetros utilizados juegan un papel en la regularidad del corte en el estroma posterior (10).

Hordtal y cols, y Jones y cols, reportan cortes irregulares e incompletos con los láser Visumax (Alcon) e Intralase (Abbott), que relacionan con una menor agudeza visual, concluyendo que se requiere optimizar los parámetros para el corte con dichos equipos (5,10). No encontramos hasta el momento reportes con el láser Ziemer LDV Z8 en el cual se establezcan los parámetros indicados para realizar esta técnica.

Este estudio pretende comparar los resultados anatómicos y funcionales de la Queratoplastia Endotelial DSAEK asistida con Láser de Femtosegundo comparados con la asistida con Microquerátomo en un centro de referencia en Bogotá en un periodo de seguimiento hasta de 12 años.

### **3. Pregunta de investigación**

¿Cuáles son los resultados anatómicos y funcionales de la queratoplastia endotelial DSAEK asistida con láser de femtosegundo comparado con la asistida con microquerátomo en un centro de referencia en Bogotá, Colombia?

### **4. Objetivos**

#### **4.1. Objetivo general**

Comparar los resultados anatómicos y funcionales de la queratoplastia endotelial DSAEK asistida con láser de femtosegundo con la asistida con microquerátomo en un centro de referencia en Bogotá, Colombia.

#### **4.2. Objetivos específicos**

4.2.1. Describir las características sociodemográficas de la población estudiada.

4.2.2. Describir la agudeza visual preoperatoria y 1, 3, 6 y 12 meses post operatorio en el grupo femto-DSAEK y mk-DSAEK.

4.2.3. Describir el recuento de células endoteliales del botón donante, preoperatorio y 6 meses post operatorio en el grupo femto-DSAEK y mk-DSAEK.

4.2.4. Describir las características anatómicas de la córnea determinadas mediante tomografía de coherencia óptica de segmento anterior (AS-OCT) después del 6º mes postoperatorio para ambos grupos.

4.2.5. Describir la presencia de rechazo corneal y presencia de falla del injerto en el grupo femto-DSAEK y mk-DSAEK

4.2.6. Comparar los resultados anatómicos y funcionales obtenidos después del 6º mes postoperatorio con las técnicas femto-DSAEK y mk-DSAEK.

## **5. Metodología**

### **5.1. Tipo y diseño de estudio:**

Estudio piloto observacional analítico.

### **5.2. Población**

Sujetos mayores de 18 años a quienes se haya realizado mk-DSAEK y femto-DSAEK con el láser de femtosegundo Ziemer LDV Z8 en el periodo comprendido entre enero de 2010 y enero de 2022, que lleven mínimo 6 meses de seguimiento postoperatorio en la Fundación Oftalmológica Nacional – Fundonal, en Bogotá, Colombia.

### **5.3. Criterios de selección**

#### ***5.3.1. Criterios de inclusión***

Pacientes en quienes se haya realizado mk-DSAEK y femto-DSAEK con el láser de femtosegundo Ziemer LDV Z8, en Fundonal en Bogotá, durante el periodo comprendido entre enero de 2010 y enero de 2022 y que lleven por lo menos 6 meses de seguimiento en el periodo postoperatorio.

#### ***5.3.2. Criterios de exclusión***

- Pacientes que hayan requerido conversión a queratoplastia penetrante en el momento intraoperatorio

- Pacientes que hayan presentado trauma, infección o algún evento patológico que altere la evolución natural antes de los 6 meses postoperatorios.

#### 5.4. Variables

Tabla 1. Definición de variables

<b>Variable</b>	<b>Definición operativa</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Escala</b>	<b>Unidades o categorías</b>
<b>Sexo</b>	Sexo del paciente definido por las características biológicas en masculino o femenino	Cualitativa	Nominal	1: Masculino 2: Femenino
<b>Edad</b>	Edad cronológica del sujeto en años desde el nacimiento hasta la fecha de la consulta respectiva	Cuantitativa	Discreta	Años cumplidos
<b>Agudeza visual preoperatoria</b>	Mejor visión con o sin corrección alcanzada por el paciente en la valoración preoperatoria	Cuantitativa	Continua	LogMAR
<b>Agudeza visual postoperatoria 1M</b>	Mejor visión con o sin corrección alcanzada por el paciente en el primer mes postoperatorio	Cuantitativa	Continua	LogMAR
<b>Agudeza visual</b>	Mejor visión con o sin corrección alcanzada	Cuantitativa	Continua	LogMAR

<b>postoperat oria 3M</b>	por el paciente en el tercer mes postoperatorio			
<b>Agudeza visual postoperat oria 6M</b>	Mejor visión con o sin corrección alcanzada por el paciente en el sexto mes postoperatorio	Cuantitativa	Continua	LogMAR
<b>Agudeza visual postoperat oria 12M</b>	Mejor visión con o sin corrección alcanzada por el paciente después de 12 meses postoperatorios	Cuantitativa	Continua	LogMAR
<b>Agudeza visual en el último control registrado</b>	Mejor visión con o sin corrección alcanzada en el último control al que asistió el paciente	Cuantitativa	Continua	LogMAR
<b>Transpare ncia Corneal preoperato ria</b>	Transparencia evaluada a través de la biomicroscopía en el preoperatorio	Cualitativa	Nominal	1: Transparente 2: Edema 3: Opaco
<b>Transpare ncia Corneal postoperat oria 1M</b>	Transparencia evaluada a través de la biomicroscopía después de 1 mes de la cirugía.	Cualitativa	Nominal	1: Transparente 2: Edema 3: Opaco

<b>Transparencia Corneal postoperatoria 3M</b>	Transparencia evaluada a través de la biomicroscopía después de 3 meses de la cirugía	Cualitativa	Nominal	1: Transparente 2: Edema 3: Opaco
<b>Transparencia Corneal postoperatoria 6M</b>	Transparencia evaluada a través de la biomicroscopía después de 6 meses de la cirugía	Cualitativa	Nominal	1: Transparente 2: Edema 3: Opaco
<b>Transparencia Corneal postoperatoria 12M</b>	Transparencia evaluada a través de la biomicroscopía después de 12 meses de la cirugía	Cualitativa	Nominal	1: Transparente 2: Edema 3: Opaco
<b>Recuento de células endoteliales preoperatorio</b>	Número de células endoteliales por mm <sup>2</sup> registrado antes de la cirugía por el banco de ojos	Cuantitativa	Continua	Células por milímetro cuadrado
<b>Recuento de células endoteliales postoperatorio</b>	Número de células endoteliales por mm <sup>2</sup> en el postoperatorio según el momento registrado en la historia clínica	Cuantitativa	Continua	Células por milímetro cuadrado

<b>Último control postoperatorio</b>	Tiempo en meses del último control postoperatorio	Cuantitativa	Discreta	Meses
<b>Rechazo del trasplante</b>	Trasplante con signos clínicos de rechazo determinado mediante biomicroscopía	Cualitativa	Nominal	1: Si 2: No
<b>Tiempo de rechazo de trasplante</b>	Tiempo postoperatorio al cual se presentaron signos clínicos de rechazo determinado mediante biomicroscopía	Cuantitativa	Discreta	Meses
<b>Falla del trasplante</b>	Falla anatómica del trasplante determinada por el especialista de córnea	Cualitativa	Nominal	1: Si 2: No
<b>Tiempo de falla del trasplante</b>	Tiempo postoperatorio al cuál se establece falla del trasplante determinada por el especialista en córnea	Cuantitativa	Discreta	Meses
<b>Técnica quirúrgica</b>	Técnica utilizada durante la cirugía entre queratoplastia lamelar asistida con láser de	Cualitativa	Nominal	1: Asistida por microquerátomo 2: Asistida por láser de Femtosegundo

	femtosegundo o con microquerátomo			
--	--------------------------------------	--	--	--

### 5.5. Población

Se obtuvo la aprobación ética del grupo de investigación de la Fundación Oftalmológica Nacional (FUNDONAL) Colombia y se revisaron 54 historias clínicas de pacientes sometidos a cirugía DSAEK entre enero de 2010 y enero de 2022 protegiendo su identidad y privacidad. Los criterios de inclusión fueron: 1) Pacientes sometidos a cirugía DSAEK en el período establecido. 2) Tiempo de seguimiento postoperatorio de al menos 6 meses. Los criterios de exclusión fueron: 1) Pacientes con conversión a queratoplastia penetrante, 2) pacientes con antecedentes de traumatismo, infección o cualquier evento patológico que altere la evolución natural del trasplante antes de los primeros 6 meses del periodo de seguimiento. Tras la aplicación de los criterios de selección, se recuperaron 37 historias clínicas de pacientes del Registro de Trasplantes. Para la técnica mk-DSAEK se utilizó el microqueratomo M3 Evolution Moria y para la técnica fs-DSAEK el LDV-Z8 (Ziemer ®).

### 5.6. Recolección de datos

Se elaboró una base de datos Microsoft Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA), incluyendo las variables de interés obtenidas del registro de trasplantes y de las historias clínicas, las cuales fueron: información sociodemográfica, agudeza visual preoperatoria, recuento de células endoteliales pre y postoperatorias, técnica quirúrgica, datos postoperatorios de Tomografía de Coherencia Óptica del Segmento Anterior (AS-OCT), agudeza visual postoperatoria, transparencia del injerto corneal postoperatorio, rechazo o fracaso del injerto corneal, y tiempo de rechazo o fracaso. La transparencia del injerto corneal fue clasificada en transparente, edema u opaca por el especialista en córnea de cada paciente. Las variables postoperatorias se registraron a los 1, 3, 6 y 12 meses después de la cirugía, así como en la última visita documentada en las historias clínicas. Como las agudezas visuales generalmente se registran con la notación de Snellen en pies, se utilizó una fórmula para convertirlas a LogMAR(10). Las mejores agudezas visuales alcanzadas por el paciente con o sin corrección se registraron en cada visita.

- El espesor del disco corneal donante en micras ( $\mu\text{m}$ ) se revisó en la base de datos del láser de femtosegundo LDV Z8 (Ziemer  $\text{\textcircled{R}}$ ) o se calculó restando la profundidad del microqueratomo cortado del espesor corneal total del donante reportado por el banco de ojos.
- Los parámetros de energía optimizados para el láser de femtosegundo LDV-Z8 (Ziemer  $\text{\textcircled{R}}$ ) fueron de 1,4 mV para el corte laminar, 1,1 mV para la línea de cotas con una velocidad de 21 mm/s. La velocidad más lenta permitió una línea de cotas más suave, lo que facilitó la obtención del disco de 110  $\mu\text{m}$ .

### **5.7. Análisis estadístico**

En el análisis descriptivo, las variables cuantitativas se reportaron como mediana y rango intercuartílico (RIC) (percentil 25-75) y las variables categóricas como frecuencias y porcentajes relativos y absolutos. Se utilizó la prueba de chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) para comparar variables categóricas. Además, se utilizó el estadístico W o la prueba t para comparar variables continuas o variables cualitativas según la distribución. Se aplicó la prueba ANOVA para variables cualitativas politómicas. Todos los análisis se realizaron con IBM SPSS versión 22. Un valor de p de  $<0,05$  se consideró estadísticamente significativo en todos los casos.

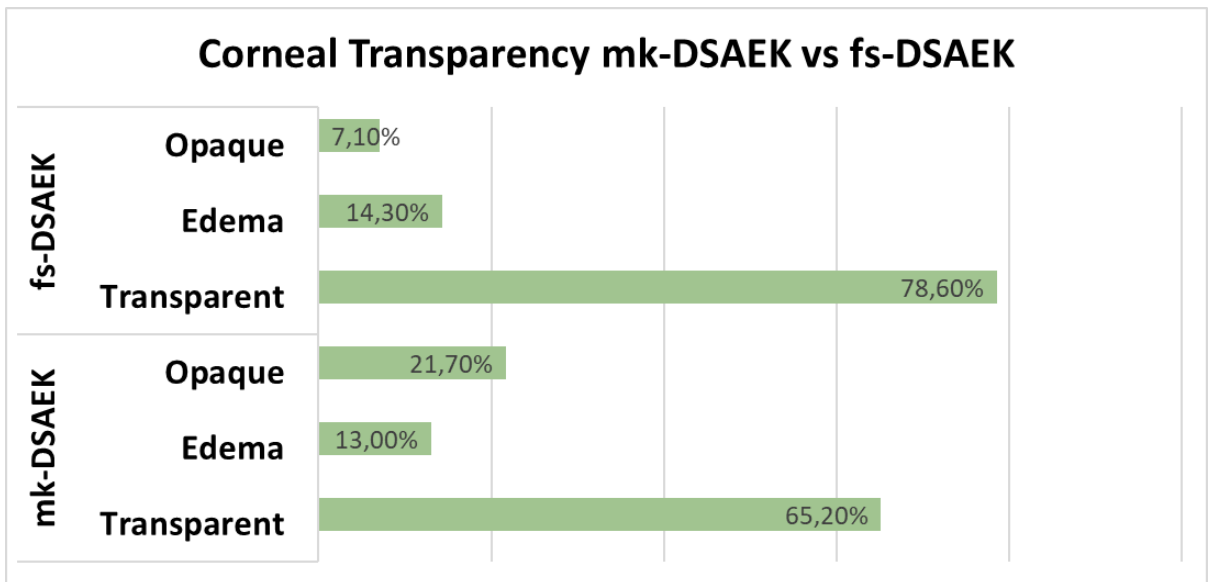
## **6. Resultados**

Un total de 37 sujetos fueron incluidos en el estudio, de los cuales el 70,3% ( $n=26$ ) eran mujeres y el 29,7% hombres ( $n=11$ ). De los 37 ojos, 23 (62,2%) se sometieron a mk-DSAEK y 14 (37,8%) a fs-DSAEK, de los cuales 19 (51,4%) fueron intervenidos quirúrgicamente en el ojo izquierdo y 18 (48,6%) en el derecho. La mediana de tiempo de seguimiento para el grupo mk-DSAEK fue de 34 meses de RIC [17-45] y de 12 meses de RIC [10,50-15] para el grupo de fs-DSAEK.

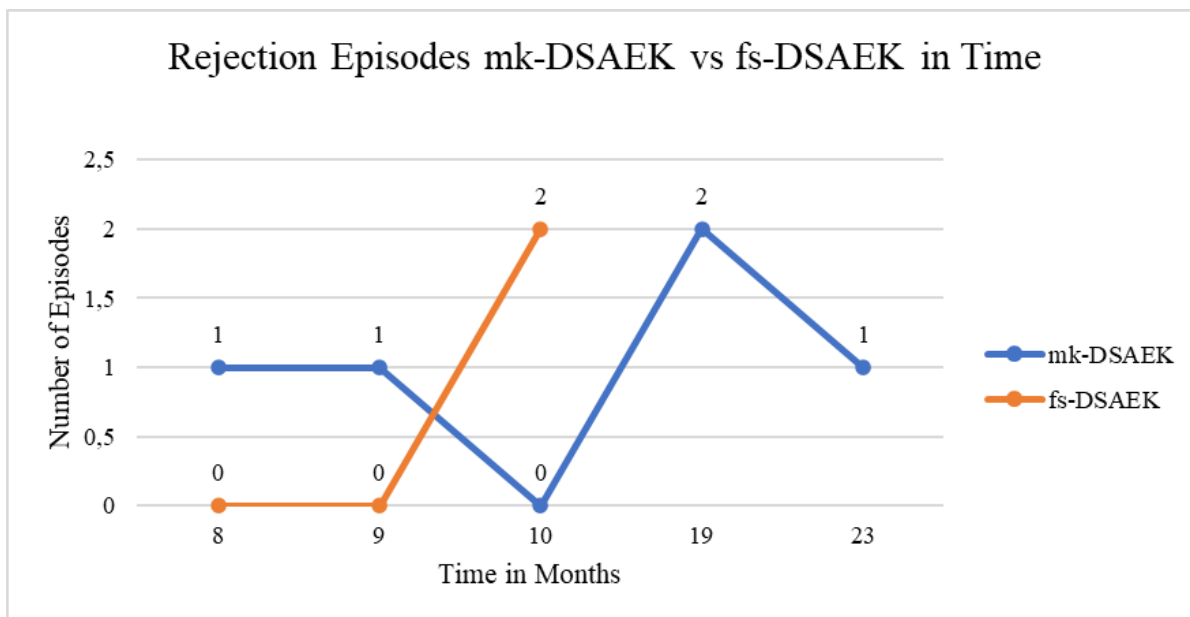
### **6.1. Transparencia corneal**

De los 23 ojos sometidos a mk-DSAEK, 15 (65,2%) eran transparentes en el momento del último examen, 5 (21,7%) eran opacos y 3 (13%) tenían edema. Para el grupo fs-DSAEK, 11 (78,6%) eran transparentes, 1 (7,1%) era opaco y 2 (14,3%) presentaban edema corneal en el momento del último examen (Figura 1). No hubo diferencias estadísticas entre mk-DSAEK y fs-DSAEK en términos de transparencia  $p=0,198$  determinada por el  $\chi^2$  de Pearson [IC 95%]. Los episodios de rechazo del injerto se presentaron en el 18,9% de la muestra ( $n=7$ ), 5 de ellos fueron en el grupo mk-DSAEK y 2 en el grupo fs-DSAEK con una presentación más frecuente dentro de los 10 a 19 meses posteriores a la cirugía (Figura 2).

**Figura 1. Transparencia corneal y estado del injerto entre técnicas en el momento de la última consulta.**



**Figura 2. Episodios de rechazo en el tiempo mk-DSAEK vs fs-DSAEK.**

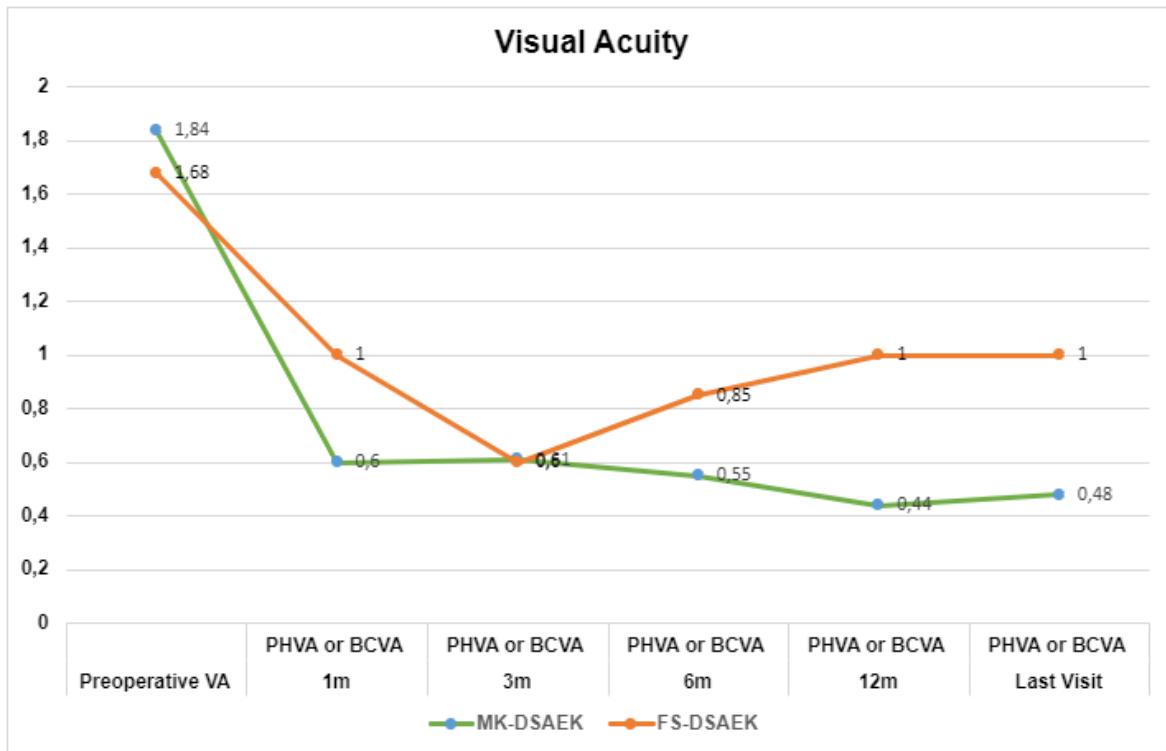


n= 7 (18,9%)

## 6.2. Agudeza visual

La agudeza visual mejor corregida mostró mejoría clínica para ambas técnicas desde antes de DSAEK con una mediana de 1,84 LogMar IQR [1,61 – 1,84] para el grupo mk-DSAEK y una mediana de 1,68 IQR [1,41-2,23] para el grupo fs-DSAEK, a una mediana de 1,0 LogMar IQR [0,50 – 1,72] y una mediana de 1,0 LogMar IQR [0,66-1,22] al primer mes de seguimiento. para cada uno; mediana de 0,55 LogMar IQR [0,32 – 0,97] y mediana de 0,85 LogMar IQR [0,52 – 1,16] al sexto mes de seguimiento, mediana de 0,44 LogMar IQR [0,28 – 1,9] y mediana de 1,0 LogMar IQR [0,39 – 1,01] al año de seguimiento para el grupo mk-DSAEK y el grupo fs-DSAEK respectivamente (Figura 3). Sin embargo, los cambios en la agudeza visual no mostraron significación estadística  $p > 0,05$  [IC 95%] para ninguno de los grupos ni entre ellos.

**Figura 3. Cambios en la agudeza visual a lo largo del tiempo.**



AVMC: Agudeza visual mejor corregida. PHVA: agudeza visual estenoica.

### 6.1 Manual-DSAEK vs Femtosegundo Asistido-DSAEK

Al comparar los cambios variables entre mk-DSAEK y fs-DSAEK, el espesor de corte fue significativamente más delgado en el DSAEK asistido por femtosegundo con una mediana de 110 micras IQR [102,25-117,5] frente a una mediana de 233 micras IQR [219-243,75] para el grupo mk-DSAEK,  $p=0,00$  prueba de Man Whitney. También hubo una diferencia significativa para el espesor del injerto medido en la AS-OCT postoperatoria entre técnicas con una mediana de 133 micras IQR [126-152] para el grupo fs-DSAEK versus una mediana de 249 micras IQR [152,25-446,75] para el grupo mk-DSAEK  $p=0,028$  Test de Man Whitney (Tabla 4). No hubo diferencias significativas entre los resultados de las técnicas para otras variables como el recuento de células endoteliales, la transparencia o el fracaso del injerto entre las técnicas ( $p > 0,05$ ) (Tabla 1).

**Tabla 1. Comparación de variables entre mk-DSAEK y fs-DSAEK.**

Variable	mk-DSAEK (n = 23)	fs-DSAEK (n = 14)
----------	-------------------	-------------------

Sexo n(%)		
Hembra	17 (73,9)	9 (64,3)
Masculino	6 (26,1)	5 (35,7)
Edad (años)	72 (62-79)	68.5 (56,2-75)
Recuento de células endoteliales antes de la cirugía	1084 [439-1485,6]	1190 [766-1369,5]
Recuento de células endoteliales postoperatorias	1208 [797,1-2038,9]	901,6 [550,2-1235]
Espesor del injerto en OCT **	249 [152,2-446,7]	133 [126-152]
Espesor de corte en micras **	233 [219-243,75]	110 [102,25-117,5]
Tiempo de seguimiento	34 [17-45]	12 [10,5-15]
Rechazo del injerto (%)	5 [21,7]	2 (14,3)
Tiempo de rechazo (meses)	19 [8,5-21]	10 [7,5-39]
Fracaso del injerto (%)	7 (30,4)	2 (14,3)
Tiempo de falla (meses)	18 [12-27]	10,5 [4,5-11,75]

\*\* p< 0,05 , [ ] IQR. ( ) Porcentaje.

## 7. Discusión

Los láseres de femtosegundo se han utilizado con mayor frecuencia en la queratoplastia desde el año 2000; mejorando la profundidad de la aplicación del láser e incorporando la tomografía de coherencia óptica para escanear el tejido corneal para obtener un rendimiento de mayor

precisión (. Aunque todavía existen informes limitados sobre el uso de láseres de femtosegundo en la técnica DSAEK, la mayoría de los estudios han demostrado que no existen diferencias estadísticas en la mayoría de las variables medidas al comparar mk-DSAEK vs fs-DSAEK (1,2).1)

El presente estudio mostró que solo hubo diferencias estadísticas entre las técnicas al comparar el espesor del injerto, que fue más delgado para el grupo fs-DSAEK en el momento del corte intraoperatorio y el grosor del injerto postoperatorio cuando se midió con AS-OCT en comparación con el grupo mk-DSAEK.

De manera similar al presente estudio, Wang et al (11) reportó un grosor medio del injerto central de  $113 \pm 54 \mu\text{m}$  en el tercer mes postoperatorio, que disminuyó de manera interesante entre los seguimientos hasta una media final de  $96 \pm 23 \mu\text{m}$  después de 24 meses de seguimiento. Su estudio incluyó 85 ojos con disfunción endotelial y la obtención del injerto se realizó con el láser de femtosegundo FS-200 (Alcon ®) programando un corte de  $110 \mu\text{m}$  de espesor desde el punto más delgado con un diámetro de 8 mm u 8,5 mm.

El presente estudio también tuvo como objetivo un corte de  $110 \mu\text{m}$  de espesor de la córnea donante medido desde el punto más delgado con la AS-OCT intraoperatoria realizada con el láser de femtosegundo LDV-Z8 (Ziemer ®) que tiene una apertura numérica más amplia que permite la incidencia de pequeños puntos de luz en un rango de MHz que generan menos creación de gas, menos formación de puentes y cortes más regulares en comparación con otros dispositivos que funcionan en el rango de kHz como el FS-200 (200 kHz), Visumax (500kHz) o Intralase (15,30 o 60 kHz). (6,12–14)

Hosny, et al. (15) informó que fs-DSAEK podría ser superior a las técnicas manuales porque ofrece una mejor centración, un complejo injerto/huésped más delgado y una cicatrización más fuerte. En su estudio incluyeron 20 ojos con descompensación corneal pseudofáquica y distrofia de Fuchs endotelial. Su estudio fue el único que reportó el uso del láser de femtosegundo para la obtención del injerto y la disección de un lecho receptor con un espesor de  $120 \mu\text{m}$  a eliminar. Descubrieron que si el injerto y el grosor del lecho del receptor eran iguales, el disco donante sobresalía después de la contracción de la córnea del huésped, esta complicación se abordó cortando un disco donante de  $180 \mu\text{m}$  de espesor que se ajustaba mejor al lecho corneal cuando se evaluó mediante exploración AS-OCT.

En cuanto a la reducción de la densidad celular endotelial, el presente estudio no encontró diferencias estadísticas entre fs-DSAEK y mk-DSAEK, lo que concuerda con otros estudios que compararon esta variable (8,10,11).

Otros autores también han reportado irregularidades en la interfase y dificultades con la disección de la interfase después del uso del láser de femtosegundo (13,14), concluyendo que es necesario optimizar los parámetros de femtosegundos que minimicen las irregularidades de la interfase y faciliten la disección interfase del injerto. Nuestra experiencia con el LDV-Z8 (Ziemer ®) y los parámetros optimizados ha sido diferente, con mínimas irregularidades en la interfaz y una disección estromal sin complicaciones de los injertos.

### **7.1. Agudeza visual**

La agudeza visual se describe antes de la cirugía y en el postoperatorio a los 1, 3, 6 y 12 meses para mk-DSAEK y fs-DSAEK. Hubo una mejoría después de la cirugía incluso en el primer mes para ambos grupos, con una tendencia a una mayor mejoría en el tiempo. Los resultados no muestran diferencias estadísticamente significativas entre ambas técnicas después de la cirugía. Sin embargo, en el período de 12 meses la agudeza visual empeoró en el grupo fs-DSAEK, probablemente debido a la pérdida de pacientes en la muestra, con datos registrados para solo 3 pacientes en el grupo fs-DSAEK frente a 10 pacientes en el grupo mk-DSAEK.

Heinzelmann, et al. (2013) compararon los resultados de agudeza visual después de la técnica mk-DSAEK en 41 ojos y con fs-DSAEK en 6 ojos. Describen mejores resultados visuales en el grupo de microqueratomo e informan de irregularidades en la interfaz en el grupo de láser de femtosegundo que podrían estar relacionadas con peores resultados visuales. Es importante notar que el 50% (3 ojos) de los casos en el grupo de láser de femtosegundo fueron reinjertados y convertidos a queratoplastia penetrante dentro de los primeros 7 meses: 2 de esos 3 ojos presentaron luxación del injerto e intentos fallidos de reposicionamiento con posterior fracaso del injerto. Hasta donde sabemos, el estudio de Heinzelmann es el único estudio publicado en el que se realiza una comparación directa de los resultados de agudeza visual entre las técnicas de láser de microqueratomo y femtosegundo para DSAEK. Las

complicaciones con los injertos antes del primer año de seguimiento y el escaso número de ojos a los que se sometió fs-DSAEK impiden extraer conclusiones entre ambas técnicas.

## **7.2. Transparencia**

Existen varios reportes sobre factores que influyen en la agudeza visual postoperatoria, como la irregularidad de la superficie corneal anterior, el grosor del injerto y, en particular, la extensión y duración del edema corneal. Los estudios han reportado una limpieza adecuada de la córnea después del primer mes de cirugía (9) y transparencia corneal favorable después de un período de seguimiento de 12 meses en todos los pacientes que se sometieron a fs-DSAEK (16).

En el presente estudio, se encontró una transparencia aceptable en la mayoría de los pacientes de ambos grupos en el momento del último examen. No hubo diferencias estadísticas entre mk-DSAEK y fs-DSAEK en términos de transparencia. Solo 1 paciente en el grupo fs-DSAEK presentó una córnea opaca frente a 5 pacientes en el grupo mk-DSAEK en el momento del último examen. Se considera que una superficie de corte lisa con el láser de femtosegundo puede producir una interfaz más clara (8), esto puede quedar relacionado con los resultados encontrados en este estudio con el LDV-Z8 (Ziemer®).

Fs-DSAEK permitió una obtención del injerto significativamente más delgada en comparación con mk-DSAEK, sin embargo, no hubo diferencias significativas entre mk-DSAEK y fs-DSAEK en términos de transparencia, supervivencia del injerto o agudeza visual.

Entre las limitaciones del presente estudio se encuentran la falta de adherencia al seguimiento por parte de algunos pacientes y una muestra elegida por conveniencia con resultados no extrapolables a la población general.

Un estudio comparando un número igual de casos realizados con cada técnica, incluyendo parámetros optimizados de femtosegundos, y minimizando los sesgos tanto como sea posible, ayudaría a comprender las diferencias en el mundo real en términos de resultados de agudeza visual y resultados anatómicos entre ambas técnicas.

## **Declaración de conflicto de intereses**

Los Autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## **Financiación**

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de ninguna agencia de financiamiento en los sectores público, comercial o sin fines de lucro.

## **8. Referencias**

1. Singh R, Gupta N, Vanathi M, Tandon R. Corneal transplantation in the modern era. *Indian J Med Res.* 2019;150(1):7.
2. Röck T, Landenberger J, Bramkamp M, Bartz-Schmidt KU, Röck D. The Evolution of Corneal Transplantation. *Ann Transplant.* 15 de diciembre de 2017;22:749-54.
3. Melles GRJ, Wijdh RHJ, Nieuwendaal CP. A technique to excise the descemet membrane from a recipient cornea (descemetorhexis). *Cornea.* abril de 2004;23(3):286-8.
4. Gorovoy MS. Descemet-stripping automated endothelial keratoplasty. *Cornea.* septiembre de 2006;25(8):886-9.
5. Cheng YYY, Pels E, Nuijts RMMA. Femtosecond-laser-assisted Descemet's stripping endothelial keratoplasty. *J Cataract Refract Surg.* enero de 2007;33(1):152-5.
6. Sarayba MA, Ignacio TS, Tran DB, Binder PS. A 60 kHz IntraLase femtosecond laser creates a smoother LASIK stromal bed surface compared to a Zyoptix XP mechanical microkeratome in human donor eyes. *J Refract Surg Thorofare NJ* 1995. abril de 2007;23(4):331-7.
7. Heinzelmann S, Maier P, Böhringer D, Auw-Hädrich C, Reinhard T. Visual outcome and histological findings following femtosecond laser-assisted versus microkeratome-assisted DSAEK. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol.* agosto de 2013;251(8):1979-85.
8. Jones YJ, Goins KM, Sutphin JE, Mullins R, Skeie JM. Comparison of the Femtosecond Laser (IntraLase) Versus Manual Microkeratome (Moria ALTK) in Dissection of the Donor in Endothelial Keratoplasty: Initial Study in Eye Bank Eyes. *Cornea.* enero de 2008;27(1):88-93.
9. Hjortdal J. Inverse Cutting of Posterior Lamellar Corneal Grafts by a Femtosecond Laser. *Open Ophthalmol J.* 3 de mayo de 2012;6(1):19-22.
10. Moussa G, Bassilious K, Mathews N. A novel excel sheet conversion tool from Snellen fraction to LogMAR including 'counting fingers', 'hand movement', 'light perception' and 'no light perception' and focused review of literature of low visual acuity

reference values. *Acta Ophthalmol (Copenh)* [Internet]. septiembre de 2021 [citado 15 de mayo de 2023];99(6). Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aos.14659>

11. Wang T, Shi P, Li F, Gao H, Li S, Liu T, et al. Femtosecond laser semi-assisted Descemet stripping endothelial keratoplasty: 2-year outcomes of endothelial cell loss and graft survival. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. enero de 2022;260(1):181-9.

12. Pajic B, Cvejic Z, Pajic-Eggspuehler B. Cataract Surgery Performed by High Frequency LDV Z8 Femtosecond Laser: Safety, Efficacy, and Its Physical Properties. *Sensors*. 18 de junio de 2017;17(6):1429.

13. Mrochen M, Wüllner C, Krause J. Technical aspects of the WaveLight FS200 femtosecond laser. *J Refract Surg*. 2010;26(10):833-40.

14. Zeiss. ZEISS VisuMax [Internet]. Disponible en: <https://www.zeiss.com/meditec/en/products/refractive-lasers/femtosecond-laser-solutions/visumax.html#specifications>.

15. Hosny MH, Marrie A, Karim Sidky M, GamalEldin S, Salem M. Results of Femtosecond Laser-Assisted Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty. *J Ophthalmol*. 2017;2017:1-11.

16. Feng Y, Qu HQ, Ren J, Prahs P, Hong J. Corneal Endothelial Cell Loss in Femtosecond Laser-assisted Descemet's Stripping Automated Endothelial Keratoplasty: A 12-month Follow-up Study. *Chin Med J (Engl)*. 20 de diciembre de 2017;130(24):2927-32.