



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

**Asociación Para Evitar la Ceguera en  
México I.A.P. Hospital “Dr. Luis Sánchez  
Bulnes”**

**CIRUGÍA DE CATARATA ASISTIDA  
POR FEMTOSEGUNDO VERSUS  
FACOEMULSIFICACIÓN  
CONVENCIONAL: REVISIÓN  
SISTEMÁTICA Y METAANÁLISIS**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA  
EN:  
**Oftalmología**



PRESENTA:  
**Dra. Nicole Stephanie Pichardo Loera**

TUTOR PRINCIPAL:  
**Dr. Roberto González Salinas**

Ciudad de México, 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

# ÍNDICE

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN .....	4
MÉTODOS .....	4
Estrategia de búsqueda .....	4
Criterios de elegibilidad .....	5
Selección de estudios.....	5
Proceso de recopilación de datos.....	5
Desenlaces .....	5
Evaluación de calidad.....	6
Resumen de medidas.....	6
Síntesis de resultados .....	6
RESULTADOS.....	7
Selección de estudios.....	7
Características de los estudios.....	7
Evaluación de calidad.....	8
Resultados primarios .....	8
Resultados secundarios intraoperatorios.....	9
Resultados secundarios postoperatorios .....	10
Análisis de seguridad .....	10
DISCUSIÓN .....	11
CONCLUSIÓN .....	13
REFERENCIAS .....	15
ANEXOS.....	22

## RESUMEN

El objetivo principal de nuestro estudio es comparar la aparición de eventos adversos, las complicaciones y los resultados postoperatorios de la cirugía de cataratas asistida por láser de femtosegundo (FLACS) frente a la facoemulsificación convencional (CPS) en pacientes adultos sometidos a cirugía de cataratas.

Realizamos nuestra investigación utilizando PubMed, Scopus y MEDLINE a través de EBSCOhost desde 2012 hasta julio de 2022 con restricción de idioma inglés y español, incluidos solo ensayos controlados aleatorizados (ECA). Se siguieron los lineamientos de PRISMA para la extracción de datos y se utilizó un modelo de efectos aleatorios para cada resultado. Se analizaron 4844 ojos de 23 ECA con bajo riesgo de sesgo según la herramienta RoB-2. Encontramos diferencias estadísticamente significativas entre los grupos FLACS y CPS para el error absoluto medio (DM=-0,12, IC 95 %:-0,22-[-0,02], P=0,01), la circularidad de la capsulorrexia (DM= 0,04, 95 % IC: 0,04-0,05, P=<0,00001), centrado de LIO (D=-0,07, IC del 95 %:-0,09-[-0,05], P=<0,00001), recuento de CDE (DM=-1,75, IC del 95 %: -2,75-[-0,74], P=0,0006), tiempo medio de facoemulsificación (DM=-12,90, IC 95%:-20,89-[-4,92], P=0,002), EPT (DM= -0,93, IC 95%: -1,68-[-0,019], P=0,01) y pérdida de densidad de células endoteliales ((DM=-0,6, IC del 95 %: -1-[-0,19], P=0,004). Además, el análisis de seguridad mostró una menor incidencia de ruptura de la cápsula posterior (RCP) en el grupo FLACS (OR = 0,29, IC del 95%: 0,09-1, P = 0,05). Nuestros resultados sugieren que FLACS podría ser útil para pacientes con cataratas relativamente densas y valores bajos de células endoteliales preoperatorias.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la catarata es la principal causa de ceguera reversible, siendo la cirugía de cataratas una de las intervenciones realizadas con mayor frecuencia<sup>1, 6</sup>. Las tasas quirúrgicas van en aumento ya que el tipo de catarata más frecuente es la relacionada con la edad<sup>4, 5</sup>. Por lo anterior, existe constante innovación tecnológica para realizar técnicas quirúrgicas más seguras y eficientes.

FLACS se ha desarrollado para realizar pasos clave en la cirugía de cataratas, incluidas las incisiones corneales, la capsulorrexis y la fragmentación nuclear. Sin embargo, a pesar del objetivo de FLACS de mejorar la precisión de la técnica quirúrgica y reducir el impacto colateral del ultrasonido en los tejidos oculares,<sup>6-8</sup> las crecientes discrepancias en estudios anteriores que utilizan esta tecnología han generado la necesidad de producir información confiable que sopesa las posibles ventajas del uso de FLACS sobre la facoemulsificación convencional. Numerosos estudios han intentado comparar la eficacia y seguridad de estas dos técnicas y los resultados han sido poco concluyentes. Metaanálisis previos han mostrado mejores resultados intraoperatorios usando FLACS;<sup>9-12</sup> no obstante, los resultados postoperatorios y refractivos han sido inconsistentes.<sup>9-14</sup> Por otro lado, la mayoría de los estudios no han encontrado diferencias en los resultados de seguridad,<sup>9-12</sup> mientras que otro estudio de Wang et al. evidenció un mayor riesgo de complicaciones (problemas de rexis, edema macular y elevación de la presión intraocular) usando FLACS, aunque en este caso, el análisis de sensibilidad fue inconsistente.<sup>15</sup>

Debido a la heterogeneidad de los resultados previos, realizamos un metaanálisis para evaluar la eficacia y seguridad de FLACS versus facoemulsificación convencional, con el objetivo de proporcionar una evaluación actualizada.

## MÉTODOS

Este protocolo fue registrado en la base de datos PROSPERO, número CRD42020153862.

### *Estrategia de búsqueda*

Realizamos una investigación sistemática utilizando PubMed, Scopus y EBSCOhost (MEDLINE) desde 2012 hasta julio de 2022, con restricciones de idioma inglés y español.

### *Criterios de elegibilidad*

1) Ensayos clínicos controlados aleatorizados (ECA) publicados, 2) pacientes adultos sometidos a cirugía de cataratas, 3) pacientes divididos en uno de los siguientes grupos: a). FLACS y b). Cirugía de facoemulsificación convencional, y 4) ECA que incluyan al menos uno de los resultados incluidos en este metaanálisis.

### *Selección de estudios*

Eliminamos los duplicados usando el software Zotero (Zotero Version 5.0.77. George Mason University, Virginia: Corporation for Digital Scholarship at Roy Rosenzweig Center for History and New Media, 2019). Independientemente, dos autores revisaron los artículos para determinar su elegibilidad y las diferencias fueron resueltas mediante discusión.

### *Proceso de recopilación de datos*

De cada estudio incluido, un autor extrajo la información disponible, incluido el año de publicación y el país de origen, la máquina de facoemulsificación y láser de femtosegundo utilizada para los procedimientos, la última fecha de seguimiento, el número de ojos incluidos en el estudio, la distribución por edad y género.

### *Desenlaces*

1. Desenlaces primarios: agudeza visual a distancia no corregida (UDVA), agudeza visual a distancia corregida (CDVA), equivalente esférico refractivo manifiesto (MRSE), error absoluto medio (MAE), circularidad o diámetro relativo de capsulorrexis/capsulotomía, astigmatismo inducido quirúrgicamente (SIA) y centrado de LIO.

2. Resultados secundarios:

a. Intraoperatorio: tiempo total de cirugía, tiempo medio de facoemulsificación, tiempo efectivo de facoemulsificación (EPT), energía media de facoemulsificación y energía disipada acumulada (CDE).

b. Postoperatorio: densidad de células endoteliales, pérdida de densidad de células endoteliales y grosor corneal central (CCT).

3. Análisis de seguridad: la incidencia global de eventos adversos, desgarro de la cápsula anterior y posterior.

## *Evaluación de calidad*

### Riesgo de sesgo en estudios individuales

Utilizamos la última versión de la herramienta RoB 2 para ensayos de grupos paralelos.<sup>16</sup>

### Riesgo de sesgo entre los estudios

De acuerdo con la lista de verificación PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses),<sup>17</sup> se debe evaluar el sesgo de publicación y el informe selectivo dentro de los estudios para determinar el riesgo de sesgo entre los estudios. Para determinar el sesgo de publicación en los resultados primarios, se emplearon gráficos en embudo (funnel plots) con un mínimo de cuatro estudios analizados. Debido al número limitado de estudios, también se calculó la regresión de Egger para mejorar la precisión del análisis utilizando la herramienta Meta-Essentials.<sup>18</sup>

## *Resumen de medidas*

Como los resultados primarios y secundarios se representan como datos continuos, la información se extrajo como medias  $\pm$  desviación estándar; por lo tanto, las principales medidas de resumen se ponderan como diferencias de medias con intervalos de confianza del 95% utilizando un método estadístico de varianza inversa, considerando estadísticamente significativo un valor de  $p < 0,05$ . Para el análisis de seguridad, informamos los resultados en términos de OR empleando el método estadístico de Mantel-Haenszel.

## *Síntesis de resultados*

La heterogeneidad estadística se evaluó mediante chi-cuadrada, considerando heterogénea una  $p < 0,05$ . La varianza se fijó por una medida  $I^2$ , considerando heterogeneidad baja cuando  $I^2 > 25\%$ , heterogeneidad moderada arriba del 50% y heterogeneidad alta arriba del 75%. Además, utilizamos un modelo estadístico de efectos aleatorios y  $T^2$  para la varianza de los verdaderos tamaños del efecto. Estos análisis se realizaron con el software RevMan 5.3 (Review Manager Version 5.3.5. Copenhagen: The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, 2014).

## RESULTADOS

### *Selección de estudios*

Recopilamos 990 estudios y, después de eliminar los duplicados, seleccionamos 484 estudios por título y resumen, excluyendo los estudios no aleatorios, los estudios no comparativos y aquellos con aparente irrelevancia. Se evaluó la elegibilidad de 61 artículos de texto completo. Después de excluir artículos en los que no se pudieron extraer datos o presentaron resultados no evaluados en este metaanálisis, seleccionamos 23 ECA (*Figura 1*).

### *Características de los estudios*

Hubo 2433 ojos en el grupo FLACS y 2411 en el grupo CPS, lo que representa 4844 ojos. La edad media de los pacientes del grupo FLACS fue de 67,97 años y del grupo CPS de 67,79 (obtenida calculando la edad media de los estudios incluidos). La información sobre la distribución por género no estuvo disponible en la totalidad de los estudios. En la mayoría de los estudios incluidos, los pacientes incluidos eran de ascendencia europea, seguidos de asiáticos y estadounidenses, y el tiempo de seguimiento varió de 1 día<sup>19</sup> a 12 meses,<sup>20-25</sup> variando entre estudios y resultados.

Liu et al.<sup>26</sup> informaron una cohorte prospectiva adicional que se sometió a FLACS en la que se analizó un AINE preoperatorio, que no incluimos en el metaanálisis. Asimismo, el estudio de Mastropasqua et al.<sup>27</sup> contó con dos grupos FLACS y un control; en el grupo uno de FLACS, la capsulotomía, la fragmentación del cristalino y las incisiones corneales se realizaron con láser de femtosegundo, mientras que en el grupo dos, solo se completó la capsulotomía y la fragmentación del cristalino con láser. Se consideró sólo el grupo uno.

Los artículos de Roberts et al.,<sup>28</sup> Nagy et al.,<sup>29</sup> Kanellouopoulos et al.,<sup>20</sup> Kranitz et al.,<sup>21</sup> Takacs et al.,<sup>30</sup> Filkorn et al.,<sup>31</sup> y Bascaran et al.<sup>32</sup> informaron que algunos autores eran consultores de Alcon en el momento en que se realizaron los estudios. Schargus et al.<sup>33</sup> y Conrad-Hengerer et al.<sup>34</sup> fueron consultores/asesores de Abbott. Además, algunos autores informaron haber recibido subvenciones de Bausch & Lomb en el estudio de Reddy et al.<sup>19</sup>.



## *Evaluación de calidad*

### Riesgo de sesgo dentro de los estudios

Dos autores evaluaron el riesgo de sesgo de cada estudio por cada resultado, lo que resultó en 111 evaluaciones. Algunos estudios presentan riesgo moderado sobre el proceso de selección y aleatorización de los resultados informados.

### Riesgo de sesgo entre los estudios

La simetría de los gráficos en embudo fue difícil de evaluar debido al número de estudios en cada resultado; sin embargo, el modelo de regresión de Egger no mostró sesgo de publicación en ninguno de los resultados seleccionados ( $P=0,418$  para UCDVA,  $P=0,173$  para CDVA,  $P=0,610$  para MRSE y  $P=0,889$  para eventos adversos).

## *Resultados primarios*

### Agudeza visual lejana no corregida

Los nueve estudios incluidos en este resultado agruparon 3100 ojos. No se evidenciaron diferencias significativas entre los grupos ( $DM=0$ , IC 95%:  $-0,02-0,03$ ,  $P=0,85$ ); sin embargo, se evidenció alta heterogeneidad ( $P=0,0001$ ,  $I^2=75\%$ ) (*Figura 2A*).

### Agudeza visual lejana corregida

Analizamos un total de 3285 ojos de doce estudios con heterogeneidad moderada utilizando un modelo de efectos aleatorios y los resultados no fueron significativamente diferentes entre los grupos ( $DM = 0,01$ , IC del 95 %:  $-0,01-0,02$ ,  $P = 0,40$ ) (*Figura 2B*).

### Equivalente esférico refractivo manifiesto

Este desenlace fue estudiado por cinco autores incluidos en este metaanálisis. Comparamos 837 ojos entre los dos grupos y no se evidenciaron diferencias significativas ( $DM=0,13$ , IC 95%:  $-0,05-0,31$ ,  $P=0,16$ ), pero se evidenció una alta heterogeneidad ( $P=<0,00003$ ,  $I^2=86\%$ ) (*Figura 2C*).

### Error absoluto medio

Se define como la diferencia entre el equivalente esférico posoperatorio y la refracción objetivo posoperatoria predicha.<sup>28,32</sup> Este análisis de 194 ojos favoreció significativamente a FLACS ( $DM = -0,12$ , IC del 95 %:  $-0,22-[-0,02]$ ,  $P = 0,01$ ) (*Figura 3A*).

### Astigmatismo inducido quirúrgicamente

Para este resultado se analizaron dos estudios con un total de 100 ojos. No se mostraron diferencias significativas (DM = 0,05, IC del 95 %: -0,03-0,12, P = 0,26) (*Figura 3B*).

### Circularidad de capsulorrexis/capsulotomía

La circularidad fue analizada por Mastropasqua et al.<sup>27</sup> utilizando la fórmula  $4\pi(\text{área}/\text{perímetro}^2)$ , mientras que Reddy et al. 2013<sup>19</sup> realizó la medición *ex situ*. A pesar de esta diferencia, se evidenció una baja heterogeneidad en los 179 ojos analizados (P=0,21, I<sup>2</sup>=37%). La circularidad fue significativamente mejor con FLACS (DM= 0,04, IC del 95%: 0,04-0,05, P= <0,00001) (*Figura 3C*).

### Diámetro relativo de capsulorrexis/capsulotomía

El diámetro relativo de la capsulorrexis se define como la diferencia entre el diámetro de capsulorrexis o capsulotomía pretendido y el conseguido<sup>19, 35</sup>. Se analizaron 173 ojos y no se observaron diferencias significativas (DM=0,17, IC 95%: -0,68-0,35, P=0,52); sin embargo, se mostró alta heterogeneidad (P=0.002, I<sup>2</sup>=89%) (*Figura 3D*).

### Centrado de lente intraocular

El centrado de LIO fue obtenido por Mastropasqua et al. midiendo la distancia entre el centro de la LIO y el centro pupilar<sup>27</sup>; mientras que para el estudio de Kranitz et al., consideramos la descentración total informada como la magnitud del vector de resultados de la descentración horizontal y vertical.<sup>21</sup> Se incluyeron 100 ojos en este análisis que mostraron resultados significativamente mejores en el grupo FLACS (DM=-0,07, IC del 95 %: -0,09-[-0,05 ], P=<0,00001) (*Figura 3E*).

### *Resultados secundarios intraoperatorios*

Tiempo de cirugía, tiempo medio de facoemulsificación, tiempo efectivo de facoemulsificación (EPT) y energía media de facoemulsificación

Se evidenció alta heterogeneidad entre estos análisis (P=<0,0001, I<sup>2</sup>=77% para tiempo de cirugía; P=<0,00001, I<sup>2</sup>=96% para tiempo medio de facoemulsificación; P=<0,00001, I<sup>2</sup>=96% para EPT; y P< 0,0001, I<sup>2</sup>=87% para energía media de facoemulsificación). El tiempo medio de facoemulsificación (496 ojos, MD= -12,9, IC 95%: -20,89-[-4,92], P=0,002) y EPT (807 ojos, MD= -0,93 , IC 95%: -1.68-[-0.019], P=0.01),

fueron menores en el grupo FLACS. No se evidenciaron otras diferencias significativas (1651 ojos, DM= -0,05, IC 95%: -0,54-0,64, P=0,87 para el tiempo de cirugía; y 449 ojos, DM= -2,51, IC 95%: -7,14-2,12, P =0,29 para la energía media de facoemulsificación) (*Figuras 4A-D*).

#### Energía disipada acumulada (CDE)

Siete estudios analizaron 716 ojos para EDC. Observamos heterogeneidad moderada entre estos estudios (P=0,04, I<sup>2</sup>=56 %) y encontramos significativamente menos EDC en el grupo FLACS en comparación con cirugía convencional (DM=-1,75, IC del 95 %: -2,75-[-0,74], P=0,0006 ) (*Figura 4E*).

#### *Resultados secundarios postoperatorios*

##### Densidad de células endoteliales

Nueve estudios que representan 1500 ojos analizaron la densidad de células endoteliales postoperatorias. El análisis mostró una diferencia no significativa (DM = 22,08, IC del 95 %: -45,56-89,73, P = 0,52) (*Figura 5A*).

##### Pérdida de densidad de células endoteliales

Se incluyeron cuatro estudios que representaban 900 ojos. Encontramos una pérdida de densidad de células endoteliales significativamente menor en el grupo FLACS (DM = -0,6, IC del 95 %: -1-[-0,19], P = 0,004) (*Figura 5B*).

##### Grosor corneal central

Seis estudios analizaron un total de 783 ojos para este resultado. No hubo diferencia significativa (DM = 0,76, IC del 95 %: -4,62-6,14, P = 0,78) (*Figura 5C*).

#### *Análisis de seguridad*

##### Incidencia general de eventos adversos

No hubo diferencia significativa (OR= 1,07, IC 95%: 0,53-2,15, P=0,85) (*Figura 6A*).

##### Desgarro de la cápsula anterior

No hubo diferencia significativa (OR= 1,63, IC 95%: 0,64-4,20, P=0,31) (*Figura 6B*).

Desgarro de la cápsula posterior (PCT)

Hubo una incidencia menor de PCT estadísticamente significativa en FLACS (OR = 0,29, IC del 95 %: 0,09-1, P = 0,05) (*Figura 6C*).

## DISCUSIÓN

Los resultados combinados en este metaanálisis demostraron que FLACS es superior a la cirugía de facoemulsificación convencional en la reducción del MAE, la circularidad de la capsulorrexis/capsulotomía y el centrado del LIO, en lo que respecta a los resultados refractivos primarios. Mientras que, para los resultados secundarios intraoperatorios, el tiempo medio de facoemulsificación, el EPT y el recuento de CDE disminuyeron significativamente en el grupo FLACS. Además, se demostró un grado significativamente menor de pérdida de células endoteliales en el grupo FLACS.

Desde el punto de vista de la eficacia, no pudimos detectar una diferencia estadísticamente significativa en los resultados primarios entre FLACS y CPS, incluidos los resultados refractivos (UDVA, CDVA, MRSE y SIA). Por el contrario, Chen et al. describieron una mejor agudeza visual corregida postoperatoria en el grupo FLACS, en comparación con cirugía convencional a la semana y seis meses; sin embargo, la agudeza visual no corregida no fue diferente durante el período de seguimiento.<sup>9</sup> Los resultados refractivos son puntos finales críticos desde un punto de vista clínico y, por lo tanto, es crucial evaluar adecuadamente cualquier diferencia entre los grupos. Varios informes previos respaldan nuestros hallazgos, concluyendo que no hubo diferencias evidentes entre FLACS y cirugía convencional con respecto a los resultados refractivos.<sup>9-12, 14</sup> No obstante, también encontramos un MAE más bajo en el grupo FLACS, lo que sugiere una diferencia más estrecha entre el equivalente esférico posoperatorio y la refracción objetivo posoperatoria predicha, como se informó previamente en un estudio de cohortes<sup>43</sup>. Sin embargo, debemos tener en cuenta que existen numerosas fuentes de error en la predictibilidad refractiva, incluida la medición preoperatoria, la elección de la fórmula de la LIO y los métodos utilizados para la evaluación del error de predicción.

No se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre FLACS y cirugía convencional para el diámetro relativo de la capsulorrexis o sobre la incidencia de ruptura de cápsula y otras complicaciones relacionadas, independientemente de la densidad o intumescencia del cristalino; sin embargo, la circularidad de la capsulorrexis y el centrado de la LIO demostraron mejorar significativamente en el grupo FLACS. Estos resultados han

sido enfatizados anteriormente por varias series, lo que representa una mejora en la alineación del LIO y una mejora de la circularidad de la capsulorrexis, mejorando así la precisión y la reproducibilidad de las incisiones corneales y la apertura capsular, lo que puede hacer que la posición del lente sea más predecible y eficaz, mejorando los resultados visuales y refractivos.<sup>10-12</sup> Sin embargo, la correlación entre la circularidad de la capsulorrexis y el centrado de LIO ha sido ampliamente debatida; datos informados previamente por Okada et al. demostraron que la refracción postoperatoria al año no estaba relacionada con el centrado o la circularidad de la capsulorrexis. No obstante, también describió que un descentramiento de más de 0,4 mm se asociaba con un cambio de 0,25 D en el equivalente esférico y el solapamiento incompleto de la capsulorrexis y la óptica se asociaba con un cambio de 0,50 D en el cilindro entre el mes y el año.<sup>43</sup>

Por otro lado, nuestros hallazgos con respecto a los resultados secundarios intraoperatorios revelaron que varias métricas, especialmente CDE, se optimizaron al usar FLACS para disminuir la cantidad total de energía administrada al ojo. Este beneficio puede explicarse en parte por la característica de FLACS de ablandar el núcleo, lo que puede ayudar a reducir los valores de CDE. Estos hallazgos concuerdan con datos previamente informados<sup>10-12</sup> que destacaron la reducción de las métricas intraoperatorias durante el procedimiento quirúrgico, especialmente para cataratas densas, reduciendo así el impacto energético en los tejidos oculares. Esto puede ser particularmente beneficioso en pacientes con una densidad de células endoteliales baja preoperatoria, ya que también demostramos que FLACS logra una menor pérdida de densidad de células endoteliales, lo que respalda resultados similares informados anteriormente.<sup>44</sup>

Desde el punto de vista de la seguridad con respecto a las complicaciones clínicamente relevantes y la incidencia general de eventos adversos, se evidenció una tasa inferior estadísticamente significativa de PCT en el grupo FLACS en comparación con CPS en los tres estudios de ensayos controlados aleatorios considerados para este resultado y que comprenden un total de 658 ojos. Estos hallazgos contrastan con los datos informados previamente por Popovich que describieron una incidencia significativamente mayor de RCP después de FLACS en relación con CPS, lo que sugiere que muchos de los estudios evaluados se publicaron poco después de la introducción de FLACS y, por lo tanto, sus resultados pueden haber sido influenciados por la curva de aprendizaje de los cirujanos.<sup>10</sup>

<sup>11</sup> Por el contrario, no se observaron diferencias en la incidencia de rotura intraoperatoria de la cápsula anterior entre los grupos. No obstante, como se señaló anteriormente en

varios informes, independientemente de comparar los resultados de seguridad de FLACS y CPS, se advierten complicaciones cuando se usa solo FLACS, incluidas irregularidades del estroma corneal de interfaz, capsulotomía asistida por láser incompleta y fragmentación.<sup>45-49</sup>

Se han informado pocos análisis de costo-beneficio desde 2014, cuando Abell et al. concluyó que FLACS, independientemente de las mejoras potenciales en los resultados de la agudeza visual y las tasas de complicaciones, no fue rentable en su costo actual para el paciente en comparación con los puntos de referencia de rentabilidad de la facoemulsificación convencional. Igualmente, Schweitzer et al. concluyó que FLACS no fue superior a CPS en los resultados de la cirugía de cataratas; no obstante, el resultado del costo aumentó sustancialmente, al no proporcionar un beneficio adicional sobre la facoemulsificación para los pacientes, lo que resultó en una estrategia no rentable para el sistema de salud francés.<sup>51</sup> Una reducción en el costo de los consumibles y el costo general para los pacientes aumentaría la probabilidad de la rentabilidad de FLACS.

Este metaanálisis es la revisión más completa de la literatura publicada que investiga la seguridad y la eficacia FLACS, ya que incluye la mayor cantidad de ensayos controlados aleatorios. No obstante, nuestro estudio está sujeto a ciertas limitaciones. Los parámetros intraoperatorios mostraron una mayor heterogeneidad, probablemente explicada por la experiencia del cirujano, la densidad de cataratas y el uso de diferentes sistemas de facoemulsificación. Adicionalmente, no se evaluaron los estudios que abordaron otras medidas de resultado para la calidad visual, incluidas las aberraciones de orden superior y la sensibilidad al contraste.

## **CONCLUSIÓN**

FLACS puede beneficiar a los pacientes que necesitan que se utilice la menor cantidad de energía posible, como aquellos con cataratas relativamente densas o valores bajos de células endoteliales preoperatorias. Se evidenció una diferencia significativa con respecto a los resultados de seguridad, demostrando menos RCP en el grupo FLACS, un estándar de referencia para la cirugía de catarata.

Los estudios futuros deben hacer hincapié en las tecnologías de aspiración mejoradas, lo que contribuye a una menor lesión de las células endoteliales debido al procedimiento quirúrgico. Se deben hacer esfuerzos hacia la rentabilidad de FLACS para abordar la necesidad de mejorar los resultados visuales y refractivos en la cirugía de

cataratas y contemplar la posibilidad de la Inteligencia Artificial, lo que permitiría un nivel variable de automatización en la cirugía de cataratas con un enfoque rentable.

## REFERENCIAS

1. Lee CM, Afshari NA. The global state of cataract blindness. *Curr Opin Ophthalmol*. 2017;28:98-103.
2. Liu YC, Wilkins M, Kim T, Malyugin B, Mehta JS. Cataracts. *Lancet*. 2017;390:600-12.
3. Flaxman SR, Bourne RRA, Resnikoff S, et al. Global causes of blindness and distance vision impairment 1990-2020: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob Health*. 2017;5:1221-34.
4. Song E, Sun H, Xu Y, et al. Age-related cataract, cataract surgery, and subsequent mortality: a systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*. 2014;9:112054.
5. Lam D, Rao SK, Ratra V, et al. Cataract. *Nat Rev Dis Primers*. 2015;1:15014.
6. Day AC, Gore DM, Bunce C, Evans JR. Laser-assisted cataract surgery versus standard ultrasound phacoemulsification cataract surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;7:1465-858.
7. Titiyal JS, Kaur M, Ramesh P, et al. Impact of clear corneal incision morphology on incision-site Descemet membrane detachment in conventional and femtosecond laser-assisted phacoemulsification. *Curr Eye Res*. 2018;43:293-99.
8. Dick HB, Schultz T. A Review of Laser-Assisted Versus Traditional Phacoemulsification Cataract Surgery. *Ophthalmol Ther*. 2017;6:7-18.
9. Chen X, Xiao W, Ye S, Chen W, Liu Y. Efficacy and safety of femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification for cataract: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Sci Rep*. 2015;5:13123.
10. Popovic M, Campos-Möller X, Schlenker MB, Ahmed IIK. Efficacy and Safety of Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery Compared with Manual Cataract Surgery: A Meta-Analysis of 14 567 Eyes. *Ophthalmology*. 2016;123:2113-26.



11. Chen X, Chen K, He J, Yao K. Comparing the Curative Effects between Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery and Conventional Phacoemulsification Surgery: A Meta-Analysis. *PLoS One*. 2016;11:0152088.
12. Chen L, Hu C, Lin X, Li HY, Du Y, Yao YH, Chen J. Clinical outcomes and complication between FLACS and conventional phacoemulsification cataract surgery: a PRISMA-compliant Meta-analysis of 25 randomized controlled trials. *Int J Ophthalmol*. 2021;14(7):1081-1091.
13. Ye Z, Li Z, He S. A Meta-Analysis Comparing Postoperative Complications and Outcomes of Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery versus Conventional Phacoemulsification for Cataract. *J Ophthalmol*. 2017;2017:3849152.
14. Kolb CM, Shajari M, Mathys L, Herrmann E, Petermann K, Mayer WJ, et al. Comparison of femtosecond laser–assisted cataract surgery and conventional cataract surgery: a meta-analysis and systematic review. *J Cataract Refract Surg*. 2020; 46:1075–1085
15. Wang J, Fanfan S, Wang Y, Chen Y, Chen Q & Fen L. Intra and postoperative complications observed with femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification surgery: a systematic review and meta-analysis. *BMC Ophthalmol*. 2019;19:177.
16. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 2019;366.
17. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*. 2009;6:1000097.
18. Suurmond R, van Rhee H, Hak T. Introduction, comparison and validation of Meta-Essentials: A free and simple tool for meta-analysis. *Res Synth Methods*. 2017;8:537-53.

19. Reddy KP, Kandulla J, Auffarth GU. Effectiveness and safety of femtosecond laser-assisted lens fragmentation and anterior capsulotomy versus the manual technique in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39:1297-306.
20. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Standard manual capsulorhexis / Ultrasound phacoemulsification compared to femtosecond laser-assisted capsulorhexis and lens fragmentation in clear cornea small incision cataract surgery. *Eye Vis (Lond).* 2016;3:20.
21. Kránitz K, Miháلتz K, Sándor GL, et al. Intraocular lens tilt and decentration measured by Scheimpflug camera following manual or femtosecond laser-created continuous circular capsulotomy. *J Refract Surg.* 2012;28:259-63.
22. Chee SP, Yang Y, Wong MHY. Randomized Controlled Trial Comparing Femtosecond Laser-Assisted with Conventional Phacoemulsification on Dense Cataracts. *Am J Ophthalmol.* 2021;229:1–7.
23. Day AC, Burr JM, Bennett K, Hunter R, Bunce C, Doré CJ, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery compared with phacoemulsification: the FACT non-inferiority RCT. *Health Technol Assess.* 2021;25:6.
24. Stanojcic N, Roberts HW, Wagh VK, Li JPO, Naderi K, and O'Brart DP. A randomised controlled trial comparing femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification surgery: 12-month results. *Br J Ophthalmol.* 2020;0:1–8.
25. Schweitzer C, Brezin A, Cochener B, Monnet D, Germain C, Roseng S, et al. for the FEMCAT study group. Femtosecond laser-assisted versus phacoemulsification cataract surgery (FEMCAT): a multicentre participant-masked randomised superiority and cost-effectiveness trial. *Lancet.* 2020;395:212–24
26. Liu YC, Setiawan M, Ang M, Yam GHF, Mehta JS. Changes in aqueous oxidative stress, prostaglandins, and cytokines: Comparisons of low-energy femtosecond

- laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 2019;45:196-203.
27. Mastropasqua L, Toto L, Mattei PA, et al. Optical coherence tomography and 3-dimensional confocal structured imaging system-guided femtosecond laser capsulotomy versus manual continuous curvilinear capsulorhexis. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40:2035-43.
  28. Roberts HW, Wagh VK, Sullivan DL, et al. A randomized controlled trial comparing femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2019;45:11-20.
  29. Nagy ZZ, Dunai A, Kránitz K, et al. Evaluation of femtosecond laser-assisted and manual clear corneal incisions and their effect on surgically induced astigmatism and higher-order aberrations. *J Refract Surg.* 2014;30:522-25.
  30. Takács AI, Kovács I, Miháltz K, et al. Central corneal volume and endothelial cell count following femtosecond laser-assisted refractive cataract surgery compared to conventional phacoemulsification. *J Refract Surg.* 2012;28:387-91.
  31. Filkorn T, Kovács I, Takács A, et al. Comparison of IOL power calculation and refractive outcome after laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser versus conventional phacoemulsification. *J Refract Surg.* 2012;28:540-44.
  32. Bascaran L, Alberdi T, Martinez-Soroa I, Sarasqueta C, Mendicute J. Differences in energy and corneal endothelium between femtosecond laser-assisted and conventional cataract surgeries: prospective, intraindividual, randomized controlled trial. *Int J Ophthalmol.* 2018;11:1308-16.
  33. Schargus M, Suckert N, Schultz T, Kakkassery V, Dick HB. Femtosecond laser-assisted cataract surgery without OVD: a prospective intraindividual comparison. *J Refract Surg.* 2015;31:146-52.

34. Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Al Juburi M, Schultz T, Dick HB. Femtosecond laser-induced macular changes and anterior segment inflammation in cataract surgery. *J Refract Surg.* 2014;30:222-6.
35. Yu AY, Ni LY, Wang QM, et al. Preliminary clinical investigation of cataract surgery with a noncontact femtosecond laser system. *Lasers Surg Med.* 2015;47:698-703.
36. Vasavada VA, Vasavada S, Vasavada AR, Vasavada V, Srivastava S. Comparative evaluation of femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional phacoemulsification in eyes with a shallow anterior chamber. *J Cataract Refract Surg.* 2019;45:547-52.
37. Dzhaber D, Mustafa O, Alsaleh F, Mihailovic A, Daoud YJ. 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. *Br J Ophthalmol.* 2019;104:225-9.
38. Pajic B, Cvejic Z, Pajic-Eggspuehler B. Cataract Surgery Performed by High Frequency LDV Z8 Femtosecond Laser: Safety, Efficacy, and Its Physical Properties. *Sensors (Basel).* 2017;17:1429.
39. Mastropasqua L, Toto L, Mastropasqua A, et al. Femtosecond laser versus manual clear corneal incision in cataract surgery. *J Refract Surg.* 2014;30:27-33.
40. Hansen B, Blomquist PH, Ririe P, Severin P, Nguyen C, Petroll M, et al. Outcomes of resident-performed laser-assisted vs traditional phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2020; 46:1273–1277.
41. Dzhaber D, Mustafa O, Alsaleh F, Mihailovic A, Daoud YJ. Visual and refractive outcomes and complications in femtosecond laser-assisted versus conventional phacoemulsification cataract surgery: findings from a randomised, controlled clinical trial *Br J Ophthalmol.* 2020;0:1–5.

42. Conrad-Hengerer I, Al Sheikh M, Hengerer FH, Schultz T, Dick HB. Comparison of visual recovery and refractive stability between femtosecond laser–assisted cataract surgery and standard phacoemulsification: six-month follow-up. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41:1356-64.
43. Okada M, Hersh D, Paul E, van der Straaten D. Effect of centration and circularity of manual capsulorrhexis on cataract surgery refractive outcomes. *Ophthalmology.* 2014;121:763-70.
44. Yong, W. W. D., Chai, H. C. C., Shen, L., Manotosh, R., & Tan, W. T. A. (2018). Comparing outcomes of phacoemulsification with femtosecond laser–assisted cataract surgery in patients with fuchs endothelial dystrophy. *Am J Ophthalmol.* 2018;196:173-180.
45. He L, Sheehy K, Culbertson W. Femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* 2011;22:43-52.
46. Hatch KM, Talamo JH. Laser-assisted cataract surgery: benefits and barriers. *Curr Opin Ophthalmol.* 2014;25:54-61.
47. Grewal DS, Grewal SPS, Basti S. Incomplete femtosecond laser–assisted capsulotomy and lens fragmentation due to emulsified silicone oil in the anterior chamber. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40:2143-47.
48. Roberts TV, Lawless M, Bali SJ, Hodge C, Sutton G. Surgical outcomes and safety of femtosecond laser cataract surgery: a prospective study of 1500 consecutive cases. *Ophthalmology.* 2013;120:227-33.
49. Abell RG, Darian-Smith E, Kan JB et al. Femtosecond laser–assisted cataract surgery versus standard phacoemulsification cataract surgery: outcomes and safety in more than 4000 cases at a single center. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41:47-52.

50. Abell RG, Vote BJ. Cost-effectiveness of femtosecond laser-assisted cataract surgery versus phacoemulsification cataract surgery. *Ophthalmology*. 2014;121:10-6.
51. Schweitzer C, Brezin A, Cochener B, et al. Femtosecond laser-assisted versus phacoemulsification cataract surgery (FEMCAT): a multicentre participant-masked randomised superiority and cost-effectiveness trial. *Lancet*. 2020;395:212-24.

# ANEXOS

Figura 1. Flujograma de selección de estudios.

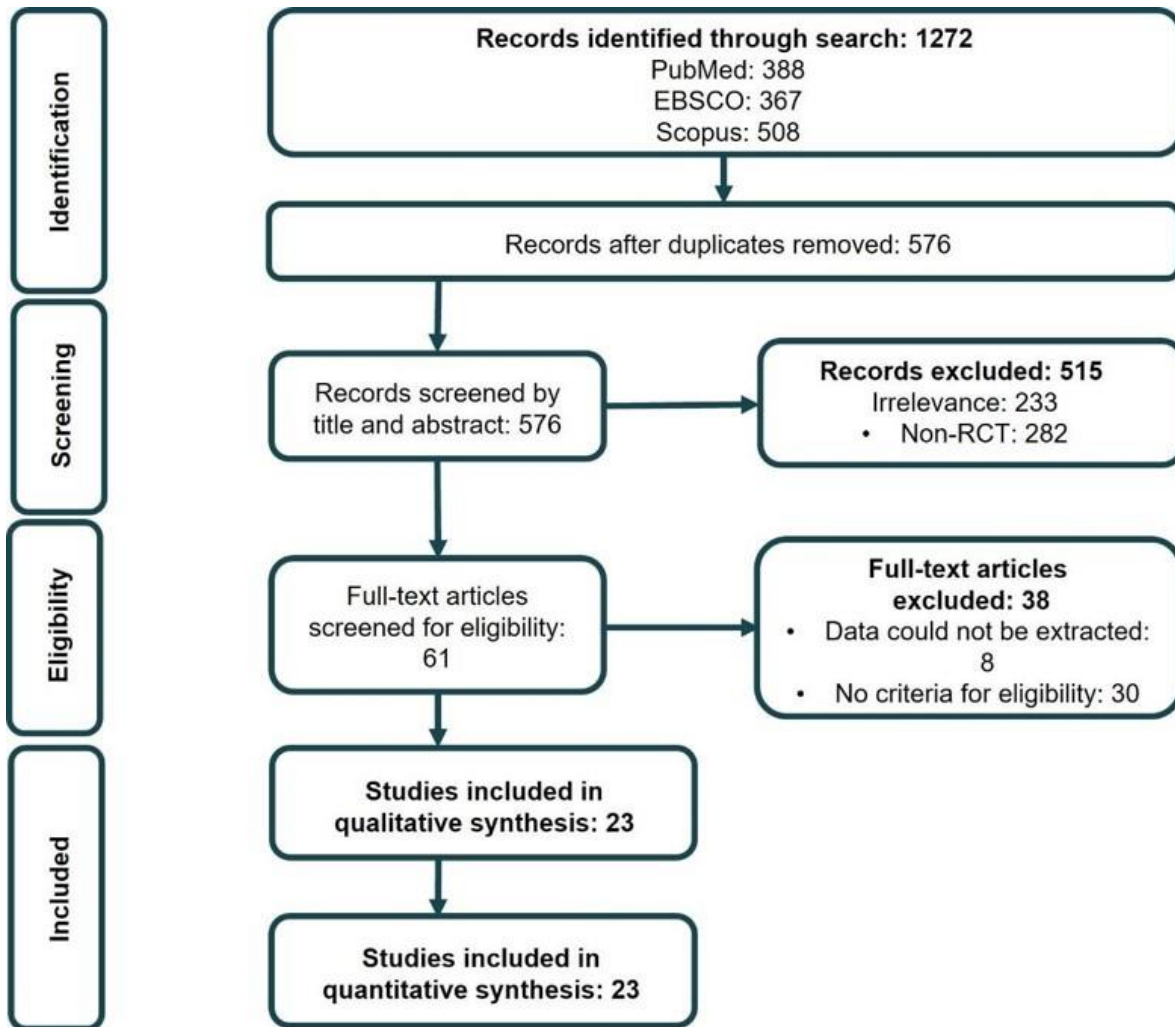


Figura 2. Diagramas de bosque para los resultados primarios. A. Agudeza visual lejana no corregida (logMAR). B. Agudeza visual lejana corregida (logMAR). C. Equivalente esférico refractivo manifiesto (D).

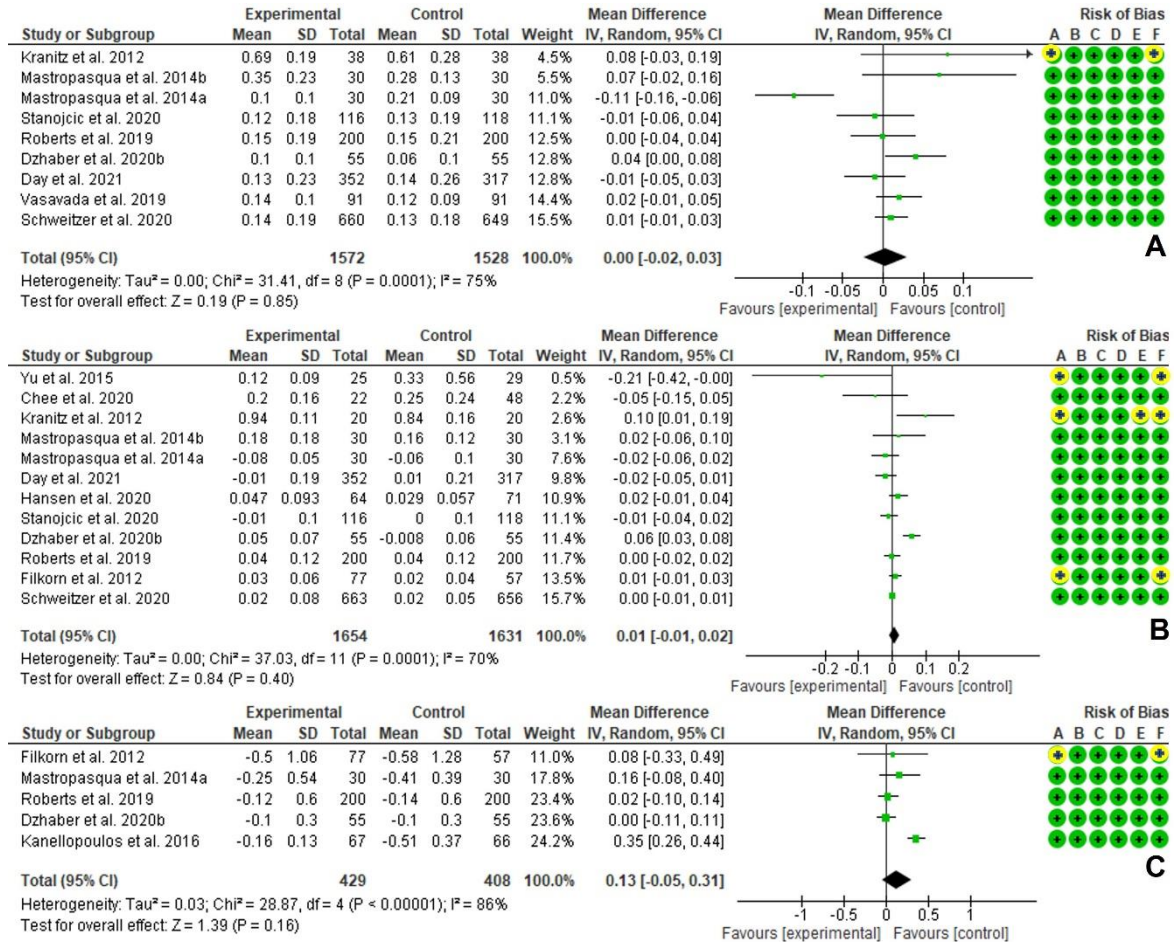




Figura 3. Diagramas de bosque para los resultados primarios. A. Error absoluto medio (D). B. Astigmatismo inducido quirúrgicamente (D). C. Circularidad de capsulorrexis/capsulotomía. D. Diámetro relativo de capsulorrexis/capsulotomía. E. Centrado del LIO.

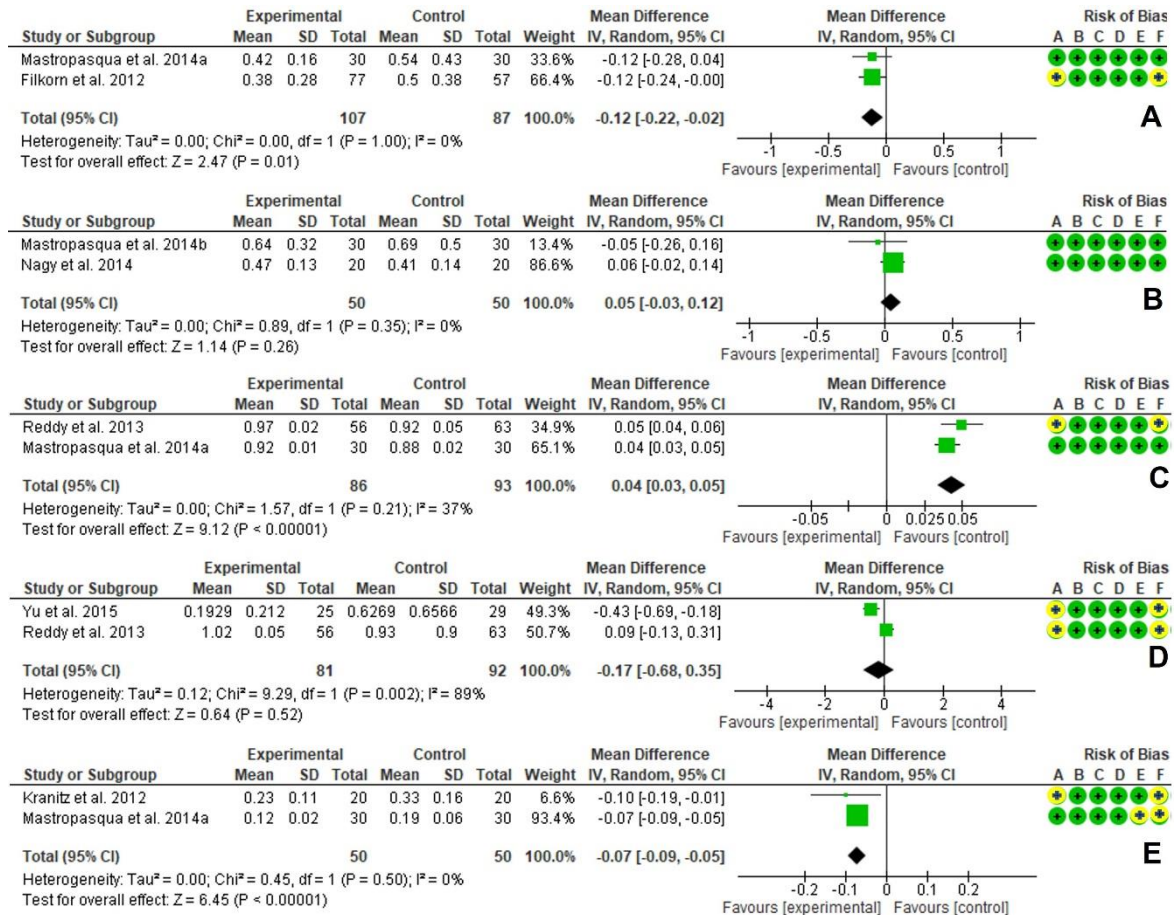


Figura 4. Diagramas de bosque para los resultados secundarios intraoperatorios. A. Tiempo de cirugía (min). B. Tiempo medio de facoemulsificación (s). C. Tiempo (s) efectivo de facoemulsificación. D. Energía media de facoemulsificación (%). E. Energía disipada acumulada.

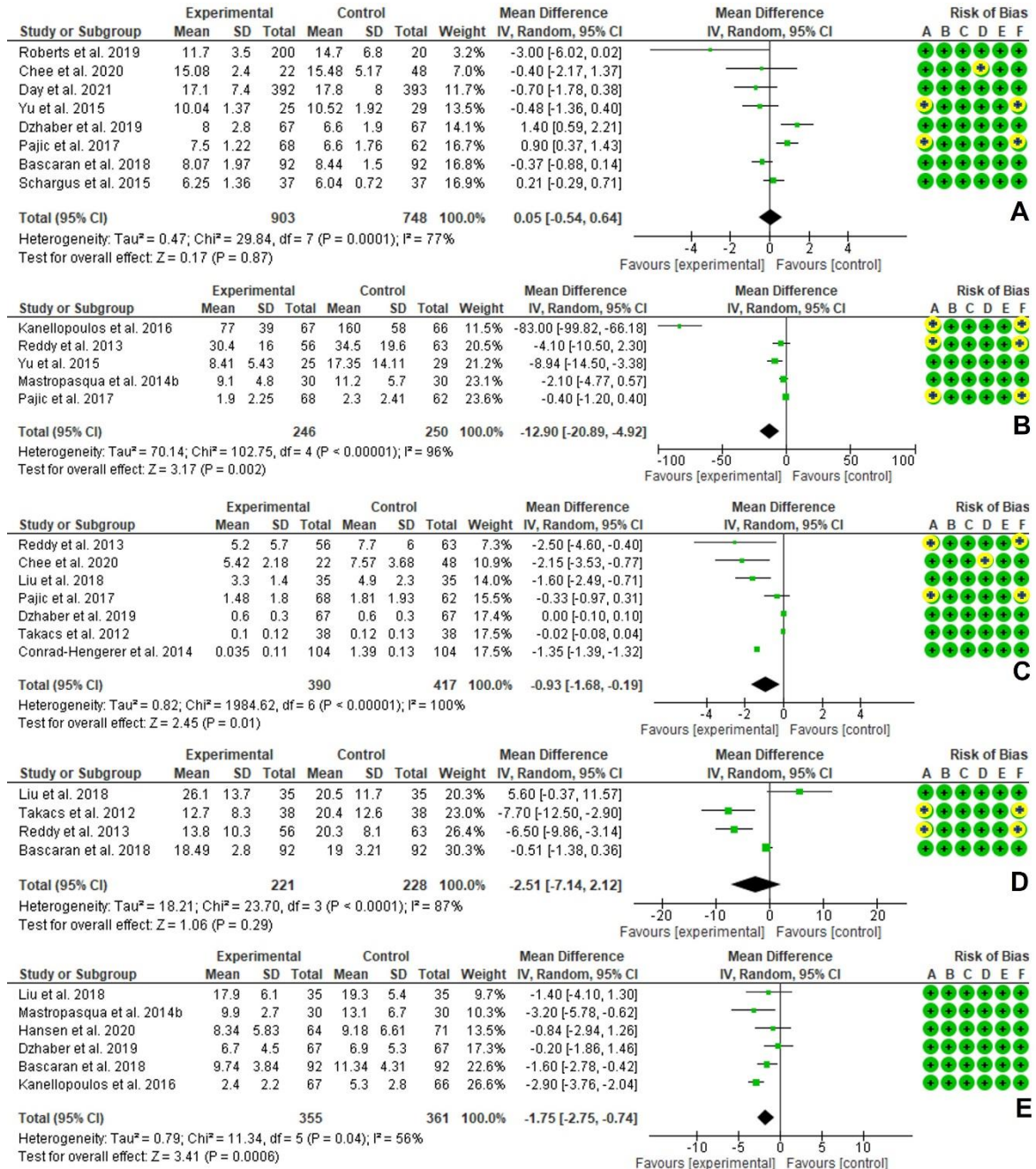


Figura 5. Diagramas de bosque para los resultados secundarios postoperatorios. A. Densidad de células endoteliales (células/mm<sup>2</sup>). B. Pérdida de densidad de células endoteliales (%). C. Grosor corneal central (µm).

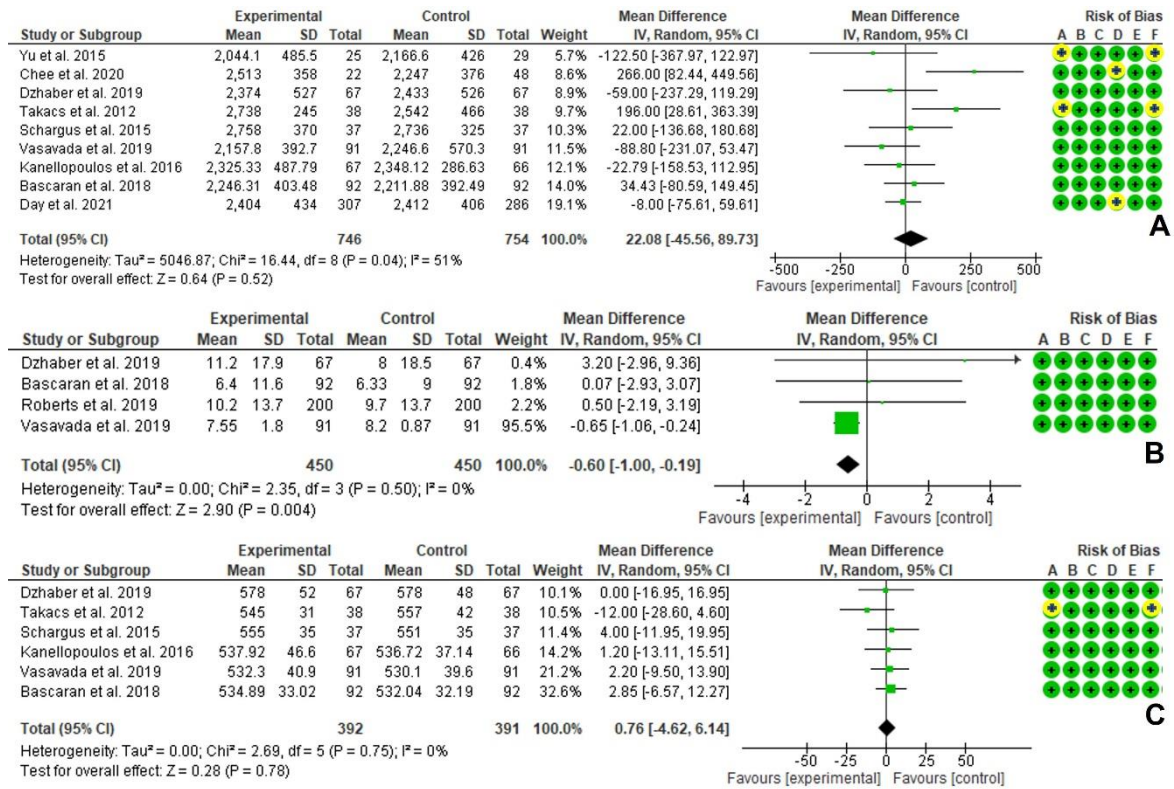


Figura 6. Diagramas de bosque para los resultados de seguridad. A. La incidencia general de eventos adversos. B. Incidencia de desgarro de la cápsula anterior. C. Incidencia de desgarro de la cápsula posterior.

