



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

---

**FUNDACIÓN HOSPITAL NUESTRA SEÑORA DE LA LUZ I.A.P**

**“EFICACIA CLÍNICA Y PERFIL DE SEGURIDAD DE LA  
ESCLEROTOMÍA PROFUNDA DE ALTA FRECUENCIA EN  
PACIENTES CON GLAUCOMA DE ÁNGULO ABIERTO”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO ESPECIALISTA

EN:

OFTALMOLOGÍA

PRESENTA: DR. CÉSAR MACÍAS GONZÁLEZ

ASESOR DE TESIS: DR. GIAN FRANCO DIEZ CATTINI.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Dr. Alejandro Babayán Sosa**

Profesor Titular ante la UNAM // Director Médico

**Dr. Óscar Baca Lozada**

Profesor Adjunto

**Dra. Adriana Saucedo Castillo**

Profesora Adjunta

**Dr. José Francisco Ortega Santa**

Jefe de Enseñanza

**Dra. Cristina Mendoza Velásquez**

Jefa de Investigación

**Dr. Gian Franco Díez Cattini**

Asesor de Tesis

**Dedicatoria:**

A mi madre, Manuela, por ser desde la infancia ejemplo y guía, por el amor y el apoyo incansables. Por siempre agradecido y orgulloso de llamarte mi madre.

También a las personas que conocí en este tramo y a quienes con mucha felicidad puedo llamar amigos, lo estamos logrando, y apenas estamos empezando.

**Agradecimientos:**

A mis asesores por su paciencia, por su guía y su dedicación.

A los miembros del centro de investigación biomédica, por la invaluable y fundamental ayuda estadística.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>PRESENTACIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>6</b>
<b>PALABRAS CLAVE: .....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>7</b>
<b>KEY WORDS: .....</b>	<b>7</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
<b>GLAUCOMA: DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN. ....</b>	<b>8</b>
<b>DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DEL GLAUCOMA. ....</b>	<b>9</b>
<b>ESCLEROTOMÍA PROFUNDA DE ALTA FRECUENCIA.....</b>	<b>12</b>
<b>EXPERIENCIA, VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA EPAF .....</b>	<b>15</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>18</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>19</b>
<b>OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....</b>	<b>19</b>
<b>GENERAL .....</b>	<b>19</b>
<b>PARTICULARES .....</b>	<b>19</b>
<b>RECURSOS FINANCIEROS Y FACTIBILIDAD .....</b>	<b>20</b>
<b>BIOSEGURIDAD .....</b>	<b>20</b>
<b>CONSIDERACIONES ÉTICAS Y CONSENTIMIENTO INFORMADO.....</b>	<b>20</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>24</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>42</b>
<b>GLOSARIO DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>45</b>

## **PRESENTACIÓN**

“Eficacia clínica y perfil de seguridad de la esclerotomía profunda de alta frecuencia en pacientes con glaucoma de ángulo abierto”

### **Identificación de investigadores**

#### **Investigador responsable:**

Dr. César Macías González.

Residente de tercer año en oftalmología.

Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz I.A.P.

#### **Asesor:**

Dr. Gian Franco Díez Cattini.

Cirujano Oftalmólogo.

Jefe del departamento de Glaucoma.

Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz I.A.P.

#### **Fecha de inicio y fin de investigación.**

Inicio: marzo de 2021. Fin: febrero de 2023.

#### **Correspondencia:**

Departamento de Glaucoma.

Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz. I.A.P

Ezequiel Montes 135. Colonia Tabacalera. Del. Cuauhtémoc, Ciudad de México.

## RESUMEN

Introducción: El glaucoma es la principal causa de ceguera irreversible a nivel mundial. El pilar del manejo es la reducción de la presión intraocular y las técnicas de mínima invasión son una opción, siendo la esclerotomía profunda de alta frecuencia (EPAF) es una de ellas. Objetivo: determinar la eficacia clínica y el perfil de seguridad de la EPAF en pacientes con glaucoma de ángulo abierto y catarata. Material y métodos: Estudio observacional comparativo retrospectivo longitudinal. Se consultó el expediente electrónico de los pacientes con glaucoma de ángulo abierto sometidos a este procedimiento entre enero de 2018 hasta enero de 2022. La eficacia clínica se valoró mediante la reducción de la presión intraocular y del número de hipotensores empleados a 12 meses de seguimiento, comparando valores pre y post quirúrgicos con prueba de Friedmann, análisis post hoc de Dunn y chi cuadrada. El perfil de seguridad se definió al reportar las complicaciones transquirúrgicas y post operatorias. Resultados: se recolectaron 40 pacientes con una PIO basal de 16.37 mmHg y 2.4 fármacos hipotensores, encontrando una reducción de 3.92 mmHg y de 0.87 fármacos al final del período ( $p < 0.0001$ ). Se encontraron 5 complicaciones. Conclusiones: Con una tasa de éxito global de 80% a 12 meses de seguimiento y 12.5% de complicaciones, la EPAF ofrece un adecuado perfil de eficacia clínica y seguridad en glaucomas de ángulo abierto de daño leve y moderado.

**Palabras clave:** EPAF, glaucoma de ángulo abierto, presión intraocular, fármacos hipotensores, catarata.

## **ABSTRACT**

Background: glaucoma is the leading cause of non-reversible blindness worldwide. Treatment relies on the reduction of intraocular pressure and minimally invasive glaucoma surgery are a suitable option for mild and moderate glaucoma, high frequency deep sclerotomy is an example of these. Objective: to determine clinical efficacy and safety profile of HFDS for patients with open angle glaucoma and cataract. Material and methods: observational, retrospective, longitudinal comparative study. Electronic expedient of patients with open angle glaucoma intervened of HDFS from 2018 to 2022 was consulted. Clinical efficacy was measured according reduction of IOP and hypotensive drugs at 12 months after surgery, using Friedmann test, post hoc Dunn analysis and chi square. Safety profile was defined by reporting trans and post-surgical complications. Results: 40 patients were collected, baseline IOP was 16.37 mmHg and they were on 2.85 hypotensive drugs before surgery, at 12 months there was a reduction in IOP of 3.92 mmHg and 0.87 drugs ( $p < 0.0001$ ). There were 5 complications. Conclusions: with a global success rate of 80% and 12.5% complications rate at 1-year follow-up, HFDS provides an acceptable clinical efficacy and safety profile for mild and moderate glaucoma.

**Key words:** HDFS, open angle glaucoma, intraocular pressure, hypotensive drugs, cataract.

## MARCO TEÓRICO

### **Glaucoma: definiciones y clasificación.**

El glaucoma es la primera causa de ceguera irreversible a nivel mundial y la segunda causa de ceguera en general y es además la neuropatía óptica más común de todas, corresponde a un grupo de enfermedades definidas por una neuropatía óptica con características específicas consistentes en una pérdida de tejido neuronal y de células ganglionares asociado a un remodelado del tejido conectivo de la cabeza del nervio óptico, con el subsecuente desarrollo progresivo de reducción del campo visual que ocurre en patrón arqueado y se correlaciona con la localización del daño en la capa de fibras nerviosas en la cabeza del nervio óptico, llevando eventualmente a la ceguera.<sup>1,2</sup>

La elevación de la presión intraocular (PIO) es uno de los principales factores de riesgo para el desarrollo del glaucoma y es el factor modificable más importante, representando la piedra fundamental del tratamiento, pero no es un elemento de carácter obligatorio para la definición de la enfermedad, se entiende que la susceptibilidad para el glaucoma está determinada por la resistencia del nervio óptico a múltiples eventos como variaciones circadianas o fluctuaciones de los valores de PIO.<sup>3,4</sup> De manera tradicional se ha clasificado al glaucoma según el ángulo iridocorneal en abierto o cerrado, además por su etiopatogenia puede ser catalogado como primario o secundario cuando existen factores que expliquen la obstrucción o resistencia al flujo de salida del humor acuoso, por ejemplo, neovasculares, uveíticos, por pseudoexfoliación o dispersión de pigmento.

La división entre glaucomas de ángulo abierto o cerrado es fundamental pues el tratamiento es distinto para cada caso. De todos estos tipos, el glaucoma primario de ángulo abierto es el más común y se define como aquel que no está asociado a ninguna condición ocular que pueda causar mayor resistencia al flujo de salida del humor acuoso. Otra forma de clasificarlos es mediante el mecanismo de obstrucción a nivel pretrabecular, trabecular o postrabecular para los glaucomas de ángulo abierto y como mecanismos anteriores o de arrastre y posteriores o de empuje, con o sin bloqueo pupilar, para los glaucomas de ángulo cerrado. <sup>1,3</sup>

### **Diagnóstico y tratamiento del glaucoma.**

El diagnóstico de glaucoma se establece en un paciente con sospecha de su desarrollo (hipertensión ocular, apariencia de nervio óptico, anomalías o defectos del campo visual y de la capa de fibras nerviosas) en quien se demuestra progresión del daño glaucomatoso mediante criterios estructurales y funcionales, siendo los más empleados los criterios mínimos de daño de Hodapp Anderson Parrish. Una vez que se establece el diagnóstico se puede catalogar la gravedad del glaucoma empleando datos derivados de los campos visuales y se inicia el tratamiento. <sup>5,6</sup>

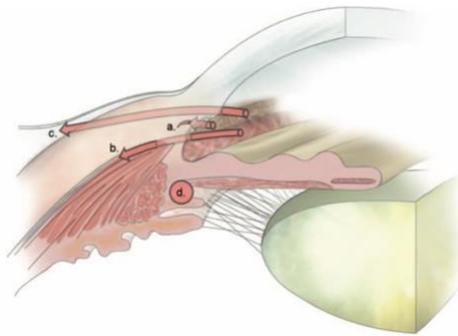
Existen múltiples opciones terapéuticas como hipotensores tópicos, terapia láser y manejo quirúrgico. Dentro de las técnicas quirúrgicas empleadas hay procedimientos penetrantes como trabeculectomía o colocación de dispositivos de drenaje o válvulas y, recientemente se han introducido técnicas novedosas no penetrantes que en conjunto se denominan cirugías para glaucoma de mínima invasión, MIGS por siglas en inglés.

La trabeculectomía sigue considerándose como el estándar de oro para la cirugía de glaucoma a pesar de las altas tasas de complicaciones como desprendimientos coroideos, hipotonía, cámaras anteriores estrechas e hipema en el caso de las complicaciones tempranas y aquellas asociadas con fuga, blebitis y endoftalmitis en las tardías, que se asocian con el uso de antimetabolitos como 5 fluorouracilo y mitomicina C. <sup>1,7</sup>

Las MIGS aumentan la vía natural de flujo de salida del humor acuoso y muestran un mayor perfil de seguridad con periodos de recuperación menores que las cirugías tradicionales, aunque se ha descrito que tienden a reducir de forma menos efectiva la PIO. La resistencia al flujo de salida está generada principalmente en la malla trabecular yuxtacanalicular y especialmente por la pared interna del canal de Schlemm donde se estima que se produce el 35% de la resistencia al flujo de salida, motivo que justifica la derivación de la malla trabecular. <sup>8,9</sup>

La mayoría de estos procedimientos tienen eficacia moderada, pero son de utilidad potencial en un gran grupo de pacientes con enfermedad que no es lo suficientemente grave como para justificar la invasión de las cirugías tradicionales y la intensidad de cuidados posquirúrgicos pero que se ven afectados por los inconvenientes de la complianza y efectos adversos de la terapia médica. Incluso, algunos dispositivos MIGS pueden alcanzar de manera potencial eficacias similares a las de las cirugías filtrantes, siendo apropiados en casos selectos cuando se requieren reducciones mayores de la PIO. <sup>10, 11,12.</sup>

Independientemente de la eficacia moderada de muchos MIGS, el perfil de seguridad más favorable reduce el umbral para la cirugía temprana en glaucoma, especialmente en el caso de las técnicas combinadas a cirugía de catarata. La reducción en el número de fármacos empleados por el paciente mejora la tolerancia y compliance al manejo, la calidad de vida y los costos del tratamiento. Los MIGS pueden catalogados según el tejido en que actúan: malla trabecular, subconjuntivales, supracoroideos y cicloablativos (gráfico 1). La mayoría de los MIGS en que no se implanta un dispositivo están diseñados para eliminar la resistencia al flujo en la malla trabecular. Las técnicas ab interno de la malla trabecular incluyen el trabectome, iStent, Hydrus y la esclerotomía profunda de alta frecuencia (EPAF).<sup>13,14</sup>



*Gráfico 1: localizaciones y mecanismos de acción de diferentes grupos de MIGS. a) Vía canal de Schlemm, b) vía espacio supracoroideo, c) vía subconjuntival, d) vía cuerpo ciliar. Tomado de Gillman, K; Mansouri, K. Minimally Invasive Glaucoma Surgery: Where Is the Evidence? Asia Pac J Ophthalmol, 2020;9:203-214.*

## Esclerotomía profunda de alta frecuencia.

La esclerotomía profunda de alta frecuencia genera un flujo de salida del acuoso a través de la malla trabecular hacia el canal de Schlemm con abordaje ab interno. La EPAF es un método que se introdujo en 1999 e inicialmente fue conocido como esclerotomía ab interno, siendo renombrado en 2012 para describir de forma más precisa el procedimiento. Esta técnica tiene la ventaja de poder realizarse en el mismo tiempo quirúrgico que la cirugía de catarata, la cual es prevalente en la población con glaucoma.<sup>15, 16</sup>

La sonda diatérmica de alta frecuencia (punta abee) consiste de un electrodo coaxial interno y otro externo, ambos están aislados, mientras que el interno está hecho de platino. Las dimensiones de las puntas de platino son de 1 mm de longitud, 0.3 mm de alto y 0.6 mm de ancho, esta punta está doblada hacia posterior en un ángulo de 15° y el diámetro externo de la sonda es de 0.9 mm (gráfico 2). La corriente eléctrica está modulada en una frecuencia de 500 kHz y la temperatura en la punta de la zona es de 130 °C aproximadamente, generada por corriente alterna, mientras que los tejidos tratados alcanzan temperaturas de 90 a 100 °C.<sup>15,16,17</sup>



*Gráfico 2. Punta abee para EPAF. Tomado de Pajic, B; Cvejic, Z; Mansouri, K; et al. High Frequency Deep Sclerotomy, a Minimal Invasive Ab Interno Glaucoma Procedure Combined with Cataract Surgery: Physical Properties and Clinical Outcome. Appl. Sci. 2020, 10, 218, 1-9.*

Estos tejidos son calentados por oscilación intracelular de moléculas ionizadas inducida por radiofrecuencia, lo que induce un aumento de la temperatura intracelular. Esta alta temperatura causa la ruptura de moléculas en los tejidos. Los campos eléctricos no homogéneos con alto voltaje y corriente de flujo selectiva conducen a la formación de arcos eléctricos, que causan la ruptura celular a través de la evaporación de sus contenidos. Al modular el voltaje, es posible cortar y al mismo tiempo realizar coagulación local. Los electrodos son colocados lejos del tejido y la hendidura entre ellos es ionizada, debido a este proceso, un arco eléctrico de descarga se forma y en este abordaje, el tejido estimulado es más superficial porque la corriente es dispersada sobre el área de tejido más que sobre la punta del electrodo, lo que genera más efecto de corte que de coagulación en el tejido. <sup>17,18</sup>

En la técnica se realizan dos incisiones en córnea clara: una de 1.2 mm en sector temporal o temporal superior para la introducción de la punta de abee y otra nasal de 0.8 mm como puerto accesorio. Se emplean agentes mitóticos como acetilcolina o carbachol intracamerales y se reforma la cámara anterior con viscoelástico cohesivo. La sonda de alta frecuencia es introducida en el puerto temporal y se visualiza mediante un gonioscopio de cuatro espejos, hasta que la sonda está adecuadamente colocada en el ángulo iridocorneal nasal. En esa posición se realizan seis bolsillos de forma consecutiva en un arco con aproximadamente un espacio de separación entre ellos igual al tamaño de la punta de la sonda (figura 3). El objetivo es la creación de canales de 1 mm de longitud en la esclera, con 0.3 mm de grosor y 0.6 mm de anchura, resultando en un área de superficie de absorción de  $3.6 \text{ mm}^2$  (figura 4). <sup>18,19</sup>



Gráfico 3: Técnica de esclerotomía profunda de alta frecuencia, creación de los bolsillos en la malla trabecular, tomado de Abushanab, M.M.I; El-Shiaty, A; El-Beltagi, T; et al. *The Efficacy and Safety of High-Frequency Deep Sclerotomy in Treatment of Chronic Open-Glaucoma Patients. BioMed Res. Int.* 2019, 2019, 1850141.

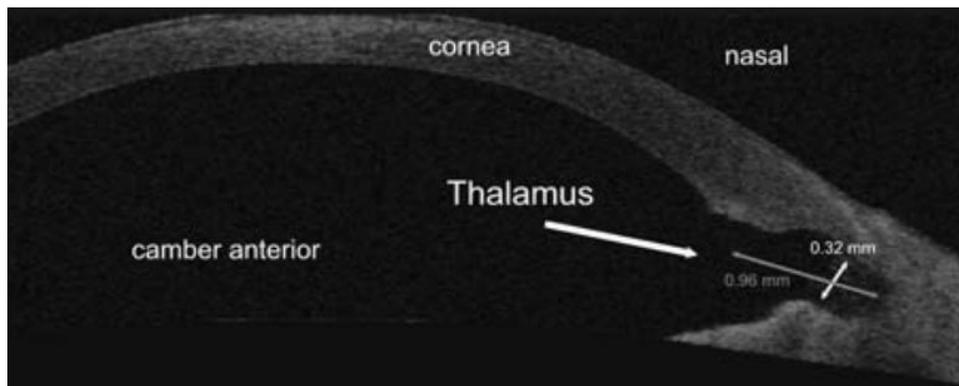


Gráfico 4: Formación de los bolsillos en la malla trabecular tras la EAPAF vistos mediante tomografía de coherencia óptica de segmento anterior VISANTE. Tomado de Pajic, B; Pajic-Eggspuehler, B; Haefliger, I. *New minimally invasive, deep sclerotomy ab interno s surgical procedure for glaucoma, six years of follow-up. J. Glaucoma* 2011, 20, 109-114.

De esta forma, la EPAF crea un canal directo entre la cámara anterior y el canal de Schlemm, generando una derivación que evita la malla trabecular, el sitio de mayor resistencia al flujo de salida del acuoso, permitiendo su salida hacia el espacio subescleral. Se ha propuesto además que la EPAF tiene un mecanismo triple al generar un adelgazamiento escleral en la base de las punciones y facilitando el drenaje de humor acuoso al cuerpo ciliar. <sup>15,19</sup>

### **Experiencia, ventajas e inconvenientes de la EPAF**

Pajic y su equipo de colaboradores han reportado tasas de éxito de 83% tras 48 meses de seguimiento en el caso de pacientes con glaucomas abiertos que aumentan hasta 84.9% en combinación con facoemulsificación y colocación de lente intraocular. Para la técnica combinada con cirugía de catarata se ha descrito una reducción postoperatoria significativamente mayor que podría explicarse al efecto de la remoción del cristalino, aunque la mayoría de los estudios clínicos con el procedimiento combinado incluyen la aplicación de pilocarpina al 2% durante 4 semanas en el postoperatorio. Este efecto adicional en la reducción de la PIO desaparece tras 24 meses de seguimiento. <sup>15,16,18</sup> Abushamab y colaboradores publicaron en 2019 los resultados de un estudio prospectivo en el Instituto de Investigación en Oftalmología de El Cairo en que realizaron EPAF a pacientes con glaucomas de ángulo abierto. Su población tenía una PIO basal media de  $31.41 \pm 4.71$  mmHg, a 9 meses del postoperatorio la PIO media fue de  $19.06 \pm 1.9$  mmHg, con una reducción significativa, alcanzando el éxito definido por ellos como una PIO menor de 21 mmHg sin uso de hipotensores en el 90.7% de su muestra. <sup>20</sup>

Ha sido descrito que, tras 48 meses del procedimiento combinado con cirugía de catarata, el 54.7% de los pacientes tienen PIO menor de 15 mmHg, 77% menor a 18 mmHg y 84.9% menor a 21 mmHg, siendo definido como éxito en el estudio de Pajic et al en Suiza. La disminución en el número de hipotensores tópicos se reportó de  $2.12 \pm 0.03$  a 48 meses de seguimiento en el mismo estudio clínico.<sup>18,19</sup>

Un estudio prospectivo subsecuente del grupo de investigación del Dr. Pajic evaluó la eficacia en la reducción de la PIO tras facoemulsificación con EAPAF y su influencia en el ciclo circadiano de esta, en el mismo se encontró una disminución de 27.7 mmHg a 14.4 mmHg tras 3 meses de seguimiento, con una  $p < 0.001$  y se concluyó que la EAPAF no altera o modifica la fluctuación circadiana de la PIO auxiliándose del lente de contacto con sensor de PIO Triggerfish.<sup>17</sup>

La EAPAF es una técnica segura y prometedora que alcanza de forma satisfactoria una PIO menor para pacientes con glaucomas de ángulo abierto, su principal desventaja es que produce PIO entre 15 y 20 mmHg, que no es adecuada para pacientes con glaucoma avanzado, pero ofrece la ventaja de no dañar la conjuntiva en caso de requerir terapias láser o quirúrgicas penetrantes en un futuro.<sup>18,20</sup> Las ventajas de la EAPAF incluyen su menor complejidad técnica y menor duración quirúrgica, así como una menor curva de aprendizaje, además, a diferencia de las técnicas de filtración ab externo, este procedimiento evita la estimulación y daño a los tejidos epiesclerales y conjuntivales, evitando así la activación de fibroblastos. Asimismo, al comparar las alteraciones histológicas de la EAPAF con trabectome se ha demostrado que con esta última técnica MIGS hay daño tisular cerca de la incisión, lo que no sucede con la esclerotomía profunda de alta frecuencia.<sup>22,23</sup>

Después de la EPAF se han reportado elevaciones transitorias en la presión intraocular con una tasa de 8.7% que ocurren en promedio 10 días tras el procedimiento, además de formación de fibrina en 2% de los casos.<sup>15,17,18</sup>

Esta técnica provee cinco características importantes: un abordaje ab interno que significa preservación conjuntival para futuros procedimientos quirúrgicos, trauma tisular potencial mínimo, habilidad para una reducción moderada de la PIO, altos niveles de seguridad y recuperaciones visuales más rápidas. Debido a estas cualidades, las ventajas de la EPAF, comparadas con la trabeculectomía y la esclerotomía profunda perforante y no perforante, parecen ofrecer menos tasas de complicaciones y niveles más estables en la reducción de la presión intraocular, estableciéndose como una alternativa sólida de tratamiento para pacientes con glaucomas de ángulo abierto.<sup>22, 23.</sup>

Se reconoce también que la cirugía de facoemulsificación por sí sola genera una reducción de la presión intraocular. Un estudio realizado en China encontró que la reducción promedio de la PIO tras 90 días de facoemulsificación fue de  $-0.71 \pm 2.6$  mmHg para pacientes emétopes, sin tener una diferencia estadística. Esto se torna relevante en el caso de las cirugías de mínima invasión en glaucoma, pues se realizan en la mayoría de los casos en el mismo tiempo quirúrgico que la cirugía de catarata y la reducción de la PIO puede verse influida por la propia facoemulsificación.<sup>24.</sup>

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La esclerotomía profunda de alta frecuencia se realiza en pacientes con diagnóstico de glaucoma abierto como alternativa quirúrgica a otros procedimientos como colocación de válvula o trabeculectomía en el departamento de glaucoma de la Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz, sin embargo, no está actualmente descrita su tasa de éxito en cuanto a reducción de la presión intraocular o uso de fármacos hipotensores, ni las complicaciones quirúrgicas asociadas a su realización.

## **JUSTIFICACIÓN**

La esclerotomía profunda de alta frecuencia es una opción de cirugía en glaucoma de mínima invasión con eficacia descrita a nivel internacional en el manejo de glaucomas de ángulo abierto, misma que está presente en la Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz y que se realiza desde hace años. Hasta el momento no se han publicado dentro del hospital las tasas de éxito en este grupo de pacientes en cuanto a la reducción de presión intraocular y uso de hipotensores tópicos. Tras realizar la consulta bibliográfica tampoco se encontraron artículos realizados y publicados en México respecto a este tema, por lo que es importante por no mencionar novedoso describir la tasa de respuesta en este procedimiento quirúrgico para pacientes mexicanos con diagnóstico de glaucoma de ángulo abierto.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuál es la eficacia clínica y el perfil de seguridad de la esclerotomía profunda de alta frecuencia en pacientes con catarata y glaucoma de ángulo abierto?

## **HIPÓTESIS**

La tasa de éxito para este procedimiento alcanza más del 50% a 12 meses de seguimiento y las complicaciones son menores al 20%.

## **OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

### **GENERAL**

- Determinar eficacia clínica y perfil de seguridad de la esclerotomía profunda de alta frecuencia en combinación con facoemulsificación en pacientes con glaucomas de ángulo abierto.

### **PARTICULARES**

- Determinar la presión intraocular previa y posterior al procedimiento quirúrgico a 12 meses de seguimiento.
- Identificar el número de fármacos hipotensores tópicos empleados por el paciente antes y después del procedimiento quirúrgico.
- Describir las complicaciones asociadas a este procedimiento.

- Determinar factores predictivos de buena respuesta clínica asociados.
- Conocer qué subtipo de glaucoma de ángulo abierto tiene mejores tasas de respuesta.

## **RECURSOS FINANCIEROS Y FACTIBILIDAD**

Para realizar este estudio se requirió de la consulta del expediente electrónico y la participación del personal de sistemas de la Fundación, además del personal del Centro de Investigación Biomédica de la Fundación y uso de software para llevar a cabo el análisis estadístico, todos ellos existentes, por lo que no se solicitaron recursos financieros. Se declara que el autor y asesor no tienen relaciones financieras o de interés con la casa comercial Arfamex, quien distribuye la plataforma Oertli, la que posee la punta empleada en el procedimiento de EPAF.

## **BIOSEGURIDAD**

Al ser un estudio retrospectivo sin intervenciones clínicas adicionales no representa riesgo alguno a la salud o integridad física de los pacientes analizados en las bases de datos del departamento.

## **Consideraciones éticas y Consentimiento Informado**

Al tratarse de un estudio retrospectivo sin intervenciones clínicas no requiere la obtención de un consentimiento informado, sin embargo, acorde a la NOM – 004 – SSA3- 2012, Del expediente clínico y a la Declaración de Helsinki, los datos personales de los pacientes fueron manejados con confidencialidad y solo para los fines del presente estudio de investigación.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Estudio observacional comparativo retrospectivo longitudinal. Se realizó consultando expedientes en el sistema electrónico de pacientes a quienes se realizó facoemulsificación con colocación de lente intraocular y esclerotomía profunda de alta frecuencia por el departamento de glaucoma de la Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz en el período de enero 2018 a enero 2022. La facoemulsificación y EPAF fueron realizadas con el equipo CataRhex 3® de Oertli.

### **Criterios de inclusión:**

- Pacientes mayores de 18 años de etnia indistinta con diagnóstico de glaucoma de ángulo abierto primario o secundario a quienes se les haya realizado facoemulsificación con colocación de lente intraocular y esclerotomía profunda de alta frecuencia en un mismo tiempo quirúrgico por el departamento de glaucoma.
- Seguimiento mínimo de 12 meses en el departamento de glaucoma con los siguientes datos en las notas médicas: presión intraocular, uso de fármacos hipotensores y complicaciones asociadas al procedimiento.

### **Criterios de exclusión:**

- Cirugía intraocular previa, especialmente cirugía filtrante o implante de válvula de derivación.
- Antecedente de uveítis en ojo a estudiar o contralateral.

- Cierre angular previo en el ojo a tratar o contralateral o antecedente de iridotomía periférica láser previa.
- Diagnóstico de glaucoma de ángulo cerrado o abierto distinto a los definidos en criterios de inclusión: neovascular, traumático, uveítico, maligno, iris plateau, congénito, por síndrome iridocorneal, facogénico.
- Patologías oculares isquémicas como retinopatía diabética o secundaria a oclusiones vasculares retinianas por las cuales requiera tratamientos oftalmológicos adicionales.
- Ausencia de información completa en las notas preoperatorias, postoperatorias y de evolución en su expediente.

Los parámetros a comparar son la presión intraocular previa y posterior a la realización del procedimiento, además del número de fármacos hipotensores tópicos, previos y posteriores al procedimiento, para definir el desenlace primario en cuando a la eficacia clínica y la tasa de complicaciones trans y postquirúrgicas asociadas al procedimiento para definir el perfil de seguridad. Los criterios de desenlace primario a 12 meses para eficacia clínica se determinaron como:

- Éxito total: reducción de la presión intraocular basal mayor del 20% con un valor menor de 21 mmHg sin requerir fármacos hipotensores.
- Éxito calificado: reducción de la presión intraocular basal mayor del 20% con un valor menor de 21 mmHg al requerir fármacos hipotensores.
- Falla terapéutica: presión intraocular basal mayor de 21 mmHg al final del período de análisis o reducción de la presión intraocular menor del 20% de la basal.

**Selección de muestra:** Se formó un grupo de estudio que incluye a todos los pacientes sometidos a EPAF que cumplan los criterios de selección y otro grupo con 35 pacientes intervenidos de facoemulsificación sin comorbilidad ocular además de catarata con seguimiento mínimo a 6 meses. Debido a ello no se realizó cálculo de muestra, se concluye que la selección de pacientes fue a conveniencia.

**Cuadro 1. Operacionalización de variables**

<b>Variable</b>	<b>Tipo</b>	<b>Escala</b>	<b>Unidad de Medición</b>
<b>Presión intraocular (PIO)</b>	Cuantitativa	Continua	Milímetros de mercurio (mmHg)
<b>Fármacos hipotensores</b>	Cuantitativa	Continua	
<b>Tasa de éxito</b>	Cuantitativa	De razón	Porcentaje (%)
<b>Sexo</b>	Cualitativa	Nominal	
<b>Edad</b>	Cuantitativa	Continua	Años
<b>Tipo de glaucoma específico</b>	Cualitativa	Nominal	
<b>Complicación quirúrgica</b>	Cuantitativa	Discreta De razón	Frecuencia Porcentaje (%)

### **Análisis Estadístico:**

Se aplicó la prueba de Kolmogorov Smirnov de normalidad para determinar si la población estudiada tenía una distribución paramétrica o no paramétrica, encontrando que se trataba de una población no paramétrica.

Para el análisis de variables se empleó la prueba de Friedmann con análisis post hoc de Dunn y se utilizó la prueba de chi cuadrada para determinar la eficacia clínica en el desenlace primario a 12 meses. Para una de las variables con distribución normal se empleó la prueba de ANOVA de 1 vía.

La diferencia significativa se consideró con una p menor de 0.05. Se realizó un análisis de la distribución de datos para determinar la prueba estadística adecuada para muestras pareadas. Para realizar las pruebas estadísticas y realizar las gráficas se emplearon los software SPSS V29.0 y GraphPad Prism V5.0.

## **RESULTADOS**

Se reunieron 40 pacientes que cumplían los criterios de selección.

Las características basales de la población analizada se encuentran en el cuadro 2. Al aplicar la prueba de Kolmogorov Smirnov se encuentra que la distribución de esta población es no paramétrica, por lo cual se empleó la prueba de Friedman para determinar si existían diferencias significativas respecto a las variables para sexo, edad y tipo de glaucoma específico, así como daño glaucomatoso, sin encontrar una significancia estadística en estas variables.

---

**Cuadro 2. Características Basales de la población**

---

<b>Sexo</b>	Hombres: 19 Mujeres: 21
	Ambos sexos: 77.45 (D.E 8.75)
<b>Edad</b>	Hombres: 77.41 (D.E 10.31) Mujeres: 77.45 (D.E 7.48)
<b>Tipo de glaucoma (CV, OCT CFN)</b>	GPAA: 32 GPSX: 8 Leve: 7
<b>Daño glaucomatoso (HAP)</b>	Moderado: 18 Severo: 15
<b>Ojo intervenido</b>	OD 22 OS 18
	16.37 (DE 2.83) 12-24
<b>PIO basal (mmHg)</b>	GPAA: 16.38 (DE 2.78) 13-24 GPSX: 16.28 (DE 3.73) 12-22
	2.4 (DE 1.16) 1-4
<b>Fármacos</b>	GPAA: 2.43 (DE 1-18) 1-4 GPSX: 2.42 (DE 1.11) 1-4
	0.915
<b>Agudeza Visual Mejor Corregida (LogMAR)</b>	GPAA: 0.90 GPSX: 0.87

---

Al final del período de análisis se encontró una reducción constante y mantenida de la presión intraocular siendo de 3.92 mmHg a los 12 meses de seguimiento, al analizar la población se encontró una distribución no paramétrica y mediante prueba de Friedmann se confirmó una diferencia significativa ( $P < 0.001$ ), la cual es demostrada desde el primer mes de seguimiento mediante análisis post hoc de Dunn (cuadros 3 y 4). Al realizar el análisis independiente para cada tipo de glaucoma incluido, se encuentra una reducción de 3.92 mmHg para glaucoma primario de ángulo abierto con  $P < 0.0001$  y de 3.94 mmHg para glaucoma secundario a pseudoexfoliación con  $P = 0.0052$ .

**Cuadro 3. Reducción De La Presión Intraocular**

<b>MEDICIÓN</b>	<b>GLOBAL</b>	<b>GPA</b>	<b>GPSX</b>
<b>Previo</b>	16.37 (2.835)	16.56 (2.723)	15.63 (3.335)
<b>1 día</b>	16.50 (7.838)	15.75 (5.249)	19.50 (14.40)
<b>1 semana</b>	13.90 (3.733)	14.19 (3.971)	12.75 (2.435)
<b>1 mes</b>	13.25 (2.725)	13.50 (2.817)	12.25 (2.188)
<b>3 meses</b>	12.95 (2.428)	13.22 (2.338)	11.88 (2.642)
<b>6 meses</b>	12.225 (1.860)	12.38 (1.621)	11.63 (2.669)
<b>9 meses</b>	13.05 (1.961)	13.16 (1.903)	12.63 (2.264)
<b>12 meses</b>	12.45 (1.825)	12.56 (1.722)	12.00 (2.268)

\*Valores reportados en mmHg con media y desviación estándar.

### Cuadro 4. Reducción De La PIO a 12 Meses

<b>General</b>	3.92 mmHg (22.99% ± 9.94%)	P < 0.0001
<b>GPAA</b>	3.92 mmHg (22.94%)	P < 0.0001
<b>GPSX</b>	3.94 mmHg (23.18%)	P = 0.0052



Gráfico 5: valores promedio de PIO en los distintos momentos de medición.

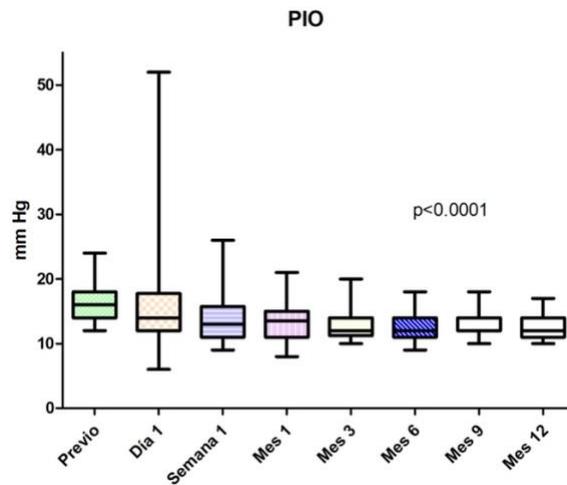
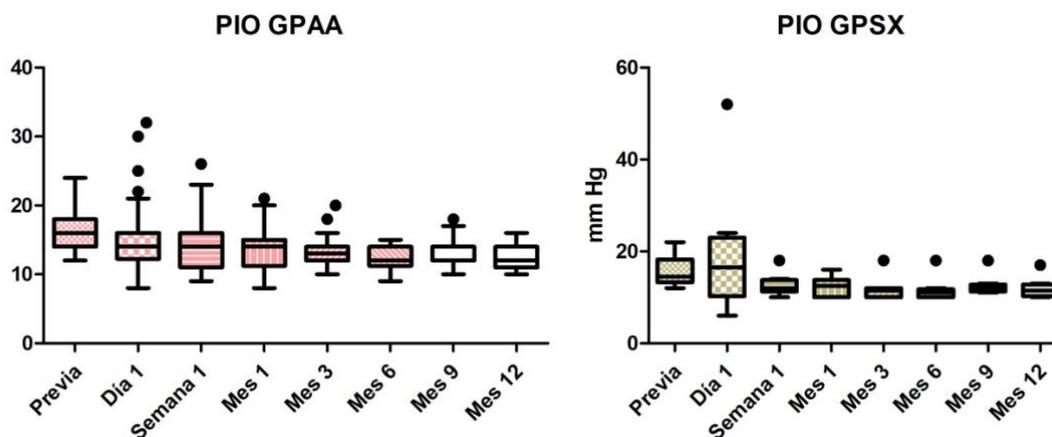


Gráfico 6. Medias y distribución de la PIO en distintos momentos de medición.

Se incluye el valor de p.



Gráficos 7 y 8. Medias y distribución de la PIO para los subgrupos de glaucomas de ángulo abierto incluidos.

Respecto al uso de fármacos hipotensores se observó una reducción de 0.87 fármacos con un valor de  $P < 0.001$  calculado mediante prueba de Friedman, siendo una diferencia significativa desde el primer mes según el análisis de Dunn.

En cuando a la reducción para los subtipos de glaucoma se tiene que para glaucomas primarios de ángulo abierto la reducción fue de 0.84 fármacos, con una  $P$  menor de 0.0001, siendo significativa desde el primer mes de seguimiento. Respecto al glaucoma secundario a pseudoexfoliación la reducción fue de 1.0 fármacos, con un valor de  $P$  de 0.0086.

**Cuadro 5. Reducción De Hipotensores**

MEDICIÓN	GLOBAL	GPAA	GPSX
Previo	2.4 (1.105)	2.37 (1.10)	2.5 (1.195)
1 mes	1.32 (1.141)	1.28 (1.114)	1.50 (1.309)
3 meses	1.27 (1.086)	1.25 (1.107)	1.37 (1.061)

<b>6 meses</b>	1.30 (1.114)	1.28 (1.114)	1.37 (1.118)
<b>9 meses</b>	1.55 (1.154)	1.56 (1.190)	1.50 (1.069)
<b>12 meses</b>	1.52 (1.154)	1.53 (1.191)	1.50 (1.069)
<b>Reducción</b>	0.875 (36.45%)	0.84 (35.44%)	1.0 (40%)

\*Valores reportados en media y desviación estándar.

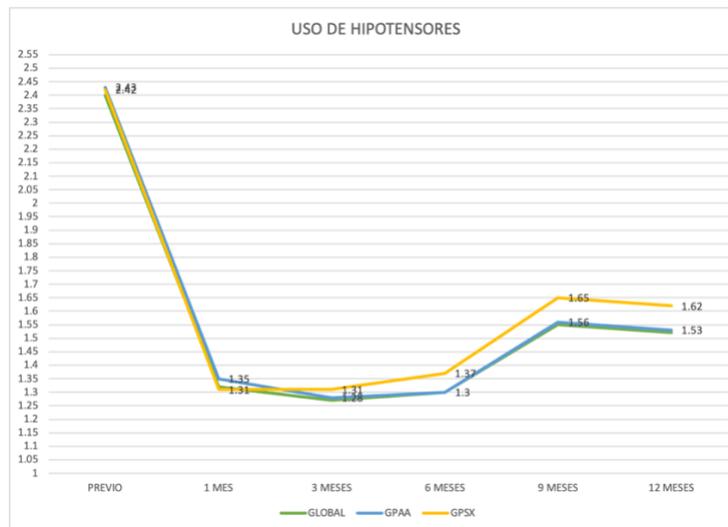


Gráfico 9. Reducción en el uso de hipotensores para los subgrupos de glaucoma.

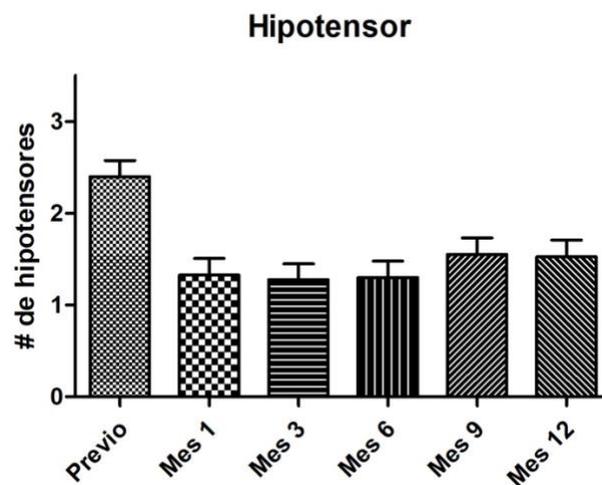


Gráfico 10. Distribución y desviación estándar del número de fármacos hipotensores empleados en distintos momentos de medición.

A pesar de no ser el fin del estudio, se analizó también la agudeza visual previa y posterior a la cirugía en notación Log MAR, obteniendo un valor de  $0.915 \pm 0.490$  antes y de  $0.270 \pm 0.209$  después del procedimiento, con una diferencia de 0.640, con significancia estadística ( $p < 0.0001$ ) mediante prueba de Friedman.

Se realizaron análisis individuales para los pacientes con distintos grados de daño glaucomatoso, acorde con los criterios de Hodapp Anderson Parrish. En el cuadro 6 se aprecian estos datos.

Para los pacientes con daño leve hubo una reducción de PIO a 12 meses de 3.43 mmHg ( $p = 0.086$ ) sin encontrarse una diferencia estadísticamente significativa, mientras que para los pacientes con daño moderado y severo existe una significancia estadística, con una reducción a doce meses de 3.89 y 4.20 mmHg, respectivamente ( $p < 0.0001$  y  $0.0002$ ).

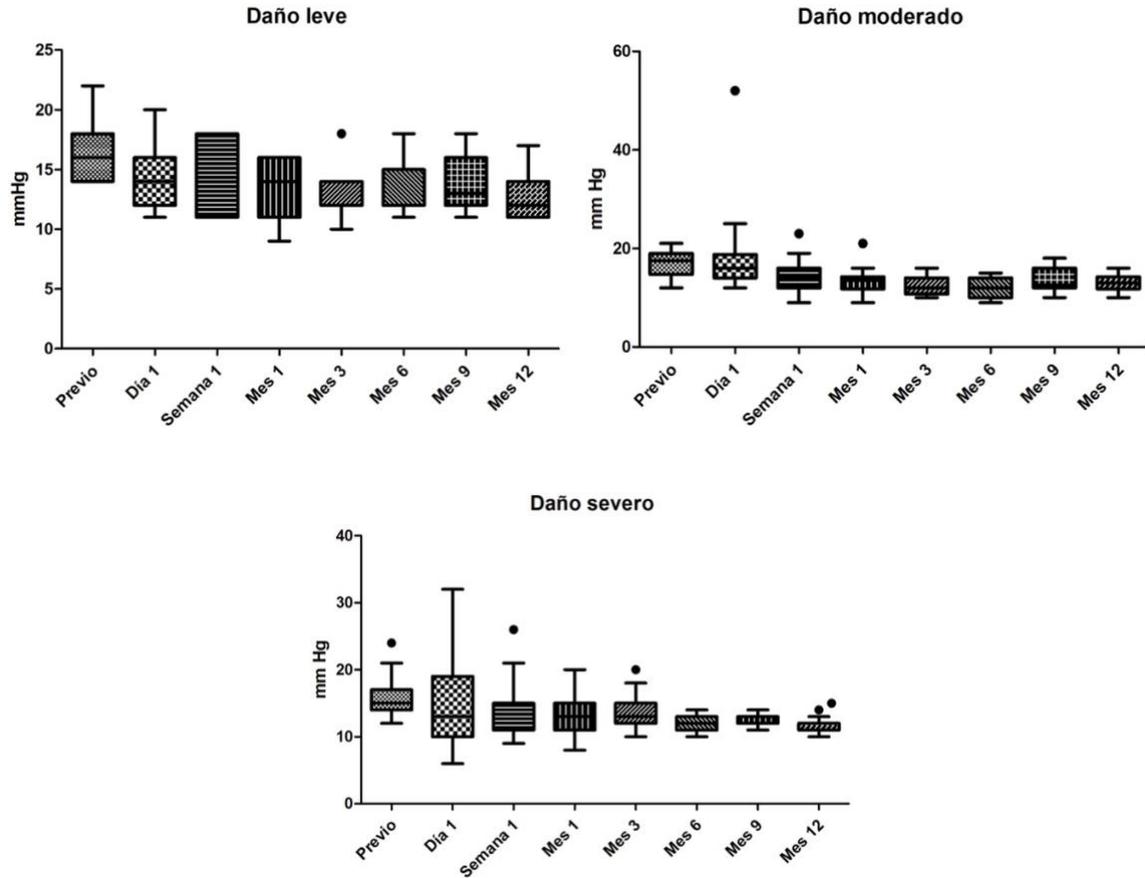
De igual forma se analizó la reducción de fármacos hipotensores para cada grado de daño por glaucoma, encontrando una disminución de 0.71, 0.72 y 1.13 fármacos para daño leve, moderado y severo, respectivamente, teniendo una  $p < 0.0001$  en cada subgrupo. Se aclara que en la variable de hipotensores empleados por pacientes con daño leve se encontró una distribución paramétrica mediante prueba de Kolmogorov Smirnov y se empleó la prueba de ANOVA de 1 vía para determinar la significancia estadística.

**Cuadro 6. Reducción de la PIO en diferentes grupos de daño por glaucoma**

Daño (n)	Previo	Día 1	Semana			Mes 6	Mes	Mes
			1	Mes 1	Mes 3		9	12
<b>Leve (7)</b>	16.29	14.14	14.00	13.29	13.43	13.14	13.71	12.86
<b>Moderado</b> <b>(18)</b>	16.83	18.50	14.11	13.39	12.39	12.11	13.33	12.94
<b>Severo</b> <b>(15)</b>	15.87	15.20	13.60	13.07	13.40	11.93	12.40	11.67

**Cuadro 7. Disminución de hipotensores en grupos de daño por glaucoma**

Daño (n)	Previo	Mes 1	Mes 3	Mes 6	Mes	Mes
					9	12
<b>Leve (7)</b>	1.857	1.286	1.143	1.143	1.143	1.143
<b>Moderado</b> <b>(18)</b>	2.333	1.389	1.389	1.278	1.611	1.611
<b>Severo</b> <b>(15)</b>	2.733	1.267	1.200	1.400	1.667	1.600



Gráficos 11, 12 y 13. Distribución de los valores de PIO para cada tipo de daño glaucomatoso.

Al final de análisis se encontraron 5 complicaciones asociadas al procedimiento, es decir, un 12.5% del total de la población, 2 de ellas transquirúrgicas, correspondiendo a hipema y 3 adicionales en el período post quirúrgico, siendo picos hipertensivos, observados en las visitas del primer día y la primera semana post operatorias, dos de las tres en pacientes con glaucoma por pseudoexfoliación.

---

**Cuadro 8. Complicaciones**

<b>Totales</b>	5 (12.5%)
<b>Transquirúrgicas (Hipema)</b>	2 (5%)
<b>Postquirúrgicas (Pico HTO)</b>	3 (7.5%)

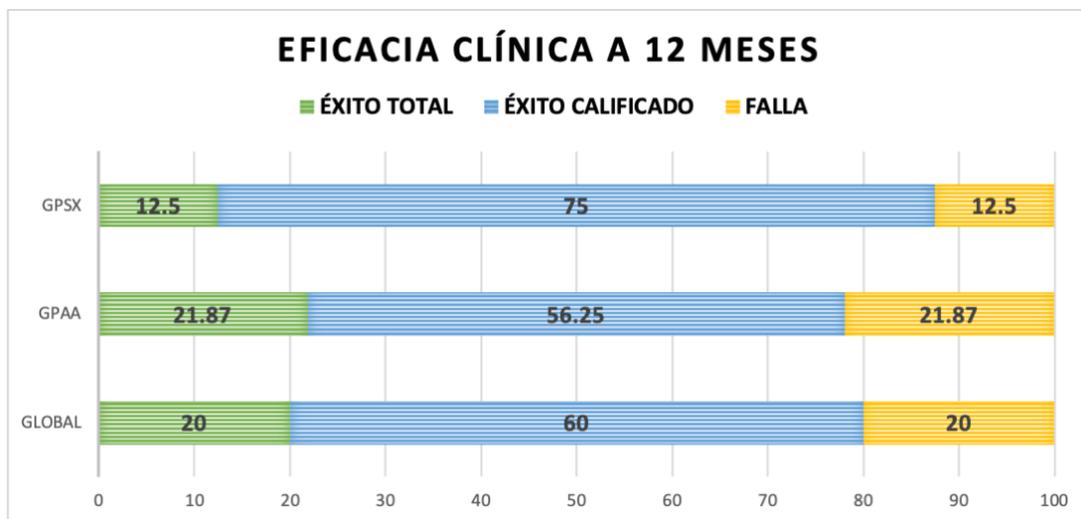
Al aplicar los criterios de desenlace para la eficacia clínica se encuentra que 32 pacientes del total, es decir, un 80%, cumplen criterios de éxito, 8 de ellos total y 24 calificado, 8 restantes con falla terapéutica.

Para glaucomas de ángulo primario, 25 de los 32 pacientes, un 78.12% tuvieron criterios de éxito total y calificado, siendo de 87.50% (7 de 8) para el glaucoma secundario a pseudoexfoliación. Mediante prueba de chi cuadrada se encontró un valor de P de 0.0182.

---

**Cuadro 8. Eficacia Clínica**

<b>Población</b>	<b>Éxito total</b>	<b>Éxito calificado</b>	<b>Falla</b>
<b>Global</b>	8	24	8
<b>Glaucoma primario</b>	7	18	7
<b>Glaucoma por pseudoexfoliación</b>	1	6	1
<b><math>\chi^2</math> P = 0.0182</b>			



*Gráfico 14. Eficacia clínica reportada en porcentaje a 12 meses considerando los criterios de éxito total, éxito calificado y falla terapéutica para población global y para subgrupos de glaucomas de ángulo abierto.*

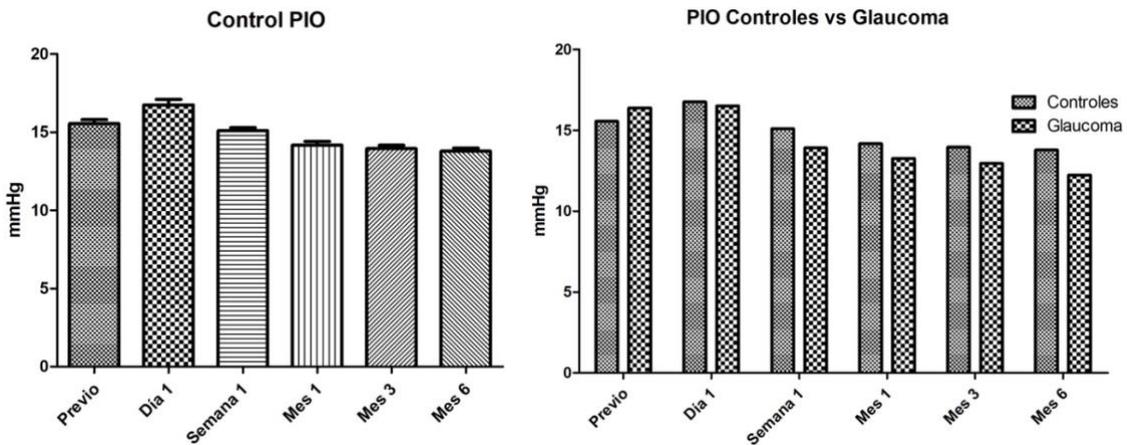
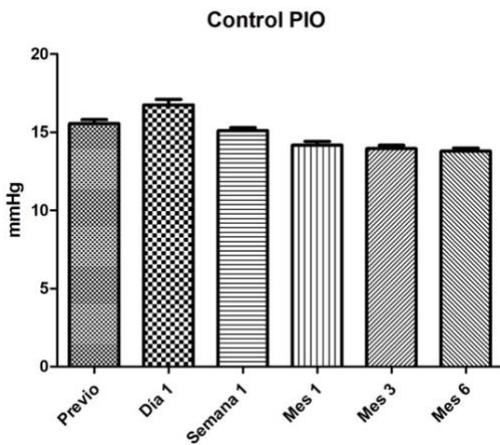
Para comparar el efecto de la facoemulsificación en la reducción de presión intraocular se analizaron expedientes clínicos de 35 pacientes sometidos a facoemulsificación con un período mínimo de seguimiento de seis meses.

Estos pacientes no contaban con ninguna comorbilidad oftalmológica además del diagnóstico de catarata y tenían una PIO promedio de 15.54 mmHg, teniendo al final del período de seis meses un promedio de 13.77 mmHg.

Esta población mostró una distribución no paramétrica al utilizar la prueba de Kolmogorov Smirnov y mediante la prueba de ANOVA para muestras no paramétricas se encontró que esta reducción también mostraba una significancia estadística (cuadro 9). Se comparó la reducción de PIO para este grupo de facoemulsificación con la reducción de PIO de los pacientes con glaucoma y mediante prueba de ANOVA de 1 vía se encontró una p menor de 0.0001.

**Cuadro 9. Reducción de PIO en grupo de control (facoemulsificación)**

	PIO previa	Día 1	Semana 1	Mes 1	Mes 3	Mes 6
<b>Media</b>	15.54	16.74	15.09	14.17	13.94	13.77
<b>D.E.</b>	1.502	2.005	1.147	1.403	1.282	1.239
<b>Error estándar</b>	0.2539	0.3389	0.1939	0.2372	0.2167	0.2094
<b>P</b>	0.03	0.003	0.011	0.0005	< 0.0001	0.0009



*Gráfico 15. Distribución de la PIO en el grupo control de facoemulsificación.*

*Gráfico 16. Comparación de la PIO en distintas mediciones entre el grupo control de facoemulsificación respecto al grupo de pacientes con glaucoma.*

## DISCUSIÓN

Este estudio evaluó la eficacia clínica a corto plazo para glaucomas de ángulo abierto tratados con esclerotomía profunda de alta frecuencia, al final del período de análisis se tuvo una tasa de éxito acumulada de 80%, 20% de la población total sin requerir uso de hipotensores tópicos (considerado como éxito total), con una reducción total de hipotensores de 0.87 y una tasa de complicaciones asociadas de 12.5%. Al comparar los resultados del presente estudio con las dos series más numerosas de esclerotomía profunda de alta frecuencia se contrasta con la tasa de éxito de 79.2% a 72 meses de seguimiento para el grupo del Dr. Pajic y colaboradores y de 90.7% para el Dr. Abushamab a nueve meses de seguimiento. Las diferencias con el presente estudio se explican por una mayor presión intraocular basal en las series del Dr. Pajic y del Dr. Abushamab, así como la inclusión de glaucomas específicos diferentes a los incluidos en este estudio, como glaucomas juveniles, además de un mayor período de seguimiento en el caso del estudio del Dr. Pajic.

La reducción del uso de fármacos calculado para el grupo del Dr. Pajic en su seguimiento a 72 meses fue de 2.12 fármacos hipotensores, mientras que fue de 0.87 para este estudio, se atribuyen las diferencias entre ambos a la inclusión de glaucomas de daño severo en el presente estudio. En la literatura se menciona que la eficacia de la cirugía de mínima invasión en glaucoma es mayor para los pacientes con daño leve y moderado por glaucoma, sin embargo, en este estudio se encontró una significancia estadística para la reducción de la PIO en pacientes con daño glaucomatoso moderado y severo, no así para daño leve.

Esto puede explicarse por el tamaño de muestra para el subgrupo de pacientes con daño leve y por la presión intraocular basal menor.

Las complicaciones encontradas en este estudio fueron hipemas transquirúrgicos y picos hipertensivos en el post operatorio para los pacientes incluidos en el estudio, con una tasa de 5% para las complicaciones transoperatorias y de 7.5% para las complicaciones postquirúrgicas. En las diferentes series, las complicaciones más comunes son el hipema (11.4% en el estudio del Dr. Pajic) y picos hipertensivos (22.6%), las mismas que también fueron encontradas en nuestra población, aunque en menor proporción. Existen otras complicaciones reportadas como hipotensión temporal y formación de fibrina en cámara anterior, ninguna de las cuales fueron encontradas en el presente estudio.

Se encontraron múltiples complicaciones en la facoemulsificación, motivos para eliminar a ciertos pacientes pues impidieron la realización de esclerotomía profunda de alta frecuencia, como pérdida de la transparencia corneal, ruptura de cápsula posterior y desgarros de cápsula anterior.

Se tuvieron diferencias significativas al aplicar la prueba de Friedman y de chi cuadrada para evaluar la reducción de presión intraocular, uso de fármacos hipotensores y desenlace clínico primario a doce meses para la población de análisis y para los subtipos de glaucoma analizados, sin embargo, a pesar de tener una  $P < 0.05$  para ambos subgrupos, se observó menor significancia estadística para glaucomas secundarios a pseudoexfoliación, lo que se atribuye a una población menor incluida.

Una posibilidad quirúrgica es la de realizar la esclerotomía profunda de alta frecuencia en pacientes con glaucoma de ángulo cerrado, modificados por iridotomías láser periféricas. A pesar de no estar descritas en la literatura, en el departamento de glaucoma se realizaron 8 procedimientos en glaucomas de ángulo cerrado modificados por iridotomía láser previas, teniendo una reducción de presión intraocular de 5.12 mmHg y de 0.62 fármacos hipotensores, con un valor de P de 0.001 calculado mediante prueba de Friedman, sin embargo, esto se atribuye al efecto de la facoemulsificación realizada en el mismo tiempo quirúrgico.

Para conocer el efecto de la facoemulsificación en la reducción de la presión intraocular se analizó un grupo de 35 pacientes con diagnóstico de catarata sin cumplir criterios de sospecha o diagnósticos para glaucoma, estos pacientes tuvieron un seguimiento mínimo de 6 meses y la reducción en la PIO tuvo una diferencia significativa, a pesar de tener un valor mucho menor que para la facoemulsificación combinada con esclerotomía profunda de alta frecuencia.

Se asume que las modificaciones a la anatomía de la cámara anterior y del ángulo iridocorneal por un componente de empuje iridocristaliniano en pacientes con catarata pueden explicar esta reducción de presión intraocular. Debe considerarse, sin embargo, que esto se analizó en pacientes sin sospecha de glaucoma u otras comorbilidades oftalmológicas además de la catarata y sin complicaciones durante o después de la facoemulsificación, por lo que la validez al comparar con el grupo de pacientes con glaucomas de ángulo abierto se ve limitada, sin embargo, la reducción de 1.77 mmHg es similar a lo referido en artículos previos.

Al realizar el análisis individual para cada tipo de daño de glaucoma encontramos que la reducción en la PIO y uso de fármacos mostró significancia estadística en el daño moderado y severo, pero no para el daño leve en el caso de la presión intraocular y para todos los tipos de daño glaucomatoso en el caso de fármacos hipotensores.

Esto es sorpresivo y desafía los hallazgos reportados en las series previas, en las que se sugiere emplear EPAF en pacientes con daños leves y moderados. Podemos suponer que una muestra más numerosa de pacientes con daño leve podría mostrar una diferencia significativa y se mantiene como un punto a tratar a futuro, animando a intentar la esclerotomía profunda en pacientes con diagnósticos recientes de glaucoma y catarata, cuyo daño glaucomatoso sea leve.

Las ventajas descritas en la literatura para la esclerotomía profunda de alta frecuencia son menores tasas de complicaciones al compararla con cirugías filtrantes, además de una mejor relación costo efecto, debido a que se puede realizar en el mismo momento de la facoemulsificación, sin requerir insumos adicionales salvo la punta de diatermia del equipo Oertli. Otra ventaja reportada es la capacidad de preservar conjuntiva para futuras cirugías filtrantes, debido a su abordaje ab interno.

Las desventajas y limitaciones de los estudios en la literatura y que se aplican también al presente estudio son la ausencia de comparación de la esclerotomía profunda de alta frecuencia con otras cirugías de mínima invasión en glaucoma, la falta de grupos de control con glaucoma en que solo se realice la facoemulsificación, así como la falta de datos sobre la posibilidad y eficacia de repetir el procedimiento.

La principal desventaja de la EPAF es que consigue presiones intraoculares en torno a los 15 mmHg, valores que no son adecuados para glaucomas de daño severo. En teoría, esto no interfiere con nuevas técnicas de tratamiento como láser o cirugía filtrante, debido a que la conjuntiva se preserva por el abordaje ab interno de la EPAF. A pesar de encontrar una reducción significativa y constante de la presión intraocular y del uso de hipotensores se aprecia cómo este efecto decae tras el sexto mes de seguimiento, por lo que se sugiere extender el período de análisis.

Si bien se analiza el efecto clínico en reducción de presión intraocular, no se evaluaron los efectos que la EPAF ofrece respecto a la progresión del daño glaucomatoso, lo cual representa un espacio de oportunidad para investigaciones futuras, al determinar la tendencia en estudios funcionales (perimetría estática automatizada) y estructurales (tomografía de coherencia óptica de fibras nerviosas) en pacientes sometidos a EPAF y compararlos con grupos control de pacientes sin intervención quirúrgica o intervenidos solo de facoemulsificación. Otro punto a considerar es que la esclerotomía se realiza mediante seis bolsillos esclerales en el cuadrante nasal inferior, pero hasta el momento no se ha analizado si realizar más bolsillos esclerales (doce) podría ofrecer una mayor reducción de presión intraocular al incrementar la superficie de absorción del humor acuoso, considerándose también como un área de oportunidad para investigaciones futuras.

Al contrastar la hipótesis, se encuentra que la eficacia clínica acorde a los criterios definidos supera el 50% para la población analizada a doce meses de seguimiento y que las complicaciones son menores del 20%, por lo que esta se cumple.

## **CONCLUSIONES**

La esclerotomía profunda de alta frecuencia es una técnica eficaz para reducir la presión intraocular y el uso de hipotensores en glaucomas de ángulo abierto primarios y secundarios a pseudoexfoliación, tanto en daños leves como moderados e incluso severos, que ofrece además un perfil de seguridad adecuado con pocas complicaciones trans y postquirúrgicas, las cuales tienen un corto período de resolución.

Considerando lo anterior, la esclerotomía profunda de alta frecuencia se postula como una cirugía de mínima invasión en glaucoma prometedora, aunque se reconoce que requiere investigaciones futuras prospectivas comparativas.

A pesar de que se confirme una reducción constante de la presión intraocular y del uso de fármacos hipotensores con la esclerotomía profunda de alta frecuencia, no se conoce todavía si esto impacta en la progresión funcional y estructural del daño por glaucoma, por lo que aún se necesitan protocolos de investigación que indaguen estas interrogantes.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Sharaawy, TM. Sherwood, MB. Hitchings, RA et al. Glaucoma: Medical Diagnosis & Therapy. Second Edition. Elsevier Saunders. 2015.
2. Tham, YC; Li X, W; et al. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040. A systematic review and meta-analysis. *Ophthalmol.* 2014; 121:2081-2090.
3. Tanna, A, P; Boland, M, V; Giaconi, J, AM; et al. Basic and Clinical Science Course 2021-2022. Section 10: Glaucoma. American Academy of Ophthalmology.
4. Gedde, SJ et al. Primary Open – Angle Glaucoma Suspect Preferred Practice Pattern. American Academy of Ophthalmology. 2020.
5. Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD, et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: baseline factors that predict the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2002; 120; 6:714-720.
6. Ahmad SS. Glaucoma suspects: A practical approach. *Taiwan J Ophthalmol* 2018; 8:74-81.
7. Razeghinejad, MR; Spaeth, GL. A history of the surgical management of glaucoma. *Optom Vis Sci.* 2011; 88: E39-47.
8. Chelvin, C.A; Barton, K. Minimally Invasive Glaucoma Surgery. Chapter 1: Overview of MIGS. Springer. 2021.
9. Andrew, NH; Akkach, S; Casson, RJ. A review of aqueous outflow resistance and its relevance to micro-invasive glaucoma surgery. *Surv. Ophthalmol.* 2020; 65:18-31.

10. Gillman, K; Mansouri, K. Minimally Invasive Glaucoma Surgery: Where Is the Evidence? *Asia Pac J Ophthalmol*, 2020;9:203-214.
11. Pillunat, L.E; Erb, C; Jünemann, A.G; et al. Micro-invasive glaucoma surgery (MIGS): A review of surgical procedures using stents. *Clin. Ophthalmol.* 2017,11,1583-1600.
12. Fingeret, M; Dickerson, JE. The Role of Minimally Invasive Glaucoma Surgery Devices in the Management of Glaucoma. *Optom Vis Sci* 2018, 95, 2, 155-162.
13. Bicket, A,K; Le, J,T; Azuara-Blanco, A; et al. Minimally Invasive Glaucoma Surgical Techniques for Open-Angle Glaucoma: An Overview of Cochrane Systematic Reviews and Network Meta-analysis. *JAMA Ophthalmol* 2021; 139(9): 1-7.
14. Dhingra, D; Bhartiya, S. Evaluating glaucoma surgeries in the MIGS context. *Rom J Ophthalmol.* 2020; 64(2): 85-95.
15. Pajic, B. High-Frequency Deep Sclerotomy. *Cataract & Refractive Surgery Today Europe.* October 2011.
16. Pajic, B; Cvejic, Z; Mansouri, K; et al. High Frequency Deep Sclerotomy, a Minimal Invasive Ab Interno Glaucoma Procedure Combined with Cataract Surgery: Physical Properties and Clinical Outcome. *Appl. Sci.* 2020, 10, 218, 1-9.
17. Pajic, B.; Resan, M.; Pajic-Eggspuehler, B.; Massa, H.; Cvejic, Z. Triggerfish Recording of IOP Patterns in Combined HFDS Minimally Invasive Glaucoma and Cataract Surgery: A Prospective Study. *J. Clin. Med.* 2021, 10, 3472.

18. Pajic, B; Pajic-Eggspuehler, B; Haefliger, I. New minimally invasive, deep sclerotomy ab interno surgical procedure for glaucoma, six years of follow-up. *J. Glaucoma* 2011, 20, 109-114.
19. Lee GA; Porter, AJ; Vincent RA, et al. Combined phacoemulsification and microinvasive glaucoma surgery in comparison to phacoemulsification alone for open angle glaucoma. *Eye (Lond)*. 2020; 34:312-318.
20. Abushanab, M.M.I; El-Shiaty, A; El-Beltagi, T; et al. The Efficacy and Safety of High-Frequency Deep Sclerotomy in Treatment of Chronic Open-Glaucoma Patients. *BioMed Res. Int.* 2019, 2019, 1850141.
21. SooHoo, J.R; Seibold, L.K; Kahook, M.Y. Ab Interno trabeculectomy in the adult patient. *Middle East Afr. J. Ophthalmol.* 2015, 22, 25-29.
22. Pajic, B; Pajic-Eggspuehler, B; Haefliger, I; et al. Long-term Results of a Novel Minimally Invasive High-Frequency Sclerotomy Ab Interno Surgical Procedure for Glaucoma. *Euro Ophthalmol Review* 2012.
23. Pajic, B; Pallas, G; Gerding, H; et al. A novel technique of ab interno glaucoma surgery: Follow-up results after 24 months. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2006, 244, 22-27.
24. Lv, H; Yang, J; Liu, Y; et al. Changes of intraocular pressure after cataract surgery in myopic and emmetropic patients. *Medicine*. 2018, 97, 38, 1-9,

## **GLOSARIO DE ABREVIATURAS**

D.E: Desviación Estándar.

EPAF: Esclerotomía Profunda de Alta Frecuencia.

GPAA: Glaucoma primario de ángulo abierto.

GPSX: Glaucoma secundario a pseudoexfoliación.

H: hombres.

HFDS: High Frequency Deep Sclerotomy

M: mujeres.

MIGS: cirugía de mínima invasión para glaucoma.

mmHg: milímetros de mercurio.

NOM: Norma Oficial Mexicana.

PIO: Presión intraocular.