



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Comparación de los parámetros quirúrgicos
empleando 3 cassettes con distinta dinámica
de fluidos en la plataforma de
facoemulsificación Stellaris Elite de Bausch
and Lomb en pacientes con catarata senil

TESIS

Que para obtener el título de CIRUJANO OFTALMÓLOGO

Presenta:

Dra. Kathia Rodas Zúñiga

ASESOR:

Dra. Cristina Mendoza Velásquez
Médico adscrito al departamento de Microcirugía de
Segmento Anterior

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.

Dr. Alejandro Babayán Sosa
Profesor Titular ante la UNAM

Dr. Oscar Baca Lozada
Profesor Adjunto

Dr. José Francisco Ortega Santana
Jefe de Enseñanza e Investigación

Dr. Alejandro Babayán Sosa
Director Médico

Dra. Cristina Mendoza Velásquez
Asesor de tesis

AGRADECIMIENTOS

A mi madre por brindarme su amor, su tiempo, su apoyo incondicional y su paciencia para poder alcanzar mis metas y sueños. Es mi motor y ejemplo a seguir.

A mis abuelos, tíos y primos por su cariño, sus palabras de aliento cuando se necesitaban y por contribuir en mi formación.

A mis amigos, que se han vuelto mi segunda familia, por las risas y momentos compartidos y por hacer los días difíciles más livianos.

A mis maestros, sobre todo a mi tutora, por toda la enseñanza, el apoyo, consejos, paciencia y tiempo invertido. Por ser grandes ejemplos a seguir.

A Dios, por ser mi guía y fortaleza y por darme la oportunidad de vivir esta parte de mi formación.

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS.....	2
PRESENTACIÓN.....	4
MARCO TEÓRICO.....	5
Introducción.....	5
Facoemulsificación.....	5
Tipos de fluídica.....	7
Stellaris Elite™.....	8
PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN.....	8
Planteamiento del Problema.....	8
Pregunta de investigación.....	9
Justificación.....	9
Hipótesis.....	9
Objetivos.....	10
Población de estudio.....	10
Cálculo de muestra.....	11
Criterios de inclusión.....	11
• Intervenidos quirúrgicamente por cirujanos oftalmólogos del departamento de Segmento Anterior.....	11
• Sin patologías corneales previas.....	11
Criterios de exclusión.....	11
Criterios de eliminación.....	12
Material y métodos.....	12
Variables.....	13
Análisis estadístico.....	14
RECURSOS FINANCIEROS.....	14
RESULTADOS.....	15
ANÁLISIS.....	20
DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIÓN.....	24
APÉNDICE.....	25
Aspectos éticos y bioseguridad.....	25
CRONOGRAMA.....	25
CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

PRESENTACIÓN

Investigador principal:

Dra. Kathia Rodas Zúñiga

Residente de tercer año de oftalmología en Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz (FHNSL)

Asesor principal:

Dra. Cristina Mendoza Velásquez

Médico cirujano oftalmólogo, especialista en Microcirugía de Segmento Anterior

Médico Adscrito al departamento de Microcirugía de Segmento Anterior FHNSL

Periodo de realización:

Junio 2021 a Octubre 2022

Correspondencia:

Departamento de Microcirugía de Segmento Anterior

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

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

MARCO TEÓRICO

Introducción

El cristalino es una estructura transparente biconvexa que contribuye de manera importante a la refracción y enfoque de la luz en la retina. Catarata se define como la pérdida de la transparencia del cristalino debido a su opacificación y de acuerdo a su causa se puede clasificar como catarata relacionada a la edad, catarata pediátrica y catarata secundaria a otras causas.¹

El tipo de catarata más común en los adultos es la relacionada con la edad, la cual inicia entre los 45 y 50 años de edad, siendo actualmente la principal causa de discapacidad visual y ceguera en adultos mayores.^{1, 2} Además, se ha relacionado con pobre salud mental, mala calidad de vida e incluso con el incremento en la mortalidad por su probable relación con condiciones sistémicas como Diabetes mellitus tipo 2 o tabaquismo.^{1, 2}

Facoemulsificación

En las últimas 2 décadas, la prevalencia de cataratas ha ido disminuyendo por el incremento en las cirugías para su extracción, aplicando cada vez nuevas y mejores tecnologías.¹

La facoemulsificación es la técnica quirúrgica preferida actualmente en los países de altos ingresos y ha contribuido a que la extracción de cataratas sea uno de los procedimientos más seguros y rentables en medicina.³

El mecanismo primario de esta técnica consiste en un corte mecánico del núcleo de la catarata a través del contacto directo con la punta de una aguja oscilante.⁴ Anteriormente, la única técnica disponible era el ultrasonido longitudinal, que empujaba los fragmentos nucleares lejos de la punta de faco cada vez que avanzaba hacia adelante, teniendo que utilizar mayor poder de ultrasonido para eliminar una catarata dura. Posteriormente se introdujo la faco torsional, en donde la punta de faco hace movimientos laterales, pudiendo fragmentar el material cristalino mientras se mueve en ambas direcciones sin ocasionar una fuerza de repulsión sobre los fragmentos nucleares y necesitando una menor cantidad de

ultrasonido. Recientemente se introdujo el ultrasonido transversal, que combina el movimiento longitudinal y lateral, generando un movimiento elíptico que emulsifica el material cristalino en más de una dirección y mantiene los fragmentos nucleares en el plano frente a la punta de faco, aumentando así la eficacia del sistema.^{3,7}

Durante el procedimiento quirúrgico, la energía es liberada al ojo en 3 formas distintas: Energía mecánica (por la manipulación de los instrumentos quirúrgicos en la cámara anterior), energía por ultrasonido y energía por dinámica de fluido.⁴ Esta energía aplicada genera turbulencia en la cámara anterior e incremento en la temperatura, por lo tanto, cierto grado de trauma, lo que puede ocasionar daño en las células endoteliales corneales, incremento de la inflamación postoperatoria, mayor tiempo de rehabilitación y mayor tasa de complicaciones.^{3,4,5} Es así como la energía acumulada disipada, el tiempo de aspiración activa y el fluido estimado usado durante el procedimiento son los tres parámetros intraoperatorios más útiles para estimar la extensión del daño durante la facoemulsificación,⁴ por lo que el objetivo de las nuevas tecnologías ha sido mejorar estos parámetros, así como la energía y tiempo de ultrasonido utilizado.

Otro de los puntos clave para tener resultados exitosos es la estabilidad de la cámara anterior y esto se logra con el control de la presión intraocular, manteniéndola dentro o cerca de los rangos fisiológicos. Una presión intraocular muy elevada puede ocasionar dolor ocular, perfusión ocular disminuida, daño glaucomatoso acelerado del nervio óptico y edema corneal postoperatorio. Una presión intraocular muy baja o que fluctúa de manera amplia puede llevar a inestabilidad o colapso de la cámara anterior, dolor ocular y trauma a las estructuras del segmento anterior como la córnea, el iris y la cápsula del cristalino.⁶ La presión intraocular puede fluctuar durante la cirugía principalmente por los cambios en la velocidad del flujo de aspiración e infusión. Además, posterior a la eliminación de la oclusión en la punta de faco, que ocurre una vez que el material cristalino que causaba la oclusión es aspirado por esta secundario al vacío creado, puede haber una caída transitoria de la PIO.⁸ En lo más extremo, puede ocurrir el fenómeno

denominado colapso postoclusión (surge), el cual ocurre por la liberación explosiva del potencial elástico del sistema de aspiración una vez que la oclusión de la punta de la faco es eliminada, la cual supera el flujo de irrigación, teniendo como resultado una caída abrupta en la presión intraocular, provocando el estrechamiento o incluso el colapso de la cámara anterior y con ello, aumentando exponencialmente el riesgo de ruptura de la cápsula posterior durante la cirugía.^{9, 10, 11}

Tipos de fluídica

Los sistemas de facoemulsificación utilizan la fluídica para lograr sus objetivos. Existen 2 tipos de fluídica, una es la pasiva o por gravedad y la más moderna es la fluídica activa. En los equipos con fluídica por gravedad, un bote reservorio lleno de solución salina balanceada es colgado en un pedestal sobre el sistema, utilizando de esta manera la gravedad para el control y el mantenimiento del volumen del globo ocular durante la cirugía.¹² La fuerza pasiva de la gravedad en la columna de flujo determina la presión de infusión, mientras más alto se coloque el bote reservorio, mayor presión de infusión y por lo tanto mayor presión intraocular, sin embargo, la presión intraocular varía con la velocidad del flujo de aspiración, es decir, al aumentar la velocidad del flujo de aspiración, la PIO disminuye y viceversa, al disminuir la velocidad del flujo de aspiración, la PIO incrementa. Una de las desventajas de este sistema es que la PIO llega a disminuir considerablemente con velocidades de aspiración altas, incluso posicionando el bote reservorio a la altura máxima permitida sobre el globo ocular. En cambio, con la fluídica activa, la PIO se mantiene constante, pues la velocidad del flujo de aspiración, ya sea que esta aumente o disminuya, es compensada por una presión de infusión variable que incrementa o disminuye, respectivamente. Algunos sistemas, logran este aumento de presión de infusión al presurizar la botella de infusión con gas, otros lo hacen por un mecanismo que comprime la bolsa fuente del flujo de infusión en respuesta a la velocidad del flujo de aspiración, siendo controlado por sensores. Este nuevo mecanismo, provee un control activo de la presión de infusión para mantener una cámara anterior más estable a pesar de las variaciones de la velocidad de aspiración.⁶

Stellaris Elite™

Stellaris Elite™ es una plataforma nueva creada por la compañía *Bausch + Lomb* que posee la tecnología de fluídica adaptativa, la cual integra un control preciso en la aspiración con una compensación dinámica de infusión que automáticamente compensa los cambios en los flujos dentro del globo ocular, con la finalidad de mantener estable la cámara anterior, la presión intraocular y disminuir el colapso postoclusión. La plataforma logra estos objetivos a través de 2 mecanismos: monitorización constante del vacío creado y compensación de la presión de infusión al inyectar aire a una botella que se mantiene a un nivel constante, esto calculado mediante un algoritmo. De esta manera logra un ambiente quirúrgico controlado y mejora la eficiencia en la extracción de catarata.^{13, 14}

Este sistema se complementa con una pieza de mano con tecnología Attune, de 6 cristales de 28.5khz de frecuencia que equilibra el corte mecánico con la cavitación acústica, esto a través de la acción de corte longitudinal con una longitud de trazo de 150 micras generando una emulsificación altamente eficaz con la utilización de poca energía, complementando además la fluidica adaptativa con la que cuenta la plataforma.^{13, 14}

PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

Planteamiento del Problema

La tecnología utilizada en los equipos para facoemulsificación mejora día a día. Diversos estudios han analizado y comparado los parámetros utilizados durante la cirugía y su relación con resultados postquirúrgicos obtenidos utilizando distintas plataformas que manejan distinta fluídica, siendo hasta el momento, los equipos con fluídica activa los que han obtenido mejores resultados. Sin embargo, la compañía *Bausch + Lomb* nos ofrece un equipo nuevo capaz de utilizar 3 distintos cassettes, 2 que utilizan fluídica por gravedad y el recién lanzado con fluídica adaptativa que por ser de fluídica activa ofrece una mayor estabilidad de la cámara anterior y de la presión intraocular. Por lo anterior, la presente propuesta busca evaluar y comparar los parámetros quirúrgicos resultantes empleando el cassette para equipo de

facoemulsificación *Stellaris® estándar*, el cassette para equipo de facoemulsificación *Stellaris® MICS con stable chamber* y el cassette para equipo de facoemulsificación *Stellaris® Adaptive fluidics* utilizando la plataforma *Stellaris Elite™* en pacientes con cataratas seniles.

Pregunta de investigación

¿Se obtienen mejores parámetros postquirúrgicos al utilizar la fluídica adaptativa en comparación con la fluídica por gravedad con la plataforma para facoemulsificación *Stellaris Elite™ de Bausch + Lomb*?

Justificación

La facoemulsificación se ha convertido en la técnica quirúrgica preferida actualmente haciendo que la extracción de cataratas sea uno de los procedimientos más seguros y rentables en medicina. El éxito quirúrgico no solo depende de la habilidad del cirujano, sino también de las características tecnológicas del equipo utilizado. Los equipos para facoemulsificación se renuevan constantemente con el fin alcanzar los mejores resultados postoperatorios con la menor tasa de complicaciones posibles. El equipo para facoemulsificación *Stellaris Elite™ de Bausch + Lomb* es una nueva plataforma que muestra versatilidad al ofrecer al cirujano el sistema clásico de fluídica pasiva basado en gravedad y el nuevo sistema de fluídica adaptativa a través de 3 cassettes distintos, todos compatibles con el equipo. El describir y definir las nuevas tecnologías de control de fluídica para faco tendrá un impacto económico para el hospital y se reflejará en un mejor resultado quirúrgico final para los pacientes.

Hipótesis

Los pacientes operados con el cassette para equipo de facoemulsificación *Stellaris® Adaptive fluidics* utilizan menor potencia media de ultrasonidos, menor tiempo de faco real y menor tiempo de faco eficaz en comparación con los cassettes para equipo de facoemulsificación *Stellaris® estándar* y *Stellaris® MICS con stable chamber* en la plataforma *Stellaris Elite™*.

Objetivos

– General

- Describir y comparar los parámetros quirúrgicos resultantes en la plataforma *Stellaris Elitetm* de *Bausch + Lomb* al emplear el cassette *Stellaris® estándar*, *Stellaris® MICS con stable chamber* y *Stellaris® Adaptive fluidics* en pacientes con cataratas seniles.

– Específicos

- Comparar la potencia media de ultrasonidos (U/S) utilizada con el cassette para equipo de facoemulsificación *Stellaris® estándar*, el cassette para equipo de facoemulsificación *Stellaris® MICS con stable chamber* y el cassette para equipo de facoemulsificación *Stellaris® Adaptive fluidics* utilizando la plataforma *Stellaris Elitetm* en cataratas seniles de manera general y por dureza de la catarata operada
- Comparar el tiempo de faco real (APT) utilizado con el cassette para equipo de facoemulsificación *Stellaris® estándar*, el cassette para equipo de facoemulsificación *Stellaris® MICS con stable chamber* y el cassette para equipo de facoemulsificación *Stellaris® Adaptive fluidics* utilizando la plataforma *Stellaris Elitetm* en cataratas seniles de manera general y por dureza de la catarata operada
- Comparar el tiempo de faco eficaz (EPT) utilizado con el cassette para equipo de facoemulsificación *Stellaris® estándar*, el cassette para equipo de facoemulsificación *Stellaris® MICS con stable chamber* y el cassette para equipo de facoemulsificación *Stellaris® Adaptive fluidics* utilizando la plataforma *Stellaris Elitetm* en cataratas seniles de manera general y por dureza de la catarata operada

Población de estudio

Pacientes mayores de 50 años de edad con diagnóstico de catarata relacionada con la edad, desde blandas a duras (NO/NC 1 a 6), con conteo endotelial mínimo de 1,500 cels/mm², que fueron intervenidos quirúrgicamente por cirujanos del departamento de Segmento Anterior de La Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz I.A.P. durante el periodo de Junio 2021 a Octubre 2022

Cálculo de muestra

Para el cálculo de la muestra se utilizó la fórmula:

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2Z^2}$$

Donde n es el tamaño de la muestra, N el tamaño de la población, δ la desviación estándar de la población para el que utilizaremos un valor de 0.5, Z el valor obtenido mediante niveles de confianza, tomado en relación al 95% de confianza equivaliendo a 1,96, resultando el tamaño de la muestra en 245, los cuales fueron divididos en 3 grupos (uno por cada cassette de Stellaris Elite), quedando en cada grupo un total de 82 pacientes.

Criterios de inclusión

- Pacientes mayores de 50 años de edad
- Diagnóstico de catarata senil de cualquier dureza (NO1/NC1 a NO6/NC6)
- Conteo endotelial mínimo de 1,500 cels/mm²
- Presión intraocular dentro de rangos normales (10-21 mmHg)
- Intervenidos quirúrgicamente por cirujanos oftalmólogos del departamento de Segmento Anterior
- Sin patologías corneales previas

Criterios de exclusión

- Pacientes con cualquier tipo de distrofia corneal
- Historial de uso de lente de contacto
- Glaucoma descontrolado
- Síndrome de pseudoexfoliación
- Trauma ocular previo
- Cirugía ocular previa.

Criterios de eliminación

- Pacientes que por alguna circunstancia no pudieron ser intervenidos quirúrgicamente con la plataforma *Stellaris Elite™*
- Pacientes que presentaron alguna complicación durante la cirugía
- Pacientes cuya cirugía no haya podido ser culminada con el cassette que por aleatorización se les había designado

Material y métodos

Diseño y tipo de estudio:

- Prospectivo, observacional, transversal y analítico

Los pacientes que cumplieron criterios de inclusión fueron intervenidos de facoemulsificación con la plataforma *Stellaris Elite™* de *Bausch + Lomb*. De forma aleatoria simple se asignó para la realización de cada cirugía uno de los tres distintos cassettes compatibles con el equipo (cassette *Stellaris® estándar*, cassette *Stellaris® MICS con stable chamber* y cassette *Stellaris® Adaptive fluidics*). Así mismo, se utilizó la pieza de mano del equipo con energía Attune, de 6 cristales de 28.5khz de frecuencia que combina un corte mecánico con cavitación acústica con acción de corte longitudinal con una longitud de trazo de 150 micras y se utilizó el viscoelástico Amvisc Plus de *Bausch + Lomb*, consistente en hialuronato de sodio a una concentración de 16mg/ml (1.6%), viscosidad 55.000 cSt, osmolaridad 340 mOsm, de cohesión moderada. Así mismo, se formaron 3 subgrupos, dividiendo a las cataratas operadas conforme a su dureza, basado en el Sistema estandarizado de clasificación de opacidades del cristalino III (LOCS III), tomando como grupo 1 pacientes con NO 1/ NC 1 y NO2/NC2, grupo 2 pacientes con NO 3/ NC 3 y NO4/NC4 y grupo 3 NO5/NC5, NO 6/ NC 6. De esta manera se buscó significancia estadística en los parámetros resultantes entre cada grupo y se procedió al análisis de datos.

Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	UNIDAD DE MEDICIÓN
CATARATA SENIL	Opacificación parcial o total del cristalino o de su capsula que condiciona disminución de agudeza visual o ceguera.	Sistema de clasificación de opacidades cristaliniiana III	Nominal	LOCS III (Lens Opacity classification system III) NO1 / NC 1 NO2 / NV 2 NO 3/ NC 3 NO 4/ NC 4 NO 5/ NC 5 NO 6/ NC 6
EDAD	Tiempo transcurrido entre el nacimiento hasta el momento de la primera intervención.	Tiempo transcurrido entre el nacimiento hasta el momento de la primera intervención calculada en años.	Cuantitativa	AÑOS
SEXO	Condición que agrupa a especies que comparten ciertos caracteres.	Sexo consignado en la hoja de registro	Cualitativa	1.- Hombre 2.- Mujer
PRESIÓN DE VACÍO	Es la presión negativa que se genera al ocluirse la punta de la pieza de mano	Parámetro medido por la plataforma	Cuantitativa	Milímetros de mercurio (mmHg)
PRESIÓN DE INFUSIÓN	Es la presión que genera el líquido que entra al globo ocular durante la facoemulsificación, mediado por gravedad o por fluídica activa	Parámetro medido por la plataforma	Cuantitativa	Milímetros de mercurio (mmHg)
POTENCIA MEDIA DE ULTRASONIDOS (U/S)	Media aritmética de toda la potencia de faco utilizada	Parámetro calculado por la plataforma	Cuantitativa	Porcentaje (%)
TIEMPO DE FACO REAL (APT)	Tiempo de potencia de faco	Parámetro calculado por la plataforma	Cuantitativa	Segundos
TIEMPO DE FACO EFICAZ (EPT)	Es la potencia media de ultrasonido por el tiempo de faco real	Parámetro calculado por la plataforma	Cuantitativa	Porcentaje por segundos (%/segundos)
TIEMPO DE CIRUGÍA	Período determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento.	Tiempo transcurrido desde el inicio de la cirugía hasta el término de esta	Cuantitativa	Minutos (min)

Análisis estadístico

Para la captura de datos y ejecución del análisis estadístico se empleó el programa Excel de Microsoft y Prism de GraphPad, donde se vaciaron los datos de los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión, edad, presión intraocular, conteo endotelial, LOCS III, ojo operado, fecha de cirugía, cassette empleado, grupo al que pertenecía, los parámetros quirúrgicos empleados como presión de vacío, presión de infusión, presión de aire y los parámetros postoperatorios obtenidos como potencia media de ultrasonidos, tiempo de faco real y tiempo de faco eficaz.

Para los datos demográficos, se utilizó estadística descriptiva a través de medidas de tendencia central como media y desviación estándar. Se realizó el test de Kolmogorov-Smirnov para determinar la distribución normal de las variables de la muestra. Para los resultados dentro de la normalidad, se utilizó la prueba de t no pareada para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre nuestros grupos. Para las variables fuera de la normalidad se utilizó el test U de Mann-Whitney, con una cola. Para los que resultaron no paramétricos, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis. Se consideraron resultados estadísticamente significativos con $p < 0.05$. Los resultados fueron comparados con estudios nacionales e internacionales. Y se emitieron las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

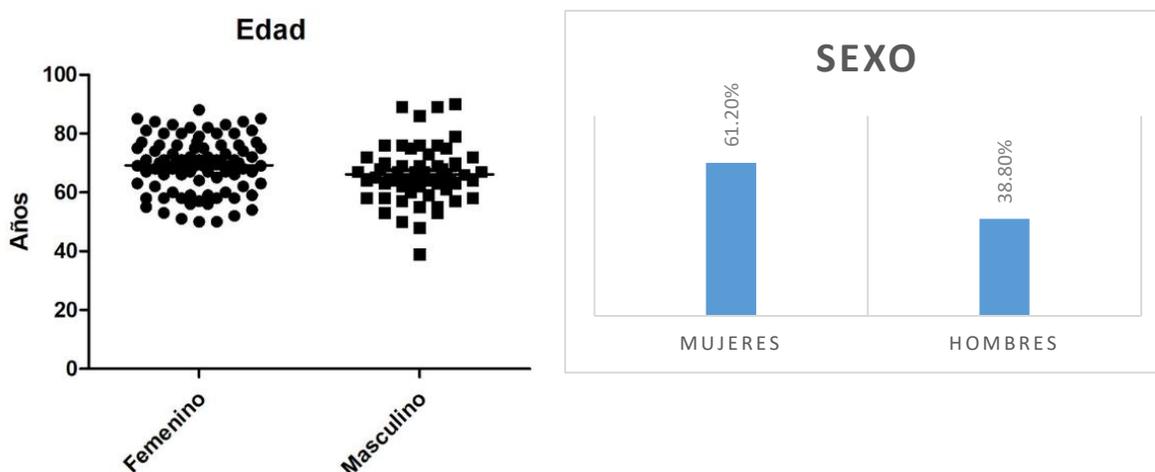
RECURSOS FINANCIEROS

Los instrumentos para la evaluación oftalmológica prequirúrgica y consumibles relacionados fueron aportados por la Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz en el contexto de la consulta oftalmológica de especialidad contratada por el paciente.

El costo del procedimiento de extracción de catarata + implante de lente intraocular mediante facoemulsificación fue cubierto por el paciente, mismo que ya incluye el cassette a utilizar. No se requirió material adicional.

RESULTADOS

Obtuvimos un total de 139 ojos de 139 pacientes operados de facoemulsificación + implante de lente intraocular, realizados con la plataforma de *Stellaris Elite™* de *Bausch & Lomb*. El 61.2% de los pacientes fue del sexo femenino y el 38.85% de los pacientes fue del sexo masculino. El rango de edad de los pacientes incluidos fue de 50 a 90 años, siendo el promedio de 68 años. El 65.46% (91 ojos) fue operado con el cassette de *Adaptive Fluidics*, 33.09% (46 ojos) fue operado con el cassette *Estándar* y 2 ojos fueron operados con el cassette con *Stable Chamber*, al ser pequeña la muestra de este último, no fue suficiente para su análisis, por lo que se eliminó.



CASSETTE	OJOS OPERADOS	PORCENTAJE
ADAPTIVE FLUIDICS	91	65.46%
ESTÁNDAR	46	33.09%
STABLE CHAMBER	2	1.43%

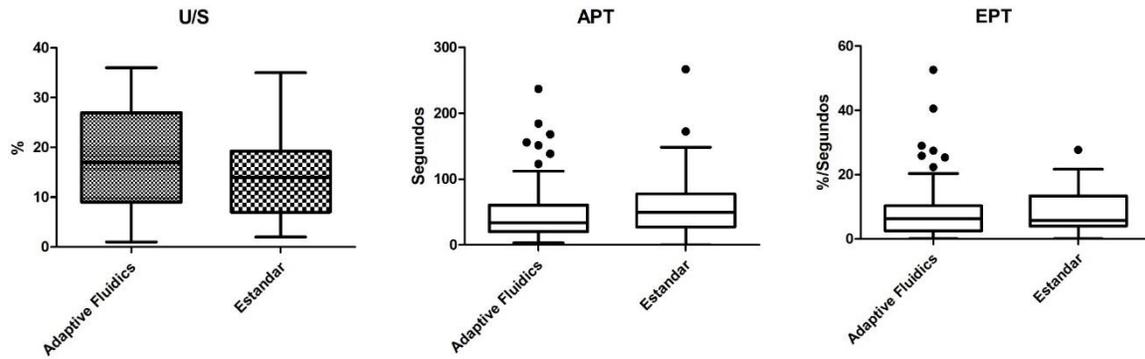
Para las cirugías de los pacientes en el grupo *estándar* fueron utilizados parámetros similares en la fase de fragmentos, en promedio: 180mmHg de presión de vacío mínimo, 388mmHg de presión de vacío máximo, 70mmHg de presión de irrigación, una potencia de ultrasonido mínima de 3% y una máxima de 34%.

Así mismo, se utilizaron parámetros similares en la fase de fragmentos en las cirugías de los pacientes del grupo de *Adaptive fluidics*, en promedio: 176mmHg de

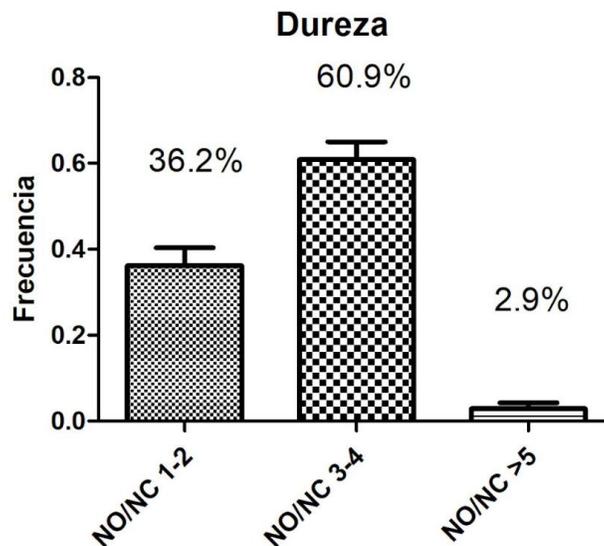
presión de vacío mínimo, 386mmHg de presión de vacío máximo, 40mmHg de presión de irrigación, 27mmHg de presión de aire, una potencia de ultrasonido mínima de 3% y una máxima de 34%.

	ADAPTIVE FLUIDICS			ESTÁNDAR		
	MIN	MAX	PROMEDIO	MIN	MAX	PROMEDIO
PRESIÓN DE VACÍO MIN (mmHg)	0	350	176	10	462	180
PRESIÓN DE VACÍO MAX (mmHg)	200	550	386	300	462	388
PRESIÓN DE IRRIGACIÓN (mmHg)	-	-	-	28	101	70
PRESIÓN DE AIRE (mmHg)	12	60	27	-	-	-
POTENCIA DE ULTRASONIDO MIN (%)	0	5	3	0	35	3
POTENCIA DE ULTRASONIDO MAX (%)	15	45	34	20	50	34

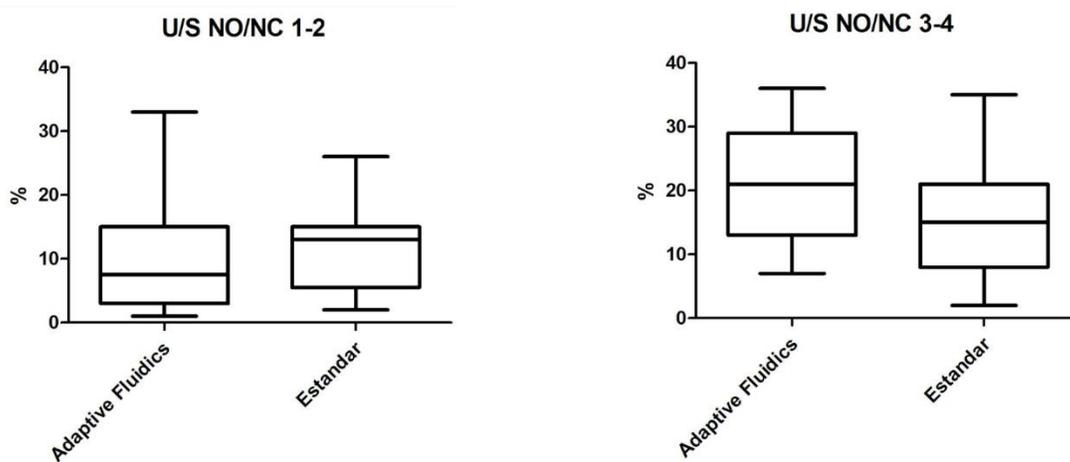
Se comparó la potencia media de ultrasonidos (U/S), el tiempo de faco real (APT) y el tiempo de faco eficaz (EPT) de los pacientes operados con el cassette *Adaptive Fluidics* y de los operados con el cassette *Estándar*. En cuanto a la potencia media de ultrasonidos, la media obtenida en el grupo de *Adaptive Fluidics* fue de 17.33% y en el grupo *Estándar* fue de 14.47%, siendo la diferencia no significativa estadísticamente (p 0.0990). En cuanto al tiempo de faco real (APT), la media para el grupo de *Adaptive fluidics* fue de 48.04 segundos y para el grupo *Estándar* fue de 57.69 segundos, con una p no significativa (p 0.0541) y respecto al tiempo de faco eficaz (EPT), la media obtenida en el grupo de *Adaptive fluidics* fue de 8.40 %/segs en el segundo grupo fue de 8.57%/segs, obteniendo una p no significativa (p 0.2692).



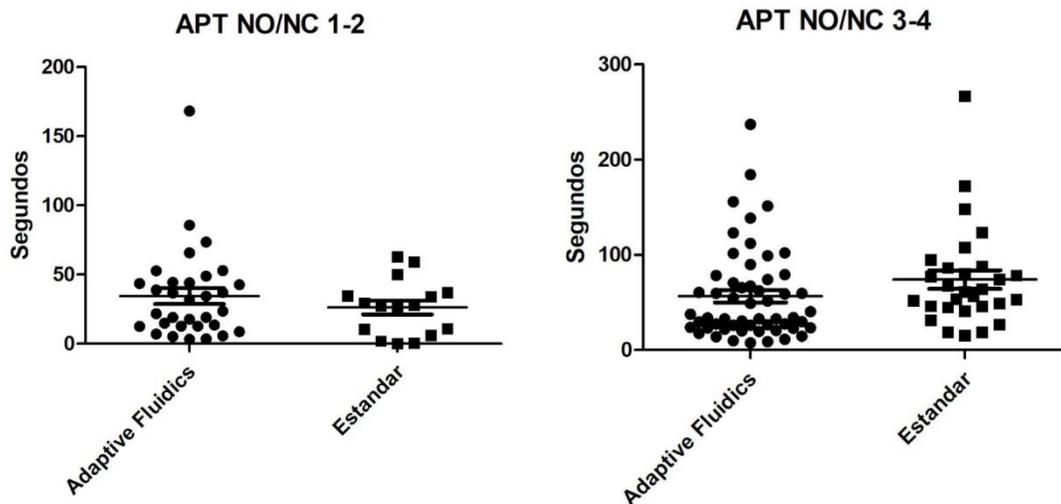
Las cataratas fueron separadas en 3 grupos por su dureza, el 36.23% pertenecían al grupo de NO/NC 1-2, 60.87% al grupo de NO/NC 3-4 y el 2.89% al grupo de NO/NC >5, cuya diferencia de población entre grupos sí fue estadísticamente significativa ($p < 0.0001$). Se procedió a comparar los parámetros obtenidos en las cirugías con el cassette *Adaptive fluidics* y *Estándar* acorde a la dureza de la catarata facoemulsificada, el grupo de cataratas duras (NO/NC>5) fue muy pequeño por lo que no se pudo obtener un análisis estadístico. Se obtuvieron los siguientes resultados:



El promedio de la potencia media de ultrasonido (U/S) para las cataratas blandas (NO/NC 1-2) en el grupo de *Adaptive fluidics* fue de 10.94% y la del grupo *Estándar* fue de 11.91% con una p no significativa ($p = 0.1841$). Para las cataratas de dureza moderada (NO/NC 3-4), la media de U/S en el grupo de *Adaptive fluidics* fue de 20.85% y en el grupo *estándar* fue de 15.59% con una p significativa (0.0097).

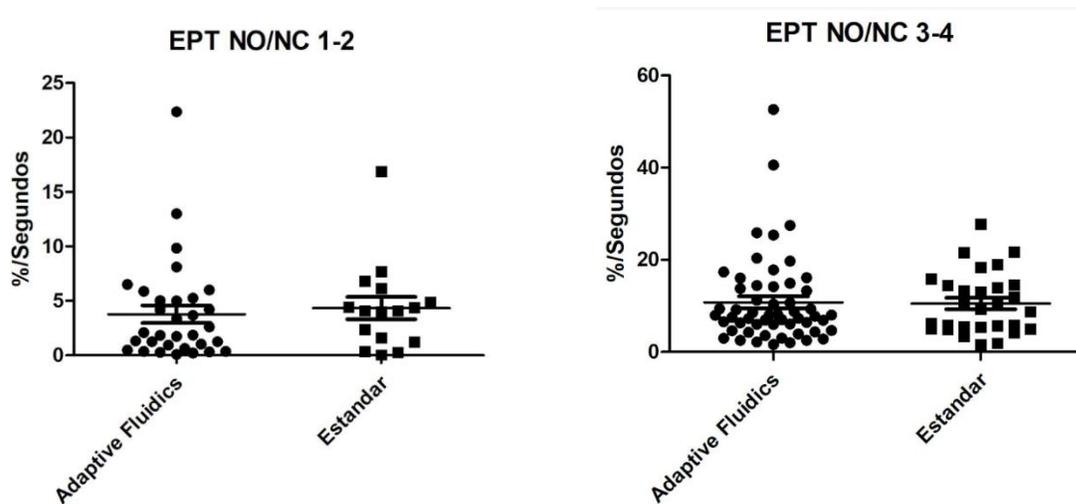


La media de tiempo de faco real (APT) para las cataratas blandas (NO/NC 1-2) para el grupo de *Adaptive fluidics* fue de 34.48 segs y para el grupo *estándar* fue 26.32 segs, siendo la p no significativa (p 0.1999). La media de APT para las cataratas de dureza moderada (NO/NC 3-4) fue para el grupo de *Adaptive fluidics* de 56.67segs y para el grupo *estándar* 74.07segs, siendo esta diferencia significativa estadísticamente (p 0.0197).

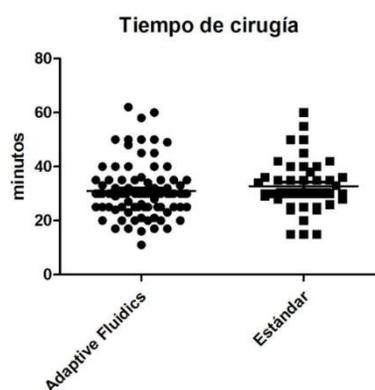


La media de tiempo de faco eficaz (EPT) para las cataratas blandas (NO/NC 1-2) en el grupo de adaptive fluidics fue de 3.78%/segs y en el grupo de Estándar fue de

4.34%/segs con una p no significativa (p 0.2386). Para las cataratas de dureza moderada (NO/NC 3-4), la media de EPT en el grupo de Adaptive fluidics fue de 10.78%/segs y en el grupo Estándar fue de 10.52%/segs, siendo la diferencia no significativa (p 0.3943).



En cuanto al promedio de tiempo de cirugía, en grupo operado con *Adaptive fluidics* obtuvo 30.98 minutos y el operado con *estándar* 32.78 minutos, sin embargo, la p fue no significativa (p 0.0908).



ANÁLISIS

La media de edad de los pacientes de este estudio fue de 68 años, predominando el sexo femenino, similar a la edad y sexo reportado en otros estudios. La mayoría de las cataratas operadas fueron de dureza moderada (NO/NC 3-4) y la población más grande fue la del grupo de pacientes intervenidos con el cassette *Adaptive Fluidics*.

Al comparar la potencia media de ultrasonido (U/S), el tiempo de faco real (APT) y el tiempo de faco eficaz (EPT) entre el grupo de *Adaptive fluidics* y el grupo de *Estándar*, se observó que el grupo *Estándar* utilizó menor U/S, sin embargo, el APT y EPT que ya involucran el factor tiempo, fueron menores en el grupo de *Adaptive fluidics*, estos resultados fueron distintos, pero no fueron estadísticamente significativos.

Al comparar los parámetros obtenidos entre ambos grupos divididos por dureza de catarata, la U/S obtenida fue menor con *Adaptive fluidics* en el grupo de cataratas blandas (p no significativa) y mayor en el grupo de cataratas de dureza moderada, siendo este último resultado estadísticamente significativo. Contrariamente, el APT fue mayor en el grupo de *Adaptive fluidics* en el grupo de cataratas blandas (p no significativa) y menor con significancia estadística en el grupo de cataratas con dureza moderada. Con lo anterior, se podría inferir que con la tecnología de *Adaptive fluidics*, en cataratas blandas la media de ultrasonido utilizado es menor pero el tiempo en el que se utiliza es mayor (recordando que ambos resultados no fueron estadísticamente significativos) y que, en cataratas de dureza moderada, la media de ultrasonido utilizado es mayor pero el tiempo en el que se utiliza es menor, siendo ambos resultados estadísticamente significativos. Lo anterior puede corroborarse al analizar los resultados de EPT, pues nos muestra la eficacia de la faco al relacionar la potencia media de ultrasonido con el tiempo en el que se utiliza, en nuestro estudio, el EPT en el grupo de cataratas blandas fue menor y en el grupo de cataratas moderadas fue ligeramente mayor (probablemente por el mayor número de cataratas de dureza moderada en el grupo de *Adaptive fluidics*), sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas entre grupos.

Estos resultados difieren de lo esperado, ya que en la mayoría de los artículos publicados que comparan la fluídica activa (*Adaptive fluidics*) versus la fluídica por gravedad (*Estándar*), los parámetros obtenidos son menores en el grupo intervenido con fluídica activa con una significancia estadística.

NO/NC 1-2			
	FLUÍDICA ACTIVA	FLUÍDICA POR GRAVEDAD	VALOR DE P
U/S (%)	<u>10.94</u>	11.91	0.1841
APT (s)	34.48	<u>26.32</u>	0.1999
EPT (%/s)	<u>3.78</u>	4.34	0.2386

NO/NC 3-4			
	FLUÍDICA ACTIVA	FLUÍDICA POR GRAVEDAD	VALOR DE P
U/S (%)	20.85	<u>15.59</u>	0.0097
APT (s)	<u>56.67</u>	74.07	0.0197
EPT (%/s)	10.78	<u>10.52</u>	0.3943

El tiempo de cirugía fue menor en el grupo de *Adaptive Fluidics*, sin embargo, la diferencia no fue estadísticamente significativa.

DISCUSIÓN

Con el tiempo, las empresas encargadas de manufacturar las plataformas para realizar cirugías de facoemulsificación buscan mejorar sus tecnologías con la finalidad de provocar menor estrés en el globo ocular durante el procedimiento quirúrgico. Esto ha sido, por ejemplo, a través del desarrollo de nuevas y mejores puntas de faco que aplican ultrasonido no solo de manera longitudinal, sino que combinan ultrasonido longitudinal y torsional con la finalidad de utilizar menor poder y tiempo de ultrasonido. Otra manera ha sido mejorando la dinámica de la fluídica con el objetivo de tener una mayor estabilidad de la cámara anterior y por lo tanto de la presión intraocular.^{15, 16, 17}

La mejoría en la dinámica de la fluídica ha consistido en modificar la tradicional fluídica por gravedad cuya presión de infusión depende de la altura a la que se

coloque la botella de acuerdo a la preferencia del cirujano, por una fluídica activa, en la cual, la velocidad del flujo de aspiración y el vacío alcanzado, son compensados por una presión de infusión que se controla de manera automática por sensores y utiliza la presurización de la botella de infusión con gas o un mecanismo que comprime la bolsa fuente de manera automática.^{6, 12}

La mayor parte de los estudios comparan el sistema *Gravity-Fluidics* de la plataforma *Infinity Vision System* que utiliza fluídica por gravedad y *Active-Fluidics* de la plataforma *Centurion Vision system* que utiliza fluídica activa, ambos de *Alcon*, tomando la energía disipada acumulada (CDE) como medida de resultado primaria. Sin embargo, las puntas de faco utilizan distintas modalidades de ultrasonido lo que podría influir en los resultados obtenidos. *Stellaris Elite™* nos da la oportunidad de evaluar los 2 tipos de fluídicas desde la misma plataforma y con una misma punta de faco, utilizando en ambos casos ultrasonido longitudinal.^{4, 12, 15, 16}

Solomon, et al., en una serie prospectiva de casos clínicos aleatorizados que se realizó en 2 hospitales de Estados Unidos y uno en España, encontraron que la CDE, el tiempo de aspiración y la cantidad de solución aspirada, fueron significativamente menores en la configuración con fluídica activa en comparación con fluídica por gravedad, esto utilizando la plataforma *Infinity* y *Centurion* de *Alcon*.⁸ Chen, et al., en una revisión retrospectiva de 2,077 casos de extracción de catarata por facoemulsificación realizado por 5 cirujanos, encontraron una reducción del 38% de la CDE con fluídica activa sin encontrar diferencias significativas en las tasas de complicaciones, para este estudio también fueron utilizadas las plataformas de *Alcon*.¹⁵ González-Salinas, et al, en un estudio longitudinal, experimental y comparativo en donde se incluyeron 216 ojos que fueron operados de facoemulsificación con las plataformas *Infinity* y *Centurion* de *Alcon* y además, dividieron las cataratas en 4 grados acorde a su dureza guiándose por el sistema de clasificación LOCS II (Lens Opacities Classification System II), evidenciaron una diferencia significativa en la CDE para las cataratas de grados II a IV a favor del grupo de fluídica activa, siendo este menor, registraron un menor tiempo de aspiración para los subgrupos de cataratas de grado II y III con fluidica activa y al

comparar resultados por dureza de catarata, la CDE solo fue significativamente menor en el grupo de fluídica activa en las cataratas NO/NC IV.³ De manera similar, Lawrence J, et al. en un estudio prospectivo donde incluyeron 412 pacientes que fueron intervenidos de facoemulsificación, encontraron diferencia significativa en CDE a favor del grupo de fluídica activa con *Centurion*, siendo este menor incluso en cataratas más densas, además, la agudeza visual mejor corregida fue mejor en el grupo operado con *Centurion* al mes de la cirugía en cataratas con esclerosis nuclear grado III o mayor en comparación con las operadas con *Infinity*. En este estudio mencionan que los resultados pueden estar influidos por las puntas de faco que entregan el ultrasonido de distinta manera en ambas plataformas.¹⁶ Así mismo, en un estudio retrospectivo de 2000 ojos operados por un solo cirujano, realizado en Barranquilla, Colombia se comparó la eficiencia quirúrgica entre 2 plataformas, una con fluidica activa y otra con fluídica por gravedad, obteniendo como resultados un CDE y fluidos de aspiración menores con el sistema de fluídica activa.¹⁸

A diferencia de lo ya reportado en la literatura, el resultado obtenido de este estudio en la comparación general entre el grupo de *Adaptive Fluidics* (fluídica activa) y el *Estándar* (fluídica por gravedad) fue que el grupo *Estándar* utilizó menor U/S pero el APT y el EPT, que ya involucran el factor tiempo, y resaltando que el EPT se pudiera considerar análogo del CDE, fueron menores en el grupo de *Adaptive fluidics*, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Así mismo, al comparar los parámetros entre ambos grupos subdivididos por dureza de catarata, los únicos resultados que fueron estadísticamente significativos fueron una mayor U/S pero un menor APT en el grupo de fluídica activa en las cataratas de dureza moderada, datos que no son tan relevantes pues el EPT, que correlaciona ambos parámetros, no fue significativamente diferente.

Cabe mencionar que, aunque no fue el propósito del estudio y es un parámetro difícil de medir de manera objetiva, todos los cirujanos que participaron en el estudio reportaban mayor sensación de inestabilidad y mayor surge al operar con la plataforma con fluídica por gravedad, dato que ya ha sido reportado por Pooria et al., donde de manera experimental, evaluaron el colapso de la cámara anterior al

romperse la oclusión de la punta en 3 plataformas que utilizan fluídica por gravedad (*Infinity*, *WhiteStar Signature* y *Stellaris Vision Enhancement*) y en una que utiliza fluídica activa (*Centurion*) donde *Centurion* obtuvo el menor colapso de la cámara anterior con un tiempo de elevación de vacío similar en comparación con las otras plataformas.¹⁹ Así mismo, Nicoli et al. evaluaron la habilidad de las plataformas para facoemulsificación de mantener presiones intraoculares constantes bajo condiciones de flujo variables, donde solo las plataformas con fluídica activa mantuvieron las presiones intraoculares objetivo con distintos flujos de aspiración, sugiriendo que la estabilidad de la cámara anterior podría ser mejor al utilizar un sistema con control activo.⁶

El hecho de que los grupos comparados no tuvieron un tamaño de población similar, además de que la mayoría de cataratas eran de dureza moderada y fueron operadas con el Cassette de *Adaptive fluidics* (fluídica activa), siendo este el grupo con mayor población y que a pesar de que los parámetros utilizados para las cirugías fueron similares estos no estuvieron estandarizados y que las cirugías fueron realizadas por distintos cirujanos en formación que a pesar de ser del mismo año académico, su habilidad y técnica quirúrgica pudieron haber influido en los parámetros obtenidos, son consideradas las debilidades del estudio mismas que pudieran justificar los resultados obtenidos en esta investigación. Por lo anterior, estos resultados se deben de tomar en cuenta, pero no considerarlos definitivos. Se sugiere ampliar la muestra y analizar la diferencia entre grupos también por edad y sexo para confirmar su influencia en los resultados.

CONCLUSIÓN

No hay diferencias significativas en los parámetros resultantes al operar cataratas seniles de dureza leve y moderada con fluídica adaptativa y fluídica por gravedad con *Stellaris Elite™*, sin embargo, esto pudo haber sido condicionado por las debilidades del estudio, por lo anterior, estos resultados se deben de tomar en cuenta, pero no deben ser considerados definitivos.

APÉNDICE

Aspectos éticos y bioseguridad

Los pacientes participantes fueron informados ampliamente acerca de este estudio y firmaron junto con 2 testigos un consentimiento informado antes de la realización del procedimiento. Los datos personales fueron manejados de manera confidencial, cumpliendo con los principios éticos de respeto a la dignidad humana. No se manejaron muestras de tejidos humanos y los procedimientos quirúrgicos se llevaron a cabo siguiendo los estándares de asepsia, antisepsia y esterilidad habituales.

Este protocolo está basado en la NOM-012-SSA3-2012, la cual establece los criterios para la ejecución de proyectos para la salud en seres humanos y los principios éticos de la Declaración de Helsinki.

CRONOGRAMA

ACTIVIDAD	2021											2022										
	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Elección del tema	X																					
Recolección de información		X																				
Diseño de protocolo			X																			
Recopilación de datos			X	X																		
Captura de base de datos				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Ejecución de análisis estadístico																				X	X	
Elaboración de informe preliminar																					X	
Elaboración de informe final																						X
Exposición de resultados																						X

CONSENTIMIENTO INFORMADO



CARTA DE CONSENTIMIENTO BAJO INFORMACIÓN PARA PARTICIPAR EN PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

En esta institución se desarrollan investigaciones que forman parte de nuestro quehacer científico. Las características de su padecimiento son consideradas de interés para participar en este estudio de acuerdo a las especificaciones siguientes:

Datos generales

<i>Datos del paciente</i>	Nombre: Fecha de nacimiento:	
<i>Expediente clínico No.</i>		
<i>Médico informante (investigador principal):</i>	Dra. Kathia Rodas Zúñiga	Firma:
<i>Diagnóstico</i>		

Datos de la investigación

<i>Nombre del protocolo</i>	Evaluación y comparación de los parámetros quirúrgicos resultantes empleando 3 distintos cassettes, con distinta dinámica de fluidos, compatibles con la plataforma de facoemulsificación Stellaris Elite de B&L, en cataratas duras
<i>Investigadores</i>	Dra. Kathia Rodas Zúñiga
<i>Justificación y objetivos</i>	Describir y comparar los parámetros quirúrgicos resultantes en la plataforma Stellaris Elite al emplear fluídica adaptativa y fluídica estándar en la facoemulsificación de pacientes con catarata senil
<i>Periodo de estudio o duración</i>	Junio 2021 a Octubre 2022
<i>Cantidad de sujetos que participarán</i>	245 pacientes
<i>Descripción de los métodos a emplear y su propósito</i>	Facoemulsificación de catarata e implante de lente intraocular utilizando cassettes con distinta fluídica para la realización de la cirugía
<i>Beneficios esperados:</i>	Determinar el tipo de fluídica que obtenga menores parámetros postquirúrgicos y que se traduzca en mayor seguridad durante la cirugía de facoemulsificación
<i>Alternativas:</i>	Extracción extracapsular de cristalino
<i>Riesgos o molestias:</i>	Ruptura de cápsula posterior, infecciones, dolor postquirúrgico, afaquia

<i>Grupo de control</i>	En caso de que la presente investigación incluya un grupo de control, la selección de los participantes se sujetará a un proceso estrictamente aleatorio e imparcial, privilegiando la prevención de cualquier riesgo o daño para sus integrantes.
<i>Gastos</i>	Los gastos propios de la investigación serán cubiertos por la institución.
<i>Confidencialidad</i>	Su identidad y la información que proporcione como parte de esta investigación serán tratadas bajo criterios de confidencialidad. En caso de que los resultados exijan su identificación, previamente se le solicitará la autorización correspondiente.
<i>Dudas, aclaraciones y actualización</i>	El participante tendrá derecho a recibir respuesta a cualquier pregunta y aclaración a cualquier duda acerca de los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación y su tratamiento. Asimismo, durante el presente estudio le proporcionaremos información actualizada sobre su estado de salud para que esté en posibilidad de decidir si continua participando. Es importante que sepa que retirar su participación no afectará su atención en el hospital.

Consentimiento

Por este medio manifiesto mi satisfacción con la información recibida y, consciente de las especificaciones y en qué consiste la investigación descrita en este documento, sus beneficios, riesgos y consecuencias, **otorgo mi consentimiento para incorporarme a ella, asumiendo el compromiso de (1) asistir puntualmente a las citas que se me indiquen y (2) proporcionar verazmente la información de mi evolución en la forma y periodicidad que se requiera.**

Asimismo, entiendo que puedo retirarme de esta investigación voluntariamente en cualquier momento sin mayor requisito que la manifestación al investigador principal o a la Dirección Médica de este hospital.

Ciudad de México a ___ de _____ de ____.

Firma del paciente

Testigos

Nombre y firma

Nombre y firma

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Liu YC, Wilkins M, Kim T, Malyugin B, Mehta JS. Cataracts. *Lancet*. 2017 Aug 5;390(10094):600-612. doi: 10.1016/S0140-6736(17)30544-5. Epub 2017 Feb 25. PMID: 28242111.
- 2) Zhu Z, Wang L, Scheetz J, He M. Age-related cataract and 10-year mortality: the Liwan Eye Study. *Acta Ophthalmol*. 2020 May;98(3):e328-e332. doi: 10.1111/aos.14258. Epub 2019 Sep 27. PMID: 31559703.
- 3) González-Salinas Roberto, Corredor-Ortega Claudia, Garza-León Manuel, Álvarez-Padilla Marla, Serrano-Ahumada Ana S., Rubio-Tijerina Fátima et al. Evaluación de los parámetros quirúrgicos empleando dos plataformas de facoemulsificación en cataratas grado I a IV. *Rev. mex. oftalmol [revista en la Internet]*. 2019 Mar [citado 2023 Ene 24]; 93(1): 19-25. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2604-12272019000100019&lng=es. Epub 06-Ago-2021. <https://doi.org/10.24875/rmo.m18000058>.
- 4) Gonzalez-Salinas R, Garza-Leon M, Saenz-de-Viteri M, Solis-S JC, Gulias-Cañizo R, Quiroz-Mercado H. Comparison of cumulative dissipated energy delivered by active-fluidic pressure control phacoemulsification system versus gravity-fluidics. *Int Ophthalmol*. 2018 Oct;38(5):1907-1913. doi: 10.1007/s10792-017-0674-4. Epub 2017 Aug 22. PMID: 28831699.
- 5) Das S, Nanaiah SG, Kummelil MK, Nagappa S, Shetty R, Shetty BK. Effect of fluidics on corneal endothelial cell density, central corneal thickness, and central macular thickness after phacoemulsification with torsional ultrasound. *Indian J Ophthalmol*. 2015 Aug;63(8):641-4. doi: 10.4103/0301-4738.169786. PMID: 26576520; PMCID: PMC4687189.
- 6) Nicoli CM, Dimalanta R, Miller KM. Experimental anterior chamber maintenance in active versus passive phacoemulsification fluidics systems. *J Cataract Refract Surg*. 2016 Jan;42(1):157-62. doi: 10.1016/j.jcrs.2015.08.017. PMID: 26948791.
- 7) Assaf A, Roshdy MM. Comparative analysis of corneal morphological changes after transversal and torsional phacoemulsification through 2.2 mm

- corneal incision. Clin Ophthalmol. 2013;7:55-61. doi: 10.2147/OPTH.S39019. Epub 2013 Jan 8. PMID: 23326184; PMCID: PMC3544352.
- 8) Solomon KD, Lorente R, Fanney D, Cionni RJ. Clinical study using a new phacoemulsification system with surgical intraocular pressure control. J Cataract Refract Surg. 2016 Apr;42(4):542-9. doi: 10.1016/j.jcrs.2016.01.037. PMID: 27113876.
 - 9) Georgescu D, Payne M, Olson RJ. Objective measurement of postocclusion surge during phacoemulsification in human eye-bank eyes. Am J Ophthalmol. 2007 Mar;143(3):437-40. doi: 10.1016/j.ajo.2006.11.017. Epub 2006 Dec 18. PMID: 17222793.
 - 10) Wade M, Isom R, Georgescu D, Olson RJ. Efficacy of Cruise Control in controlling postocclusion surge with Legacy and Millennium venturi phacoemulsification machines. J Cataract Refract Surg. 2007 Jun;33(6):1071-5. doi: 10.1016/j.jcrs.2007.02.028. PMID: 17531704.
 - 11) American Academy of Ophthalmology Basic Clinical and Science Course, Section 11, Lens and Cataract, 2019-2020.
 - 12) Yeu, Elizabeth. "A Clinical Study Review—the Role of Active Fluidics and Torsional Phaco Power in Providing a Stable and Efficient Cataract Surgery Environment." *US ophthalmic review* 11 (2018): 32.
 - 13) Johansson B. Adaptive fluidics: a complete game changer. *Ins To Cat and Ref Sur Tod Eur*. 2019; 1-2.
 - 14) Stellaris Elite (Internet). European Union: Bausch and Lomb; (April 2021). https://www.bauschsurgical.eu/fileadmin/user_upload/Stellaris_Anterior_Brochure_260719_Read_Only.pdf
 - 15) Chen M, Anderson E, Hill G, Chen JJ, Patrianakos T. Comparison of cumulative dissipated energy between the Infiniti and Centurion phacoemulsification systems. Clin Ophthalmol. 2015 Jul 22;9:1367-72. doi: 10.2147/OPTH.S88225. Erratum in: Clin Ophthalmol. 2015;9:1475. PMID: 26229430; PMCID: PMC4516204.
 - 16) Oh LJ, Nguyen CL, Wong E, Wang SSY, Francis IC. Prospective study of Centurion® versus Infiniti® phacoemulsification systems: surgical and visual

- outcomes. *Int J Ophthalmol.* 2017 Nov 18;10(11):1698-1702. doi: 10.18240/ijo.2017.11.10. PMID: 29181313; PMCID: PMC5686368.
- 17)Rekas M, Montés-Micó R, Krix-Jachym K, Kluś A, Stankiewicz A, Ferrer-Blasco T. Comparison of torsional and longitudinal modes using phacoemulsification parameters. *J Cataract Refract Surg.* 2009 Oct;35(10):1719-24. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.04.047. PMID: 19781466.
- 18)Escaf-Jaraba L, Escobar-DiazGranados J, Valdemarín B. Comparing surgical efficiencies between phacoemulsification systems: a single surgeon retrospective study of 2000 eyes. *Int J Ophthalmol.* 2022 Apr 18;15(4):581-585. doi: 10.18240/ijo.2022.04.09. PMID: 35450185; PMCID: PMC8995727.
- 19)Sharif-Kashani P, Fanney D, Injev V. Comparison of occlusion break responses and vacuum rise times of phacoemulsification systems. *BMC Ophthalmol.* 2014 Jul 30;14:96. doi: 10.1186/1471-2415-14-96. PMID: 25074069; PMCID: PMC4134114.