

# Trabajo Fin de Grado

Abordaje quirúrgico de las cataratas:  
Facoemulsificación en la especie canina

Surgical approach to cataracts:  
Phacoemulsification in dog species

Autor/es

David Causapé Arnedillo

Director/es

María Eugenio Lebrero Berna

Facultad de Veterinaria

2022

## ÍNDICE

1. RESUMEN .....	3
2. ABSTRACT .....	3
3. INTRODUCCIÓN .....	4
3.1 Desarrollo embriológico.....	5
3.2 Anatomía del globo ocular. ....	7
3.3 Cristalino. ....	8
3.3.1 Anatomía del cristalino. ....	9
4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS .....	11
5. METODOLOGÍA .....	12
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
6.1 Cataratas .....	12
6.2 Clasificación y etiología de las cataratas. ....	14
6.2.1 Clasificación.....	14
6.2.2 Etiología. ¿Qué origen pueden tener las cataratas? .....	15
6.3 Consecuencias visuales.....	17
6.4 Signos clínicos de las cataratas. ....	17
6.5 Complicaciones de las cataratas no tratadas .....	18
6.6 Tratamiento. ¿Se puede tratar, es urgente, cómo se trata? .....	19
6.6.1 Tratamiento médico. ....	19
6.6.2 Tratamiento quirúrgico. ....	19
6.7 Selección del caso quirúrgico.....	20
6.8 Máquina de Facoemulsificación. Funcionamiento y conceptos. ....	22
6.8.1 Fundamentos de la facoemulsificación. ....	22
6.8.2 Aspiración y vacío. ....	23
6.8.3 Irrigación de fluidos a la cámara anterior .....	24
6.8.4 Sistema de corte por ultrasonidos. ....	24
6.8.5 Agujas de ultrasonidos. ....	25
6.9 Anestesia y bloqueos previos a la cirugía.....	26
6.10 Procedimiento quirúrgico. ....	27
6.10.1 Incisión.....	27
6.10.2 Viscoelásticos. ....	28
6.10.3 Capsulotomía y capsulectomía anterior o capsulorrexis.....	29
6.10.4 Hidrodissección. ....	30

6.10.5	<i>Facoemulsificación de la catarata.</i>	31
•	<i>Técnica divide y vencerás</i>	32
•	<i>Técnica chip and flip.</i>	32
•	<i>Técnica faco-chop.</i>	33
6.10.6	<i>Escultura y rotación de la lente.</i>	35
6.11	<i>Implantación de lente intraocular y cierre capsular.</i>	35
7.	<b>CONCLUSIONES</b>	37
8.	<b>CONCLUSIONS</b>	37
9.	<b>VALORACIÓN PERSONAL</b>	38
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	39

## 1. RESUMEN

La lente o cristalino, es una estructura intraocular, transparente, biconvexa y avascular que actúa focalizando los rayos de luz que entran en el ojo para crear una imagen nítida en la retina. Las cataratas son una afección del cristalino que resulta en la opacidad de este, y genera pérdida de visión en el paciente afectado.

Las técnicas y los resultados de la cirugía de cataratas han cambiado drásticamente en las últimas décadas, pasando el legado de las extracciones intracapsulares de cataratas a las extracciones extracapsulares, donde destaca la técnica de facoemulsificación, la cual actúa fragmentando la catarata mediante el uso de ultrasonidos.

Los avances en equipos y en la propia técnica la han convertido en el principal método de resolución quirúrgica de esta patología, no obstante, no es un procedimiento extensible a todos los casos debido a la gran variedad de factores etiológicos de las cataratas y de estadios evolutivos de las mismas. Es por este motivo que la selección del caso quirúrgico tiene especial relevancia.

Una vez que se ha decidido llevar a cabo la facoemulsificación, el cirujano se enfrenta a un amplio número de pasos que llevar a cabo durante el proceso, siendo estos: incisión, capsulorexis, hidrodisección e hidrodelineación, facoemulsificación e implantación de la lente intraocular en caso de que así se decida y cierre capsular. Además, deberá saber emplear de manera correcta los materiales y viscoelásticos durante el procedimiento para evitar al máximo el daño al resto de estructuras intraoculares.

## 2. ABSTRACT

The lens, or the crystalline lens, is a transparent, biconvex and avascular intraocular structure that focuses the light rays entering the eye to create a clear image on the retina. Cataracts are a condition of the crystalline lens that results in opacity of the lens, leading to loss of vision in the affected patient.

The techniques and results of cataract surgery have changed drastically in recent decades, with the legacy of intracapsular cataract extractions shifting to extracapsular extractions, where the phacoemulsification technique stands out, which acts by fragmenting the cataract through the use of ultrasounds.

Advances in equipment and in the technique itself have made it the main method of surgical resolution of this pathology; however, it is not a procedure that can be extended to all cases due to the great variety of etiological factors of cataracts and their evolutionary stages. It is for this reason that the selection of the surgical case is of particular relevance.

Once the decision has been made to perform phacoemulsification, the surgeon is faced with a large number of steps to be carried out during the process: incision, capsulorexis, hydrodissection and hydrodelineation, phacoemulsification itself and implantation of the intraocular lens if so decided, and capsular closure. In addition, he/she must know how to correctly use the materials and viscoelastics during the procedure in order to avoid damage to the rest of the intraocular structures as much as possible.

### 3. INTRODUCCIÓN

El cristalino es una estructura de refracción de ajuste “fino” o íntimo que permite enfocar imágenes de forma nítida en la retina para permitir que la visión sea lo más aguda posible (Gelatt, et al., 2013). No obstante, hay patologías que pueden alterar la fisiología normal del cristalino y finalmente reducir dicha agudeza visual. Uno de los casos más claros y con mayor prevalencia son las cataratas.

Las cataratas están consideradas como una de las causas remediabiles de disminución de la agudeza visual. En los últimos años la técnica quirúrgica ha cambiado drásticamente a la par que lo hacía la farmacología ocular, incluyendo en este grupo antiinflamatorios y agentes viscoelásticos; sin olvidarnos de la actual posibilidad de realizar implantes de lentes intraoculares en perros. A pesar de todas estas actualizaciones y mejoras, la cirugía de cataratas sigue siendo un procedimiento cuyo éxito depende de la meticulosa atención al detalle, la habilidad y la experiencia del cirujano, del mismo modo que influye la selección del paciente (Gelatt, et al., 2013). La dependencia de los medicamentos es muy alta y si estos fallan es imposible alcanzar el éxito tras la cirugía.

Entre los objetivos del cirujano durante la cirugía de cataratas están: el uso al mínimo imprescindible de medicamentos que dependan de un manejo delicado del tejido, de lo contrario, los dueños no siempre van a poder realizar las curas correspondientes; realizar la cirugía en el menor tiempo posible, a menor tiempo menor riesgo, aún más a tener en cuenta en este tipo de cirugías donde la mayoría de los pacientes son de avanzada edad; y realizar las

incisiones lo más pequeñas posibles. Igualmente es esencial preparar debidamente al paciente y el ojo del mismo para evitar complicaciones.

Dicho esto, la técnica de elección para el tratamiento de las cataratas es la facoemulsificación, la cual utiliza ultrasonidos para fragmentar el núcleo del cristalino. Esta cirugía está indicada en animales con disminución de visión asociada a cataratas o con pérdida progresiva de visión por el aumento de tamaño de una catarata progresiva. Por norma general, las opacidades axiales de la lente terminan produciendo una alteración visual más significativa, en cambio, las opacidades de la corteza anterior o ecuatoriales es más probable que sean progresivas (Gelatt, et al., 2013).

Independientemente del tipo de catarata, antes de la cirugía deberemos hacer siempre un examen oftalmológico completo al paciente, en el que se incluya la evaluación de la película lacrimal precorneal, la anatomía de anexos a la lente y la función de los mismos, así como las del propio globo ocular (Gelatt, et al., 2013).

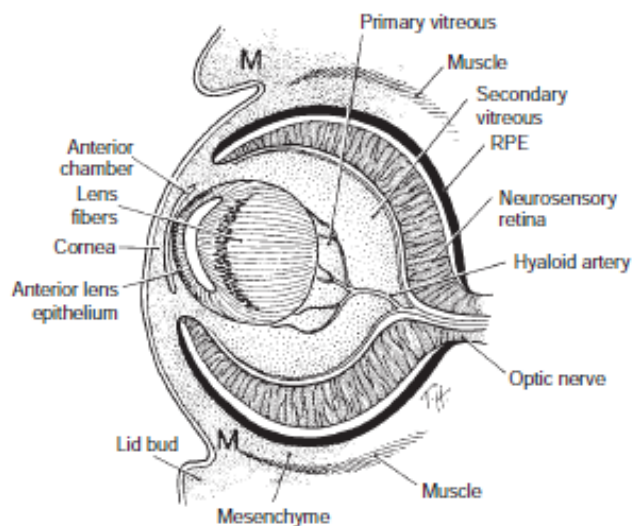
En este trabajo se explicará el funcionamiento y la base de dicha técnica, así como el proceso intraquirúrgico que tiene lugar desde que el paciente entra en quirófano ya anestesiado, hasta que sale de él al acabar la cirugía. Además, se intentará hacer hincapié en aquellos pasos que se consideran más críticos y se aportarán consejos aplicables en la cirugía. No obstante, antes de conocer en detalle la técnica y sus variantes, deberemos conocer la anatomía ocular, la cual se explicará a continuación.

### 3.1 Desarrollo embriológico.

El desarrollo de los ojos en la especie canina comienza cerca del día 13 de gestación, momento en el que se forman los surcos ópticos, pequeñas invaginaciones en el ectodermo neural que el día 15 terminan transformándose en la vesícula óptica tras el cierre del tubo neural. Gracias a microfilamentos internos, las células que forman la matriz se van moviendo, organizándose y expandiendo la vesícula. Parte de esta vesícula es la que días más tarde se espesará para formar la placa del cristalino, que posteriormente invagina con tejido adyacente para formar una doble capa. Se forman los primeros vasos que se encargarán de traer proteínas que empezarán a conformar el humor vítreo.

Las lentes terminarán de formarse gracias a las señales que llegan desde la vesícula óptica. Posteriormente, las lentes y la vesícula terminarán alineándose formando el eje visual entre retina y cristalino. Mediante el desprendimiento de vesículas del cristalino se termina formando la cámara anterior al mismo tiempo que se produce migración celular. Durante este proceso, si la separación queratolenticular es defectuosa, es posible la generación de cataratas de manera congénita.

En el momento del nacimiento, el cristalino está formado casi enteramente por núcleo, siendo la corteza una parte mínima en su estructura. Durante los días siguientes crecerá en grosor dado a la capacidad mitótica de sus células, la cual se mantiene durante toda la vida del animal (Gelatt, et al., 2013).



*Ilustración 1: Formación de las lentes oculares durante el desarrollo embrionario (Ilustración sacada de Veterinary Ophthalmology Gelatt)*

Es importante y se debe destacar, que las proteínas del interior del cristalino no comunican con el sistema inmune del individuo durante el desarrollo embrionario. Es por este mismo motivo que, si el sistema inmune llegara a entrar en contacto con estas proteínas en algún momento, reaccionaría como si de un cuerpo extraño se tratase y las atacaría. Esta es una de las complicaciones con las que nos podemos encontrar durante la cirugía de cataratas, dado que, al rasgar la cápsula del cristalino, podemos terminar generando uveítis de manera postoperatoria (Javier Marrugo, 1992).

### 3.2 Anatomía del globo ocular.

El globo ocular de los cánidos es casi esférico y, al igual que en la especie humana, está conformado por tres capas o túnicas que le proporcionan dicha estructura. De fuera hacia dentro son las siguientes:

- **Túnica externa o fibrosa.** Es la más externa y la que da la forma al globo ocular. Al mismo tiempo se divide en dos partes: la esclerótica y la córnea. La mayor de las dos es la esclerótica, opaca y de color blanco, se sitúa en la parte posterior del globo y ocupa cerca del 75% de la túnica fibrosa. Es a la esclerótica también donde se insertan los músculos extraoculares y presenta un área cribosa por donde pasan las fibras del nervio óptico. La córnea en cambio ocupa la parte anterior y es transparente. La zona entre córnea y esclerótica se conoce como limbo, es de importancia clínica dado que es en esta región donde se reabsorbe el humor acuoso.
- **Túnica media o vascular.** Es la capa intermedia entre la esclerótica y la retina, y al mismo tiempo está formada por tres zonas que de caudal a rostral son: coroides, cuerpo ciliar e iris. La coroides es principalmente vascular y se sitúa entre la esclerótica y la retina, una de sus capas es avascular y se conoce como *tapetum lucidum* o tapete lúcido, que es la única que refleja la luz y tiene color. El cuerpo ciliar es una zona anular entre coroides e iris con prolongaciones que crecen hacia el cristalino y lo suspenden en su ecuador, al mismo tiempo que se encarga de la producción del humor acuoso. El iris en cambio es un anillo pigmentado con una abertura central (pupila) que actúa como un diafragma contráctil entre cornea y cristalino regulando la cantidad de luz que llega al fondo de ojo.
- **Túnica interna o nerviosa.** Está formada por la retina, que se extiende desde la pupila hasta el disco del nervio óptico. La gran mayoría de la retina está formada por células especializadas o neuroreceptores, conos y bastones. La parte ciega es insensible a la luz y es la más cercana a la pupila.

En cuanto al interior del globo ocular, está formado por diversos espacios o cámaras ocupadas por líquidos de consistencia variable, encontrándose el cristalino o lente suspendido en el interior de esos espacios. Así pues, cristalino e iris dividen internamente el ojo en tres zonas:

- **Cámaras anterior y posterior del globo ocular.** La anterior se sitúa entre la córnea y el iris, y la posterior entre iris y cristalino. Ambas comunican entre sí mediante la pupila y están ocupadas por un líquido claro, el humor acuoso, que mantiene la presión intraocular. En la cámara posterior, en los procesos ciliares se produce de manera



constante humor acuoso y de manera antagónica, en el ángulo iridocorneal se reabsorbe, manteniendo así la presión y el equilibrio entre producción y drenaje del líquido.

- Cámara vítrea. Situada entre el cristalino y la retina. Está ocupada por un líquido gelatinoso, también denominado humor vítreo, y por fibrillas transparentes.

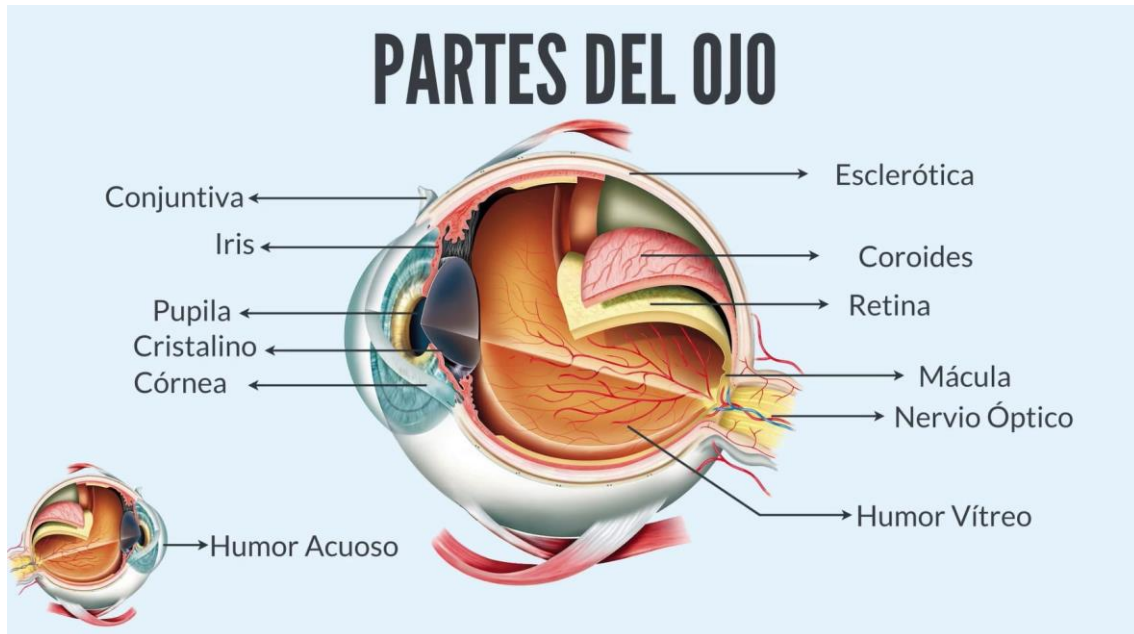


Ilustración 2: Anatomía del ojo: capas y estructuras (Brill Pharma) (Disponible en: <https://www.brillpharma.com/anatomia/partes-del-ojo/>)

### 3.3 Cristalino.

El cristalino o lente, es una estructura intraocular, transparente, avascular y situado detrás del iris, anclada al cuerpo ciliar por las fibras zonulares. Al mismo tiempo hace de barrera entre las cámaras anterior y posterior y la cámara vítrea. Su función se basa en focalizar los rayos de luz para crear una imagen nítida en la retina, siendo así el segundo medio de refracción más importante después de la córnea.

En la mayoría de las especies de mamíferos, aves y reptiles es biconvexa, con diversos grados de convexidad dependiendo de la acomodación que permite la elasticidad de su cápsula y la flexibilidad de la sustancia que lo compone (Gelatt, et al., 2013).

Si miramos el cristalino desde un punto de vista bioquímico, este está compuesto mayoritariamente por agua (65%) y proteínas (35%), las cuales se dividen en dos grupos: las cristalinas solubles y el albuminoide insoluble (Javier Marrugo, 1992). Es importante recordar que, durante el desarrollo embriológico, estas proteínas no han entrado en contacto con el

sistema inmune del animal, lo que impide que se lleve a cabo el proceso de tolerancia inmunológica.

A lo largo de toda la vida la lente continua su crecimiento en grosor mediante la formación de nuevas capas de fibras en la parte externa. Como resultado normal de este proceso de envejecimiento la lente pierde flexibilidad y transparencia con el aumento de la edad (Marín, 2006). El crecimiento normal ocurre de la siguiente manera: en los mamíferos jóvenes el cristalino es bastante blando, teniendo tan solo un núcleo central de pequeño tamaño y mayor densidad, conforme pasa el tiempo, el núcleo crece y se vuelve más denso, reduciendo la capacidad de acomodación al mismo tiempo que envejece (Gelatt, et al., 2013).

Se ha visto que hay grupos animales que no tienen mecanismo de acomodación del cristalino, como marsupiales o roedores nocturnos (Prince, 1956), otros grupos animales tienen menor capacidad de acomodación, como los ungulados, los cuales prefieren confiar en el olfato y en el oído para detectar objetos cercanos debido a las carencias visuales que no poder realizar este proceso provoca.

De las aproximadamente 60 dioptrías de potencial de refracción del ojo, entre 13 y 16 las aporta el cristalino en el caso de la especie humana. En perros en cambio, la lente es capaz de aportar hasta 40 dioptrías de refracción, siendo el resto producido por la córnea (Gelatt, et al., 2013).

En la especie canina se considera que el cristalino funciona correctamente cuando es transparente (no se encuentra opaco), se encuentra en posición estable (no se encuentra luxado) y es capaz de cambiar su forma (acomodarse) (Gelatt, et al., 2013).

### *3.3.1 Anatomía del cristalino.*

La lente es una estructura de naturaleza epitelial, sin pigmentos y completamente avascular para permitir la total transparencia. Se encuentra sostenida por numerosas zónulas que se extienden desde el cuerpo ciliar y se anclan en la región ecuatorial del propio cristalino. Cuando los músculos de la región ciliar se contraen, tiran de las zónulas y cambian de forma la lente, alterando el poder dióptrico del cristalino. Esto se conoce como proceso de acomodación y se puede llevar a cabo gracias a la elasticidad de la cápsula del cristalino (Gelatt, et al., 2013).

El cristalino se encuentra completamente envuelto en una capsula gruesa, elástica y que actúa como membrana basal del propio epitelio del cristalino. A pesar de sus propiedades elásticas, sus fibras no son elásticas (Hogan, et al., 1971). Su grosor varía dependiendo de la región siendo más fina en el polo posterior. Está constituida por fibrillas de colágeno de tipo IV y materiales de membrana dispuestos laminarmente. Conforme se engrosa, se forman nuevas fibrillas adyacentemente a la membrana celular de las células epiteliales, haciendo que las de la periferia se compriman (Gelatt, et al., 2013).

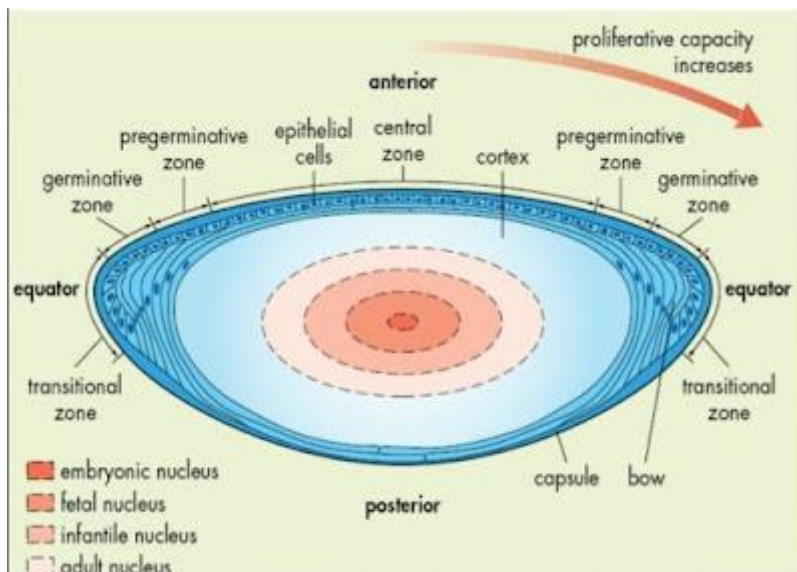


Ilustración 3: Estructura del cristalino (Disponible en: <https://es.slideshare.net/JuliCaesar/fisiologia-del-cristalino>)

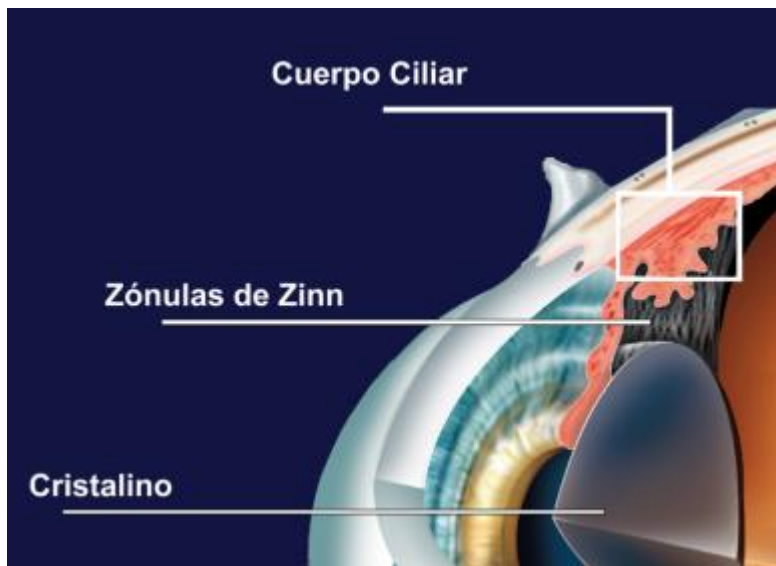


Ilustración 4: Zónulas y cuerpos ciliares (Disponible en: <https://www oftalmologia-online.es/anatom%C3%ADa-del-globo-ocular/cristalino/>)

## 4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La mejora de los tratamientos veterinarios y la implicación de los propietarios a cumplir dichos tratamientos está contribuyendo a el aumento en la calidad de vida de nuestras mascotas. Hace apenas veinte años la preocupación por los animales de compañía no era de lejos similar a la actual, lo que, entre otros factores, ha ido haciendo que nuestros pacientes sean cada vez más longevos.

Este hecho tiene su lado bueno dado que los animales viven más y mejor, pero por otro lado aparecen patologías que antes no había o lo hacen con mayor incidencia, como es el caso de tumores y cáncer. Al mismo tiempo, también se ha visto la influencia de los dueños y sus costumbres sobre la vida de sus mascotas. Un claro ejemplo es la epidemia de obesidad que afecta a la población humana mundial y que tiene su consecuencia también en los animales, dado que ha habido un aumento similar de casos de obesidad en sus mascotas; del mismo modo ocurre con el estilo de vida sedentario, que repercute de manera directa sobre la calidad de vida de los animales a nuestro cargo.

Es importante comentar esto por dos motivos: el primero, es que, al tener una vida más longeva, tanto los perros como los gatos son más propensos ahora a las afecciones geriátricas, como pueden ser problemas cognitivos u otras afecciones como la artrosis o las cataratas; el segundo motivo es que la diabetes, y por lo tanto la obesidad es un factor predisponente de las cataratas, debido a la hipertensión y aumento de la permeabilidad de la pared ocular que produce.

Estos dos motivos han sido los que han colocado a las cataratas a la cabeza de las patologías oftalmológicas en animales de compañía, tanto por frecuencia como por importancia, pero no solo por eso, sino que, además, solo el tratamiento quirúrgico es resolutivo, siendo la facoemulsificación la técnica de elección, misma intervención que en humana.

El objetivo de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica para exponer así la información más actualizada y completa sobre el tema, así como presentar imágenes que aclaren el procedimiento quirúrgico, los signos clínicos y los resultados post operatorio, así como las posibles complicaciones de la cirugía.

## 5. METODOLOGÍA

La metodología empleada para la realización del trabajo está basada en la puesta en marcha de una exhaustiva revisión bibliográfica de múltiples fuentes distintas de información verificada, entre ellas:

- **Libros de referencia de la especialidad oftalmológica veterinaria:** entre ellos se encuentran el Atlas de Oftalmología Clínica del perro y del gato, Manual de Oftalmología en pequeños animales 2ª Edición, Fundamentos de Oftalmología Veterinaria 4ª Edición, Veterinary Ophthalmology 2ª, 4ª y 5ª Ediciones y otros libros de elevada importancia dentro de la especialidad.
- **Artículos de bases de datos científicas** como Elsevier, Google Académico y Science Direct.
- **Portales web de buscadores de artículos científicos:** PubMed (US National Library of Medicine National Institutes of Health), BMC Veterinary Research (Biomed Central), AVEPA (Asociación de Veterinarios Españoles Especialistas en Pequeños Animales) o Alcorze entre otros. Las palabras clave de las búsquedas realizadas han sido lens, cataracts, dogs y ophthalmology.
- **Artículos de revistas científicas:** American Journal of Veterinary Research, The Journal of Veterinary Ophthalmology, The Journal of Small Animal Practice, Investigative Ophthalmology & Visual Science, The Veterinary Record, The International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine y The Journal of Comparative Pathology.
- **Ilustraciones:** se han introducido en el trabajo imágenes provenientes de artículos y libros científicos de manera explicativa que acompañan al texto además de ilustraciones sacadas de páginas web contrastadas con el fin de facilitar la comprensión del texto y el trabajo.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 6.1 Cataratas

Las cataratas por definición son “la pérdida de transparencia, parcial o total de alguna parte del cristalino, de sus cápsulas o de ambos, dando un aspecto blanquecino a la lente, aunque en algunas ocasiones se puede observar de color azulado, marrón o incluso rojizo” (Martín, 2007).

Pueden además tener distintas presentaciones, siendo uni/bilaterales y pudiendo aparecer en distintas formas (fisuras, puntos, rayas, rosetas, etc.).

La transparencia dentro de la lente se mantiene gracias a una serie de complejos factores, entre ellos: una baja densidad citoplasmática, la falta de orgánulos intracelulares y de núcleos celulares en las fibras del cristalino, pequeñas fluctuaciones espaciales en el índice de refracción del citoplasma de sus células y la disposición de sus fibras.

Así pues, la alteración de cualquiera de estos factores terminará desencadenando una cascada de reacciones que finalmente ocasionará la pérdida de transparencia, en mayor o menor medida, del interior del cristalino, con su correspondiente pérdida de nitidez y visión conforme progresa. Esto es lo que conocemos como cataratas.

Las fluctuaciones espaciales que se producen en el índice de refracción del citoplasma de las células del cristalino son tan pequeñas que la luz que se dispersa tras el paso por las fibras es mínima. Estas fluctuaciones dependen de la estructura molecular de las células, que se ven alteradas por variaciones en el volumen y la concentración de la fracción proteica, siendo esta última dependiente de la hidratación, las fuerzas iónicas y el metabolismo de celular. Así pues, el inicio de la pérdida de transparencia del cristalino, y, por lo tanto, el aumento progresivo de la opacidad, se debe a la alteración de alguno o varios de estos factores. Generalmente, conforme avanza la edad, el factor desencadenante de la opacidad se debe a pequeños cambios en las proteínas que conforman la lente y que terminan desencadenando su proteólisis (Gelatt, et al., 2013).

Estudios han demostrado que una parte de las cataratas producidas por alteraciones en el metabolismo proteico se deben originalmente al aumento del peso molecular de sus proteínas, es decir, al crecimiento relativo de proteínas insolubles (albuminoides), y una disminución relativa de las proteínas solubles (cristalinas). Este proceso se lleva a cabo debido a las propiedades antigénicas de las proteínas del cristalino principalmente. Al reaccionar el sistema inmune frente a ellas y destruirlas disminuye su número y altera la composición del cristalino y del líquido que lo baña (Javier Marrugo, 1992).

En este momento, la actividad enzimática se ve aumentada, tanto hidrolítica como proteolítica, perdiéndose proteínas de bajo peso molecular y aumentando el contenido hídrico (lo que hace que el cristalino se vuelva blanco). Una degradación todavía mayor permite la pérdida de aminoácidos, polipéptidos y agua, haciendo que el cristalino se encoja y originando las denominadas cataratas hipermaduras (N.Gelatt, 2003).

Se ha demostrado a través de técnicas inmunológicas bastante sensibles y muy específicas la existencia de anticuerpos anti cristalininas de manera significativa en poblaciones con cataratas (I. I. Angunawela. , 1987) (Hackett & Thompson, 1964). Al mismo tiempo, se ha visto que cambios covalentes producidos en las proteínas alfa cristalininas durante el proceso de formación de las cataratas conllevan un aumento en la afinidad de los anticuerpos frente a ellas, lo que facilita el proceso (Takemoto, et al., 1989).

Experimentalmente se observó que dichas propiedades antigénicas son organoespecíficas, por lo que al inocular animales de experimentación con proteínas del cristalino de otra especie se producen cambios inflamatorios en el cristalino, sugiriendo cierta similitud en la configuración de las proteínas alfa cristalininas en diferentes especies (Javier Marrugo, 1992).

No obstante, la etiología autoinmune es solo una de las causas que terminan produciendo la formación de cataratas, habiendo otras causas como aspectos hereditarios, condiciones metabólicas y alteraciones ambientales que pueden terminar influyendo sobre su producción.

## *6.2 Clasificación y etiología de las cataratas.*

### *6.2.1 Clasificación*

Las cataratas se pueden clasificar de cuatro maneras distintas atendiendo a cuatro características de las mismas:

- ❖ Según su localización pueden ser: capsulares, entre las cuales se diferencian anteriores y posteriores, subcapsulares, corticales, nucleares, ecuatoriales, polares, axiales o suturales.
- ❖ Según su grado de maduración las divide en incipientes o tempranas, inmaduras, maduras o hipermaduras. La cápsula anterior se mantiene lisa en todos los casos excepto en las hipermaduras, en cuyo caso se observa ya arrugada. El reflejo tapetal se mantiene hasta las maduras, aunque en las hipermaduras puede haber reflejo tapetal.
- ❖ Dependiendo de la edad a la que aparecen se pueden clasificar en congénitas (si aparecen al nacer), infantiles (a temprana edad), juveniles o seniles.
- ❖ Según su ritmo de progresión podemos encontrarnos con cataratas progresivas o no progresivas.

### 6.2.2 Etiología. ¿Qué origen pueden tener las cataratas?

Como se ha comentado con anterioridad, las cataratas tienen etiología multifactorial y además muy diversa. Cualquier alteración en la nutrición del cristalino, en su metabolismo o en su balance osmótico puede terminar favoreciendo la aparición de esta afección, por acidificación del medio o por descenso en la oxigenación de sus células. En un primer momento, lo que se va a producir es una intumescencia debido a la captación excesiva de agua seguida de la deshidratación de sus células, lo que termina dando lugar a la opacidad en el cristalino.

En la siguiente tabla se quiere representar la gran variedad etiológica con la que cuentan las cataratas al mismo tiempo que se explica con ejemplos, que pueden ser los motivos originales de consulta:

ETIOLOGÍA	EJEMPLO
<b>Traumáticas</b>	Arañazos, contusiones, cuerpos extraños que penetren en la córnea, ...
<b>Metabólicas</b>	Hipocalcémicas, deficiencias en Arginina, diabéticas, ...  Dentro de este grupo, las diabéticas son las más importantes, se producen debido al aumento de la concentración de sorbitol, un metabolito de la glucosa, en el humor acuoso, que provoca un gradiente osmótico que favorece la entrada de agua al interior del cristalino
<b>Tóxicas</b>	Radiaciones, fenoles y otros agentes.
<b>Hereditarias</b>	Es el caso de las cataratas congénitas y juveniles, teniendo mayor predisposición a ello razas como Cocker Spaniel, Old English Sheep-dog, Golden Retriever, Labrador Retriever, Pastor Alemán y Schnauzer Miniatura.
<b>Secundarias a otras causas</b>	Uveítis, glaucoma, ...

Tabla 1: Cuadro resumen, etiología de cataratas (Referencias obtenidas de los libros: (Martín, 2007) (Petersen-Jones & Crispin, 2002)





*Ilustración 5: Catarata diabética. Imagen cedida y realizada por María Eugenia Lebrero Berna.*



*Ilustración 6: Catarata Inmadura. Imagen cedida y realizada por María Eugenia Lebrero Berna.*



*Ilustración 7: Catarata Madura. Imagen cedida y realizada por María Eugenia Lebrero Berna.*



*Ilustración 8: Catarata Hipermadura. Imagen cedida y realizada por María Eugenia Lebrero Berna.*

### 6.3 Consecuencias visuales.

Clínicamente las deficiencias visuales que presentan las cataratas son muy variables, dependiendo de la percepción del propietario y del propio animal, con gran influencia de la actividad individual del paciente y la agudeza del resto de sus sentidos (N.Gelatt, 2003).

En la mayoría de los casos, lo que el dueño observa son cambios comportamentales, como timidez o por ejemplo que el perro se vuelve incapaz de coger la pelota. Estos cambios son más notables si afectan a ambos ojos. En caso de ser defectos unilaterales, es posible que las alteraciones sean insuficientes para que el dueño termine dándose cuenta del problema.

Puede ser importante preguntar al dueño si el perro ha tenido mala visión nocturna durante el desarrollo de la catarata dado que puede indicar que sufre además una degeneración progresiva de conos y bastones (Ofri, et al., 2009).

Frecuentemente, los cambios etológicos asociados a la pérdida de visión no se manifiestan hasta que la pérdida es de entre el 40 y 50 % e, incluso entonces, si no están afectados ambos cristalinos es difícil de detectarlos. Además, la respuesta de amenaza no se pierde hasta que la catarata es prácticamente completa (N.Gelatt, 2003).

El grado de discapacidad visual de una catarata depende de su localización y de la gravedad de su opacidad. Por ejemplo, una catarata pequeña en el centro del eje visual interfiere en la visión de una pupila pequeña, pero tiene menor efecto si esta se encuentra dilatada, es por este motivo que los propietarios a menudo se dan cuenta de que perros con estas características ven mejor en condiciones de menor iluminación que si les da la luz del sol (Ofri, et al., 2009).

### 6.4 Signos clínicos de las cataratas.

Para evaluar correctamente el cristalino es necesario dilatar la pupila, de esta manera evitamos pasar por alto cambios corticales periféricos y opacidades capsulares próximas al ecuador. Para ello se puede administrar tópicamente tropicamida al 1% tras la exploración inicial y a los 10 minutos repetir para conseguir la midriasis apropiada a los 20 minutos.

Para observarlas podemos utilizar una fuente de luz focal y una lupa binocular, aunque en ocasiones, ver la luz reflejada en el *tapetum lucidum* puede ser muy útil. Mediante este

método denominado retroiluminación, cualquier opacidad del cristalino se verá más oscura que sus alrededores (Ofri, et al., 2009).

A excepción de las cataratas de origen diabético que tienen una progresión muy rápida, es muy difícil predecir cómo evolucionarán las cataratas de nuestros pacientes y en qué medida y ritmo lo harán, no obstante, la mayoría de las cataratas inmaduras progresan hasta llegar a cataratas maduras.

Cuando las cataratas se vuelven maduras empieza la descomposición y escape de proteínas, lo que se conoce como reabsorción del cristalino. Los signos de reabsorción son los siguientes:

- Aparecen pequeños cristales brillantes y placas blancas multifocales, originados por la descomposición proteica.
- La cámara anterior profundiza y la superficie del iris se vuelve cóncava a medida que disminuye el volumen del cristalino.
- Disminuye el diámetro y grosor del cristalino.
- Se produce fruncimiento de la cápsula anterior del cristalino.
- Aparecen signos de uveítis inducida por cataratas.

Se ha observado que estos signos de reabsorción son mayores en pacientes jóvenes, pero, también que se puede mejorar la visión con el uso de midriáticos como atropina al 1% cada 2-3 días (Ofri, et al., 2009).

### *6.5 Complicaciones de las cataratas no tratadas*

En perros jóvenes de razas como Caniche Toy, Schnauzer Miniatura y Cocker Spaniel se ha visto que puede ocurrir la reabsorción espontánea del material cataratoso del cristalino, lo cual tampoco es muy frecuente. Lo que sí ocurre con mayor incidencia es la uveítis, que puede terminar produciendo en estos individuos de forma refleja glaucoma y formación de *ptisis bulbi* (atrofia intraocular) (N.Gelatt, 2003)

En perros con cataratas hipermaduras se ha observado un incremento de la frecuencia de degeneración vítrea ocular y de desprendimiento de retina. Al mismo tiempo, su presencia durante tiempos prolongados supone un riesgo de subluxación o luxación de cristalino, con sus complicaciones secundarias asociadas (N.Gelatt, 2003).

## *6.6 Tratamiento. ¿Se puede tratar, es urgente, cómo se trata?*

Para el tratamiento de las cataratas se han descrito tanto métodos médicos como quirúrgicos.

Debido a la rápida o muy rápida progresión que pueden tener las cataratas de origen diabético, que pueden producir la pérdida de visión en cuestión de pocos días, y a que pueden madurar en muy poco tiempo, este tipo de cataratas son tratadas como urgencias, de este modo, se evitan también la aparición de posibles complicaciones que suelen ir muy asociadas a este tipo de progresión, como por ejemplo uveítis, glaucoma o luxación del cristalino (Ortíz, et al., 2012)

### *6.6.1 Tratamiento médico.*

En las fases iniciales, sobre todo si está situada en el eje visual, o en fases avanzadas de reabsorción, se puede aplicar un tratamiento con midriáticos para mejorar la visión. Si las cataratas tienen origen diabético se pueden tratar con inhibidores de la aldosa-reductasa, los cuales han demostrado detener, enlentecer e incluso revertir la progresión de este tipo de cataratas (Ofri, et al., 2009).

Como la oxidación también es un factor influyente en la patogenia de esta enfermedad, se ha propuesto también el uso de antioxidantes para parar y revertir el proceso.

Actualmente se están probando tratamientos con vitamina E-selenio, ya sea de manera tópica o sistémica, superóxido dismutasa, carnosina o citrato de cinc para la resolución de las cataratas caninas, pero ninguno de ellos ha demostrado ser eficaz en estudios clínicos controlados (N.Gelatt, 2003).

No obstante, todos estos fármacos solo han demostrado producir cambios marginales en las cataratas, no curarlas, y hasta que se encuentre un tratamiento médico eficaz frente a ellas que las elimine, la mejor opción seguirá siendo la cirugía.

### *6.6.2 Tratamiento quirúrgico.*

Actualmente se describen cuatro métodos de corrección quirúrgica de las cataratas oculares: irrigación y aspiración, extracción extracapsular de la catarata (ECCE), extracción intracapsular y facoemulsificación.

El método de irrigación y aspiración se basa en el uso de la punta de irrigación/aspiración. Este método es muy útil para retirar restos de cataratas de zonas menos accesibles para otras herramientas como la punta de facoemulsificación, pero pierde eficacia frente al núcleo, que es mucho más resistente. Actualmente se utiliza tras la facoemulsificación, eliminando los fragmentos pequeños remanentes del borde capsular posterior, la zona ecuatorial y los bordes de la incisión.

La técnica de extracción extracapsular extrae la catarata entera, es decir, el cristalino entero, casi siempre de una sola pieza. Para ello, se debe realizar una incisión mucho mayor (Gelatt & Gelatt, 2011). Si bien es cierto que el método ECCE es más económico, también se ha descrito que puede dar lugar a un mayor astigmatismo inducido a largo plazo en comparación con la facoemulsificación y al mismo tiempo necesita de una rehabilitación visual más alargada en el postoperatorio. Además, los pacientes deben volver a la clínica para retirar las suturas dado que se usan no reabsorbibles y si se dejan pueden empeorar la agudeza visual tras la cirugía (R de Silva, et al., 2014)

Se ha demostrado también que al realizarse la extracción extracapsular se produce la transformación del tejido epitelial residual en fibroblastos, los cuales contienen elementos contráctiles y están asociados a la deposición de colágeno, contribuyendo a generar una nueva opacidad con el tiempo (Cobo, et al., 1984).

A diferencia de la ECCE, la extracción intracapsular no hace distinciones entre capsula y cristalino, y a través de una única incisión en la córnea, se extrae la cápsula con el cristalino y la catarata en su interior (Mendicute & Lorente, 2008) (Gelatt & Gelatt, 2011).

Así pues, la facoemulsificación es la mejor opción para la resolución quirúrgica de las cataratas, no solo por el uso de ultrasonidos para fragmentar el cristalino y minimizar el daño, sino también porque se puede combinar con el resto de métodos, dado que es una técnica extracapsular de alta precisión que, a su vez, permite el uso de la irrigación/aspiración para aquellas regiones más delicadas y con mayor riesgo de dañarse (Gelatt & Gelatt, 2011)

### *6.7 Selección del caso quirúrgico.*

Debe quedar claro que no todos los animales con cataratas son buenos pacientes para la cirugía. Es por este motivo que deben cumplirse los siguientes requisitos:

- El ojo afectado debe tener un déficit visual significativo. Si bien es cierto que hay debate sobre la madurez que deban tener las cataratas para la operación, también lo es que la cirugía es más fácil en las fases tempranas de inmadurez, cuando la uveítis postoperatoria es menor. No obstante, si no hay un déficit visual suficiente, como ocurre en las fases inmaduras, es difícil justificar un proceso quirúrgico que no garantiza el éxito total.

Estudios retrospectivos realizados en pacientes sometidos a facoemulsificación para la resolución de cataratas demuestran una tasa de éxito más alta cuando se trata de cataratas inmaduras que cuando son ya maduras o hipermaduras, lo cual es un factor a tener en cuenta a la hora de elegir si realizar o no el procedimiento quirúrgico en cada paciente (Davidson, et al., 1990) (Sigle & Nasisse, 2006).

Dicho de otra manera, esperar a que la catarata sea demasiado madura no es recomendable, dado que el desarrollo de uveítis inducida por cataratas de manera simultánea afectará enormemente al pronóstico.

- Para que el paciente recupere la visión tras la cirugía, evidentemente, la retina debe estar sana y funcional, por lo que se debería explorar el fondo de ojo en las fases incipientes de la enfermedad. Además, antes de cualquier cirugía de cataratas se debe hacer una electrorretinografía que nos asegure que la retina sigue siendo funcional.
- Cualquier tipo de uveítis inducida por cataratas debe estar controlada previamente con corticoides o AINEs tópicos bajo la supervisión del cirujano.
- No debe coexistir ningún otro proceso patológico ocular, por lo que el ojo debe estar previamente explorado por un veterinario oftalmólogo experimentado.
- El paciente debe estar en buen estado de salud en general, no padecer enfermedades sistémicas y someterse a pruebas que aseguren que es un buen candidato para la anestesia.
- Deberemos asegurarnos de que el paciente puede seguir el tratamiento preoperatorio y postoperatorio y si el dueño será capaz de seguir las pautas de tratamientos, al mismo tiempo que debe estar dispuesto a asumir el coste y los esfuerzos que conllevan.
- Si el perro ya tiene edad avanzada, advertir al dueño que la senilidad, disfunción cognitiva, problemas motrices, etc. pueden influir tanto en el comportamiento del perro como lo hacía la catarata, y que, aunque la extracción sea exitosa, es posible que no se consiga la mejoría deseada.

## *6.8 Máquina de Facoemulsificación. Funcionamiento y conceptos.*

### *6.8.1 Fundamentos de la facoemulsificación.*

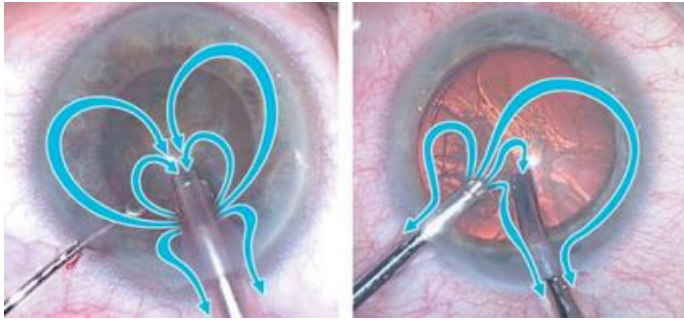
La facoemulsificación para la cirugía de cataratas requiere instrumental muy específico con dos funciones integradas: por un lado, posee un sistema de fluidos que se encargará de la irrigación, aspiración y refrigeración; por otro lado, también lo compone un sistema de ultrasonidos que fragmentará el cristalino (Mendicute & Lorente, 2008). Es posible encontrar nuevos modelos que además incorporen sistemas de cauterización o de vitrectomía que faciliten el trabajo (Gelatt & Gelatt, 2011).

El sistema de fluidos funciona creando un flujo en la cámara anterior del ojo permitiendo la entrada y salida de fluidos, permitiendo diseñar durante la cirugía la composición de la cámara anterior y manteniéndola estable. El cirujano oftálmico será el que controle la entrada y salida de la solución de Ringer lactato o de la Solución Salina mediante un pedal de control para mantener un balance entre la irrigación y la aspiración y así proporcionar un inflado suficiente del segmento anterior, facilitar la eliminación de los fragmentos del cristalino y enfriar la punta de ultrasonidos (Mendicute & Lorente, 2008) (Gilger, 1997) (Gelatt & Gelatt, 2011).

El flujo de irrigación, la cantidad de vacío para la aspiración y la amplitud de la vibración se controlan a través del pedal. Dicho pedal tiene tres posiciones: el primer nivel activa sólo el sistema de irrigación; el segundo nivel activa los sistemas de irrigación y de aspiración; y con el pedal completamente presionado se alcanza el tercer nivel, en el que se activan los sistemas de irrigación, aspiración y fragmentación (Gilger, 1997) (Mendicute & Lorente, 2008).

Hay dos formas principales descritas para llevar a cabo la facoemulsificación dependiendo del tamaño de las incisiones que se realicen y del material que se introducirá a través de estas: la facoemulsificación axial, que utiliza una única incisión a través de la cual se introduce la punta de ultrasonidos y el manguito de irrigación asegurando el aporte de fluidos a la cámara anterior y generando estabilidad y refrigeración; y la facoemulsificación bimanual, que requiere de dos incisiones por las que se introduce, por un lado la punta de facoemulsificación y por la otra incisión el sistema de irrigación (Mendicute & Lorente, 2008).





*Ilustración 9: Tipos de facoemulsificación. A la izquierda modelo axial. A la derecha modelo bimanual. Ilustración sacada de: Cirugía de Catarata, libro de Mendicute y Lorente.*

### 6.8.2 Aspiración y vacío.

El sistema de aspiración y vacío es un elemento fundamental en los aparatos de facoemulsificación y debe su funcionamiento a sistemas de bombas. Se han desarrollado tres tipos de bombas diferentes para la facoemulsificación, y cada una tiene ciertas ventajas y limitaciones:

- Las bombas de flujo o peristálticas, en las que se puede ajustar tanto el flujo como el nivel de vacío, a través de una consola o de un pedal. Mediante un sistema de rodillos se ocluye el tubo generando presión y con esta vacío. Este vacío depende de su velocidad; cuando el sistema se mueve lentamente el vacío es muy limitado. Sin embargo, a velocidades más rápidas con este tipo de bomba, el nivel de vacío es mayor (Mendicute & Lorente, 2008).
- Las bombas de vacío, entre las que se encuentran las bombas Venturi y de membrana, son sistemas más avanzados, y ambos proporcionan caudales rápidos y tiempos de vacío rápidos. La bomba Venturi utiliza un mecanismo de gas comprimido que pasa a través de un tubo con una pequeña abertura sobre una cámara de presión o de goteo. Con el aumento de las tasas de gas comprimido y actividad de la bomba, los niveles de vacío aumentan simultáneamente (Mendicute & Lorente, 2008).
- Las bombas híbridas son una mezcla entre los sistemas de bombas de vacío y los sistemas de bombas de flujo, con la posibilidad de conseguir un nivel de vacío muy específico (Mendicute & Lorente, 2008).

Dado que estas tres bombas funcionan con principios diferentes, proporcionan diferentes tasas de flujo de fluido, niveles de vacío y tiempos de subida. Las bombas Venturi y de membrana son más sensibles a los cambios de presión y el cirujano debe apreciar que estos cambios pueden producirse en fracciones de segundo. La bomba de flujo ofrece una respuesta más lenta y la presión de vacío se ve influenciada por la velocidad de infusión; es decir, las tasas de irrigación más altas crean niveles de vacío más altos (Gelatt & Gelatt, 2011).



Por otro lado, la unidad de aspiración elimina los fragmentos del cristalino y los líquidos de la cámara anterior a través de un orificio en la sonda de ultrasonidos y está conectada por medio de tubos a un depósito de recogida. En la aspiración, otros dos principios van a ser importantes: la ventilación y la inversión de la aspiración. En la ventilación, el vacío se alivia con el pedal y cesa antes de que se detenga la irrigación, permitiendo al cirujano liberar fragmentos del cristalino, la cápsula del cristalino o el vítreo que obstruyan la aguja de ultrasonidos. La inversión de la aspiración se refiere a la inversión del mecanismo de la bomba para que los fragmentos que taponan temporalmente la aguja ultrasónica de facoemulsificación y se bombean activamente desde el sistema de aspiración dentro de la aguja ultrasónica. (Gelatt & Gelatt, 2011).

Su punta es suavemente redondeada, y la aspiración se produce en los puertos laterales. La irrigación se produce a 90 grados de los de los puertos de aspiración para facilitar el movimiento de los fragmentos del cristalino hacia los puertos de aspiración (Gelatt & Gelatt, 2011).

### *6.8.3 Irrigación de fluidos a la cámara anterior*

Para la irrigación de la cámara anterior se necesita un sistema de infusión de Ringer Lactato o Solución Salina acompañados de heparina y una bomba. La heparina es fundamental para evitar la formación de fibrina durante la cirugía (Gelatt & Gelatt, 2011). En los modelos más antiguos, el recipiente con la heparina y la solución se ponía a distintas alturas para subir o bajar la velocidad de irrigación conforme era necesario, en los modelos actuales se controla a través de una bomba conectada a un pedal, lo que facilita su uso. No obstante, aún hay muchos modelos que usan la altura de la botella del fluido para controlar el volumen de irrigación (Mendicute & Lorente, 2008).

### *6.8.4 Sistema de corte por ultrasonidos.*

La pieza de mano de ultrasonidos se encarga de generar la energía necesaria para fragmentar el material del cristalino en múltiples y pequeños trozos que puedan ser posteriormente aspirados. El sistema ultrasónico piezoeléctrico es ligero, duradero y requiere menos energía, y tiene una frecuencia de velocidad extremadamente alta. La potencia de la pieza de mano ultrasónica viene determinada por varios factores, entre ellos: la frecuencia de vibración, la amplitud o la longitud, la forma y el filo de la punta de la aguja, la aspiración y la resonancia (Gelatt & Gelatt, 2011) (Gilger, 1997) (Mendicute & Lorente, 2008).

### 6.8.5 Aguja de ultrasonidos.

La aguja de ultrasonidos está disponible con diferentes biseles (0 o romo, 15, 30 y 45 grados de inclinación) como se muestra en la *Ilustración 6*. Con experiencia limitada en la técnica, se recomienda el uso del bisel de aguja de 15 permitiendo esculpir el cristalino de forma lenta y segura, no obstante, es más fácil que se ocluya con los fragmentos del cristalino que se desprendan y es más difícil introducirla en la cámara anterior a través de la incisión corneal.

La aguja de bisel a 45 grados se recomienda para las cataratas más duras, y la aguja de bisel a 30 grados para las cataratas más blandas. La de 45, además de ser la más rápida esculpiendo el cristalino, también es capaz de llegar hasta la cámara posterior con mayor facilidad (Gelatt & Gelatt, 2011).

Dado que la aguja de ultrasonidos genera calor, puede provocar daños térmicos, es por este motivo que se han diseñado modelos con maguitos adicionales que permitan que los líquidos de irrigación fluyan alrededor de la aguja y disipen el calor (Gelatt & Gelatt, 2011).

Las burbujas de cavitación son un peligro añadido de la cirugía que se originan por presiones y temperaturas elevadas y radicales libres que pueden dañar el endotelio corneal. Aparentemente, se forman en el camino de vuelta de las vibraciones emitidas por la aguja de ultrasonidos. Una mayor potencia y mayor superficie de la punta provocan más burbujas de cavitación. También se han descrito en la unión de la aguja y su pieza de sujeción en dispositivos de rosca abrupta o cuadrada (Gelatt & Gelatt, 2011).

Dichas burbujas disminuyen el contacto entre la aguja y el tejido del cristalino, reduciendo así la capacidad de corte e interfiriendo en la visualización de la cámara anterior y la catarata. Como prevención se puede usar menor potencia con agujas pequeñas y biseles limitados, además, las nuevas agujas tienen uniones cónicas que no forman burbujas y pueden usarse en incisiones de hasta 2,7 mm de diámetro.

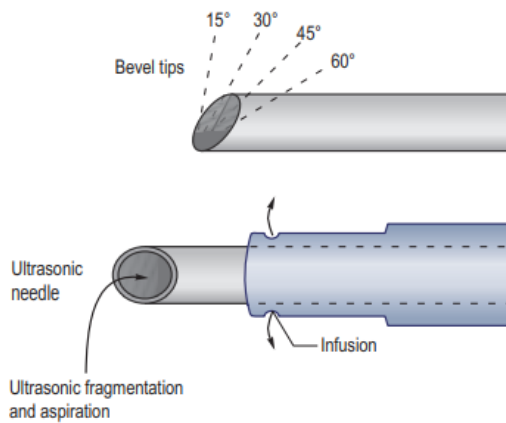


Ilustración 10: Punta de aguja de ultrasonidos y ángulos. Imagen obtenida de *Veterinary Ophthalmic Surgery* (Gelatt)

### 6.9 Anestesia y bloqueos previos a la cirugía

Para realizar cualquier tipo de cirugía intraocular en el perro es necesaria la anestesia general del paciente, además, no es obligatorio, pero se puede realizar el bloqueo peribulbar superior e inferior, el palpebral temporal inferior y también el bloqueo retrobulbar. Además, para poder intervenir el globo ocular de manera adecuada hay una serie de requisitos oftalmológicos como, por ejemplo, la fijación central del globo ocular, la relajación de los músculos extraoculares y el mantenimiento de la presión intraocular normal. Para conseguirlo, por norma general se usan agentes neuromusculares, con el inconveniente de que pueden terminar produciendo apnea y acidosis respiratoria, y en poco tiempo evolucionar hasta hipoxemia y muerte en algunos casos (Gelatt & Gelatt, 2011).

Con el objetivo de minimizar estos efectos secundarios se realizó un estudio en 2008 que planteó el uso de ketamina intravenosa en la fase de mantenimiento en lugar de gases como el isoflurano. En dicho estudio emplearon como medicación preanestésica atropina; xilazina y diazepam en la inducción y ketamina (5 mg/kg IV) junto con diazepam en mantenimiento. Los resultados mostraron que en todos los casos la exposición del globo ocular era la adecuada, además, este presentaba posición central. No obstante, en un caso se dio que la membrana nictitante había obstruido la córnea, pero tras retraerse y suturarse no hubo ningún problema. La presión intraocular también fue la adecuada y no se registraron incidencias durante ninguna de las cirugías (Hazra, et al., 2008).

## 6.10 *Procedimiento quirúrgico.*

### 6.10.1 *Incisión.*

Se han descrito varias formas de realizar la incisión. Cuando el abordaje es a través del limbo (incisión limbal) se suele hacer en dos pasos. El primer paso es realizar una incisión corneal periférica perpendicular a la esclerótica. Debe tener entre 2,7 y 2,2 mm de longitud y ser suficiente para acomodar el diámetro de la punta de facoemulsificación y, si está indicado, el diámetro de la lente intraocular. Esta primera incisión parcial se lleva a cabo con la cuchilla de microcirugía (50-70% del grosor de la córnea). El segundo paso es crear una incisión biselada en forma de media luna que llegue hasta la cámara anterior (Gelatt & Gelatt, 2011).

Si la entrada a la cámara anterior es posterior a la membrana de Descemet, hay una mayor probabilidad de que la presión externa sobre la esclerótica produzca la separación de la herida y, por lo tanto, la fuga de humor acuoso. Se ha visto que dicha membrana actúa como una válvula de aleta, evitando la salida de líquido y el prolapso de iris intraoperatorio (Linebarger, et al., 1999).

El segundo tipo de incisión se denomina escleral y se hace en pacientes con bajos recuentos de células endoteliales corneales preoperatorios, no obstante, es más grande y conlleva más problemas intraoperatorios además de requerir fuertes suturas (Linebarger, et al., 1999).

Si se prevé la implantación de una lente intraocular, la incisión corneal final será de unos 8-10 mm de longitud, y se ampliará después de que se haya completado la facoemulsificación. Con una lente intraocular acrílica plegable, todo el procedimiento puede realizarse a través de una incisión de 3-4 mm de diámetro (Gelatt & Gelatt, 2011).

Si se planifica una facoemulsificación a dos manos, se realiza una segunda incisión corneal de 1 mm a unos 80-90 grados de la primera incisión. A través de este segundo acceso podemos usar instrumentos como el manipulador nuclear y los agentes viscoelásticos.

Si la incisión corneal, que de normal es de unos 2,5 mm, es demasiado pequeña, se ha visto que provocan daño directo a los tejidos corneales y un mayor edema postoperatorio. Sin embargo, una entrada demasiado grande provoca una fuga excesiva de los líquidos de irrigación y dificultad para mantener el inflado de la cámara anterior, además, los líquidos adicionales provocan una pérdida innecesaria de células endoteliales en la córnea (Gelatt & Gelatt, 2011).

### 6.10.2 Viscoelásticos.

El uso de agentes viscoelásticos durante la cirugía permite al cirujano estabilizar y mantener espacios donde trabajar, proteger estructuras intraoculares, realizar correctamente la capsulorexis y facilitar la implantación de la lente intraocular. En adición, también se ha visto que ofrecen protección contra el daño endotelial de la córnea causado por los radicales libres que se forman en la cámara anterior durante la facoemulsificación (Linebarger, et al., 1999).

Los agentes viscoelásticos pueden dividirse a grandes rasgos en tres grandes grupos: dispersivos, cohesivos y adaptativos; dependiendo del tamaño molecular que tengan, la carga negativa de sus moléculas y el grado de plegamiento de su estructura terciaria (Curso Oftalmología, s.f.).

- Los dispersivos tienen la peculiaridad de que sus moléculas se dispersan con facilidad, lo que hace que tengan muy poca viscosidad y difundan con facilidad. Son muy útiles como recubrimiento y para la protección endotelial (Curso Oftalmología, s.f.). Entre los que más se utilizan dentro de este grupo son compuestos que combinan hialuronato sódico y sulfato de condroitina.
- Los viscoelásticos cohesivos en cambio son muy viscosos y son buenos para crear y mantener espacios quirúrgicos donde trabajar. Como sus moléculas tienden a agregarse, se pueden retirar con relativa facilidad, lo cual es importante, dado que, de no retirarse, pueden producir distensión del saco capsular e incluso glaucoma (Curso Oftalmología, s.f.).

En cambio, (Arshinoff, 2010) describe cuatro tipos de comportamiento de estas soluciones: por un lado están las soluciones newtonianas con viscosidad constante; las soluciones plásticas son el segundo grupo, cuya viscosidad aumenta conforme disminuye la velocidad de cizallamiento; las soluciones pseudoplásticas son similares al grupo anterior, pero su viscosidad aumenta hasta un límite; y por último los fluidos dilatantes, cuya viscosidad aumenta conforme lo hace la velocidad de cizallamiento.

Un estudio laboratorial acerca del daño producido al endotelio por burbujas de aire demostró que el hialuronato de sodio y el sulfato de condroitina proporcionaban mayor protección durante la evaluación microscópica electrónica de barrido de muestras de endotelio (Rainer, et al., 2005), convirtiendo al grupo de los dispersivos en los viscoelásticos de elección cuando se trata de evitar el daño endotelial.

### 6.10.3 Capsulotomía y capsulectomía anterior o capsulorrexis.

El término capsulorrexis hace referencia a la técnica quirúrgica por la cual se crea una apertura de forma circular en la capsula anterior del cristalino, a través de donde se extraerá la catarata y posteriormente se introducirá la lente intraocular. Dicho defecto se crea manteniendo un borde continuo, evitando irregularidades en su margen. Está comprendida por dos procesos, primero se realiza la capsulotomía anterior (se incide) y posteriormente capsulectomía parcial (se elimina un trozo de la cápsula para crear un defecto de abordaje) (García, 2018).

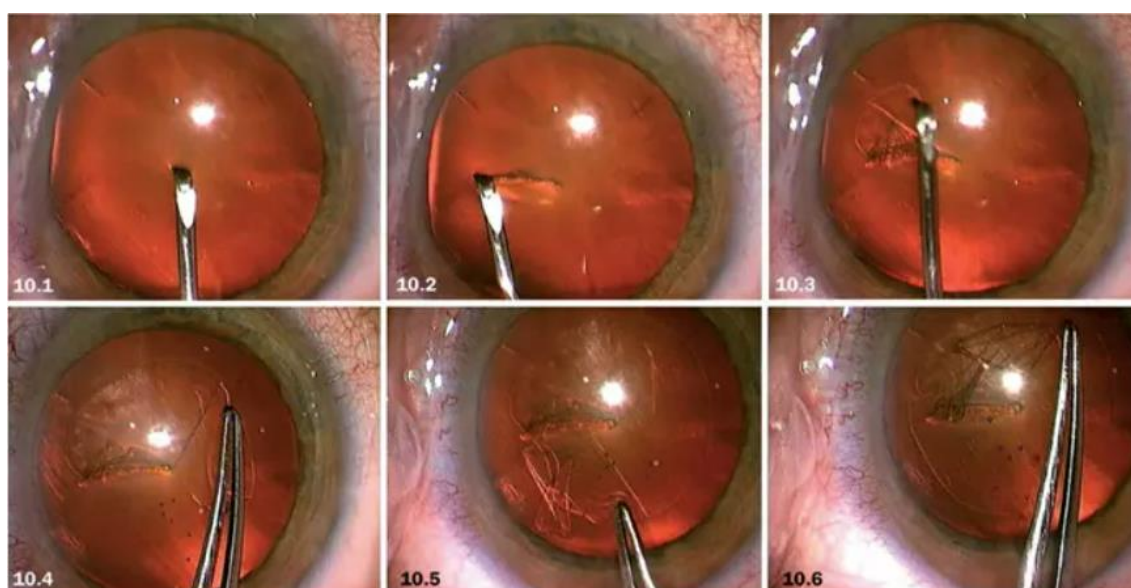


Ilustración 11: Capsulorrexis paso a paso. Imagen obtenida de Clínica Rementería (2022). Disponible en: <https://www.clinicarementeria.es/academy/introduccion-la-capsulorrexis-la-cirugia-la-catarata.html>

En la ilustración 11 se describe el procedimiento de capsulorrexis paso a paso. En primer lugar (10.1) se punciona el centro capsular (capsulotomía anterior), a continuación, se realiza un desgarro lineal a partir de la incisión inicial hacia la periferia (10.2). Seguidamente, se procede a realizar un colgajo a partir del cual se creará el defecto circular por el que tendrá lugar la extracción de la catarata (10.3-10.5). Finalmente, se extrae el total del tejido seccionado (capsulectomía) (10.6).

Conforme ha ido ganando importancia la técnica de facoemulsificación entre las técnicas de resolución quirúrgicas de cataratas y la posterior introducción de la lente intraocular, se ha evidenciado la necesidad de mejorar la técnica empleada de capsulorrexis. En determinadas cirugías todavía se realiza por agarre y tracción con las pinzas extracapsulares, como se ha descrito con anterioridad (Ilustración 11), dado que es un paso que no presenta complicaciones. No obstante, al realizarse de manera arbitraria presenta un comportamiento muy impredecible y a veces hasta frustrante, y el defecto resultante no siempre posee las dimensiones deseadas.

Con las nuevas técnicas de facoemulsificación se ha demostrado que es preferible que el defecto resultante tenga un diámetro exacto, suficientemente amplio para permitir realizar la facoemulsificación e implantar la lente, pero al mismo tiempo, del menor tamaño posible para retener la lente de manera indefinida. Para ello, el diámetro de la capsulectomía debe ser 1 mm menor que el diámetro de la lente a implantar (Neuhann, 2004).

Actualmente hay dos métodos principales para llevarla a cabo: la capsulorrexis curvilínea continua (CCC) y el método del “abrelatas”; aunque al ser la primera técnica menos traumática y más rápida se considera de elección. No obstante, es posible realizar el método del abrelatas y posteriormente una CCC sobre los bordes para que queden más regulares (Gimbel, 2007).

Como visualizar los bordes de la capsulorrexis puede ser complicado, se recomienda el uso de mayores aumentos del microscopio quirúrgico durante esta fase. Las tinciones con azul de tripán y verde de indocianina son muy útiles también dado que tiñen la cápsula facilitando su reconocimiento (Udaondo, et al., 2007).

#### *6.10.4 Hidrodissección.*

En la hidrodissección, se inyecta cuidadosamente Ringer lactato o una solución salina equilibrada entre la cápsula anterior del cristalino y la corteza con el objetivo de ablandar la corteza externa de la cápsula (Gelatt & Gelatt, 2011). Se considera un procedimiento esencial cuando se plantea realizar facoemulsificación extracapsular gracias a que separa las adhesiones cortico capsulares, es decir, separa el núcleo del cristalino de la cápsula que lo rodea (Spaeth, et al., 2012).

Este procedimiento es muy útil y recomendable cuando se planea usar la técnica a dos manos, pero menos deseable en el caso de que se quiera realizar la facoemulsificación coaxial con una sola mano (Gelatt & Gelatt, 2011). En ocasiones va seguida de un proceso denominado hidrodelineación, muy similar a la propia hidrodissección, que consigue liberar el endonúcleo y el epinúcleo proporcionando mayor seguridad durante la cirugía (Spaeth, et al., 2012).

Para llevarla a cabo, se introduce meticulosamente una cánula de 27g con una jeringuilla de 3 mL entre la cápsula anterior del cristalino y la corteza, a escasos milímetros del borde de la capsulotomía en dirección hacia el ecuador del cristalino (Gelatt & Gelatt, 2011). Cuanto más cerca del ecuador esté, más fácilmente pasará el fluido por detrás de la lente (Spaeth, et al., 2012). Se inyecta el líquido lentamente, primero a mayor presión hasta que se observe que empieza a salir líquido por el borde contrario de la sección.

#### *6.10.5 Facoemulsificación de la catarata.*

El procedimiento comienza tras realizar la capsulectomía anterior o capsulorexis y tras la hidrodissección. En este momento se introduce la pieza de mano de ultrasonidos a través de la incisión corneal. Se debe sujetar de manera que permita movimientos delicados, con el bisel de la aguja colocado hacia abajo o hacia el ojo para evitar que se enganche en el iris y se desprenda la membrana de Descemet.

El sistema de irrigación se debe activar durante la entrada de la aguja que se introduce hasta el interior de la catarata a través de la capsulectomía. Una vez allí, el bisel puede apuntar hacia arriba o abajo según prefiera el cirujano o según la posición que ocupe en el cristalino. Si se encuentra hacia abajo, complica la visualización del lugar de facoemulsificado, pero es menos probable dañar o penetrar la cápsula posterior del cristalino; si se coloca el bisel hacia arriba, el campo es completamente visible por el cirujano, pero se puede penetrar la cápsula posterior con mayor probabilidad.

Entonces da comienzo la nucleofraxis, que es la fragmentación y agrietamiento del núcleo del cristalino, la zona más antigua de este y resistente a la facoemulsificación. El núcleo además es la parte más grande y la que más tiempo requiere durante la cirugía. Cuando se subdivide el núcleo del cristalino, si se hace en fragmentos más pequeños, se reduce el tiempo, la energía del facoemulsificador y el daño potencial al ojo. Cuando la fragmentación resultante da lugar a grandes fragmentos, generalmente requiere de dos instrumentos para su retirada: la punta del facoemulsificador para aspirar y un instrumento complementario para dividir, rotar o manipular los restos del núcleo mientras todavía están dentro de la cortical. Es por este motivo que se está expandiendo el uso de la cirugía a dos manos.

Es importante recordar que la facoemulsificación de los fragmentos del cristalino dentro de la cámara anterior y cerca del endotelio debe evitarse en la medida de lo posible. Por otro lado, la adición de viscoelásticos durante la cirugía, así como previamente a la inserción de la lente intraocular proporcionan una excelente protección del endotelio corneal.

Hay gran variedad de métodos que permiten llevar a cabo la nucleofraxis del cristalino, aunque se pueden remarcar tres de ellos por su popularidad, simplicidad y repetibilidad:



- *Técnica divide y vencerás*

Tras realizar una hidrodisección adecuada se esculpe un cráter profundo en el centro del núcleo, dejando en la periferia el resto de material denso de la catarata que posteriormente será fracturado en múltiples trozos (Spaeth, et al., 2012).

El denso núcleo se fragmenta hasta que se llega al 70% de la profundidad de este. Es en este momento cuando hay que empezar a usar el manipulador de lentes para conseguir acercar la periferia hacia la punta del facoemulsificador. Conforme se avanza hacia el exterior del núcleo hay que tomar mayores precauciones hasta que se llega a los bordes, los cuales solo serán accesibles tras rotar la lente (Spaeth, et al., 2012) (Linebarger, et al., 1999).

Con ayuda del manipulador se consigue estabilizar la lente durante la ruptura del cristalino y la rotación del mismo. Para ello, se debe realizar una pequeña incisión de 1 mm en la córnea con 90 ° respecto a la incisión del facoemulsificador, a través de la cual se gira 90° el núcleo para realizar un segundo surco perpendicular al primero. A continuación, se esculpen las corticales en 4 o 6 trozos asemejándose a un pastel para posteriormente fragmentarlos de manera individual (HV, 1991) (Gelatt & Gelatt, 2011) (Linebarger, et al., 1999).

Este método es el más popular en la especie canina.

- *Técnica chip and flip.*

En esta técnica se realiza tanto la hidrodisección como la hidrodelineación, de esta manera, el núcleo central y el epinúcleo se pueden eliminar por separado. Se inicia esculpiendo una cazoleta central hasta que solo quede una pequeña placa de núcleo (que es lo que se llama “chip”). Con la ayuda de una segunda pieza de mano, se levanta y se retira el núcleo interior, que se encontraba más profundo (Spaeth, et al., 2012) (Linebarger, et al., 1999).

A continuación, con un rotador nuclear se voltea el núcleo del cristalino (lo que denominan “flip”), que se hallaba separado del epinúcleo, permitiendo fragmentarlo, de esta manera, la facoemulsificación se realiza siempre en la superficie externa de la catarata, minimizando así el riesgo de dañar la cápsula posterior del cristalino (Spaeth, et al., 2012) (Gelatt & Gelatt, 2011) (Linebarger, et al., 1999).

En caso de que el núcleo sea muy denso, hidrodisección e hidrodelineación no son necesarias, en su lugar, se esculpe un gran tazón y un surco en el núcleo central y epinúcleo y

posteriormente se fractura utilizando la punta de facoemulsificación y un rotador que divida en trozos el cristalino para su posterior fragmentación (Fine, 1991).

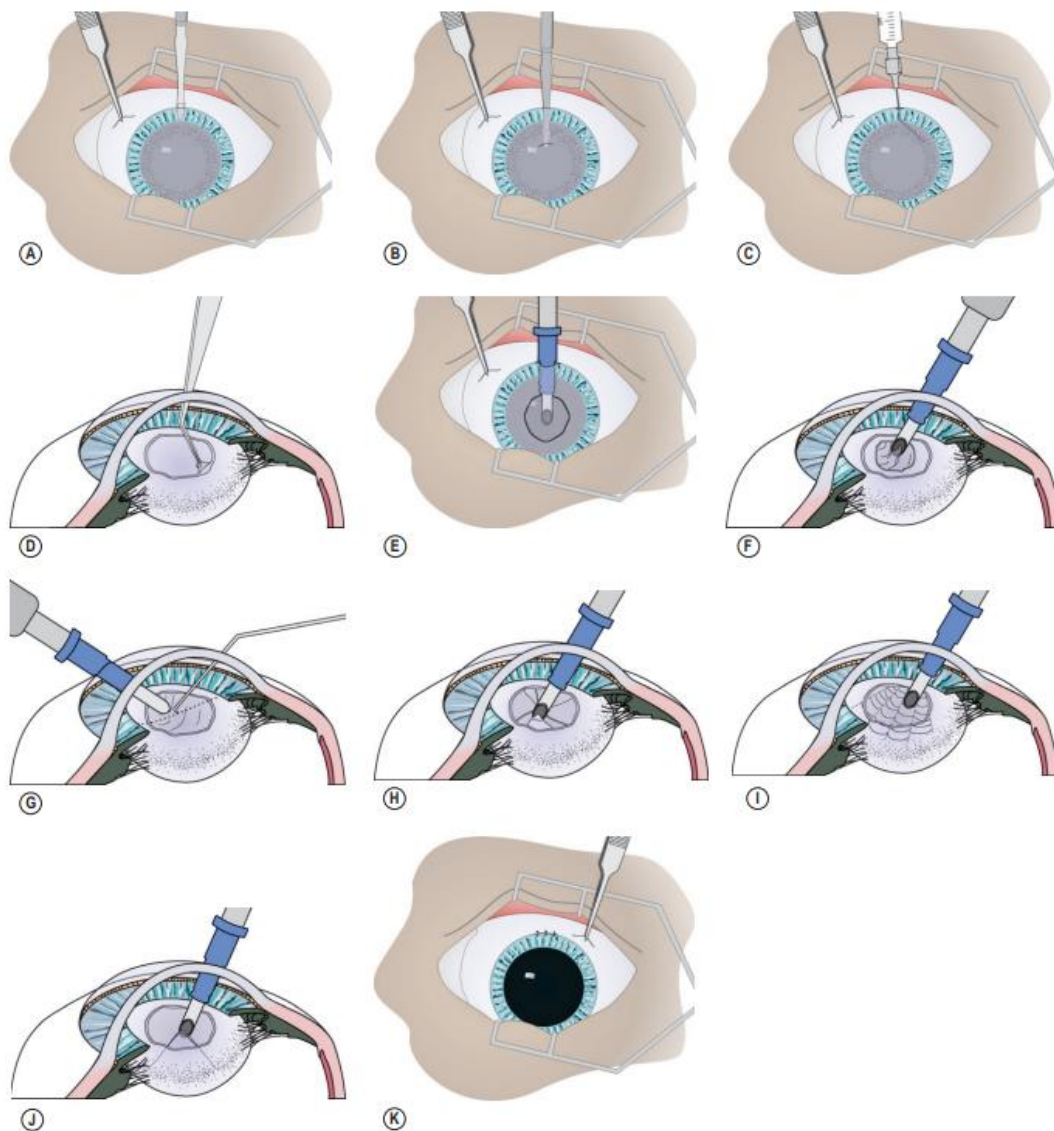
- *Técnica faco-chop.*

Este método utiliza la punta del facoemulsificador para “empalar” y un nivel elevado de vacío para sostener el núcleo del cristalino mientras se fija un segundo instrumento, el chopper, en el ecuador del cristalino y se tira de él centralmente. Con esta maniobra se consigue dividir el cristalino por sus planos naturales (Gelatt & Gelatt, 2011) (Linebarger, et al., 1999).

Por seguridad, la punta del “chopper” se introduce en el núcleo solo hasta la mitad del grosor. Dado que algunas corticales y núcleos son demasiado duros para picarlos o no se tiene suficiente espacio para que el instrumental pase entre la cápsula anterior del cristalino y la cortical adyacente, este tipo de técnica no es realizable en todos los pacientes (KP, 2002) (Maggio, et al., 2008).

Entre las complicaciones que puede acarrear se encuentra la incorrecta colocación de la punta de facoemulsificación o del instrumento de corte que, en caso de encontrarse en una posición errónea, pueden provocar desgarros en la cápsula anterior, diálisis de las zónulas o desgarros en la cápsula posterior (Warren, 2004).

Si se compara esta técnica con la técnica “divide y vencerás” en cuatro cuadrantes, la faco-chop utiliza menos tiempo y energía, además de que reduce de manera significativa el daño a las células endoteliales. Por otro lado, también se reduce el estrés zonular y capsular dado que las fuerzas se dirigen hacia el instrumento opuesto y la punta del facoemulsificador se encuentra en la “zona segura” central en medio de la pupila (Warren, 2004).



*Ilustración 12: Facoemulsificación paso a paso. Imagen extraída de Veterinary Ophthalmic Surgery (Gelatt) 2011 pág.328*

*Texto explicativo de la ilustración: A) Incisión sobre la córnea. B) Incisión sobre la cápsula. C) Inyección de viscoelásticos en la cápsula anterior del cristalino. D) Capsulorrexis. E) Inserción de la punta del facoemulsificador. F) Facoemulsificación, primero con el bisel hacia arriba. G) Facoemulsificación técnica chopper o faco-chop. H) Escultura en fragmentos iguales y aspiración. I) Escultura en paralelo para los fragmentos restantes. J) Irrigación/aspiración para los fragmentos restantes del ecuador y la superficie posterior de la cápsula. K) Cierre con sutura absorbible.*

#### *6.10.6 Escultura y rotación de la lente.*

Así pues, durante el proceso, se ha esculpido el núcleo del cristalino para producir su división o rotura en fragmentos, se ha fracturado el borde nuclear del cristalino y del núcleo posterior y se ha separado el núcleo restante en fragmentos más pequeños. Finalmente se rota el núcleo del cristalino para exponer los aspectos más alejados para continuar con su fragmentación y, por último, retiramos la cortical de la catarata que se elimina con mayor facilidad.

Conforme se acaba el procedimiento, la irrigación y aspiración pasarán a usarse, junto con la punta de ultrasonidos, para pulir y eliminar el material restante de la cápsula del cristalino. Como la punta de irrigación y aspiración es redondeada, proporciona un menor traumatismo a la cápsula y, si se usa en modo lineal, permite retirar la corteza en grandes láminas, aumentando la posibilidad de retirar la mayor cantidad de material posible al menor daño. El nivel de vacío deberá reducirse durante este paso para disminuir el riesgo de desgarros de la cápsula posterior.

Para eliminar las últimas láminas, se fija el material a la punta de irrigación/aspiración y se retira gradualmente moviendo la punta hacia el centro de la lente. La corteza restante es la más difícil de eliminar, y se encuentra directamente debajo de la incisión corneal. En esta zona se usarán las puntas de 45 o 90 junto con la punta de irrigación/aspiración.

Si algún fragmento saliera del saco capsular y entrara en la cámara anterior, deberá eliminarse mediante irrigación y aspiración, dado que el uso de la fragmentación en esta cámara puede producir daño endotelial corneal directo. Si por el contrario penetrara algún fragmento en la cápsula posterior del cristalino, la recuperación dependerá del tamaño y su posición dentro del humor vítreo, del tamaño del desgarro de la cápsula, del daño potencial durante la extracción y de la necesidad de realizar una vitrectomía anterior.

#### *6.11 Implantación de lente intraocular y cierre capsular.*

Si no se planea la aplicación de una lente intraocular, la incisión corneal se cierra con dos o tres suturas reabsorbibles interrumpidas simples de 8-0 a 9-0. La cámara anterior se rellena con Ringer lactato o solución salina inyectada con cánula de 27-30 g introducida entre dos suturas, manteniendo una presión intraocular postoperatoria de unos 10-15 mmHg. En estos casos, el perro, al carecer de cristalino o una lente que actúe como tal, se quedará sin capacidad de

enfoque, no obstante, la visión de lejos de los pacientes es lo suficientemente buena como para adaptarse a su entorno (Udiz, 2011).

Si se planifica implantar una lente intraocular, se insertará tras la eliminación de todo el material del cristalino de la bolsa capsular. La lente a implantar puede ser de dos tipos, se puede utilizar una lente rígida de poli metacrilato (PMMA), para la cual se ampliaría la incisión corneal hasta 8-10 mm con ayuda de tijeras corneoesclerales, dado que tienen 8-9 mm de diámetro (Gelatt & Gelatt, 2011).

En caso de que se vaya a usar una lente acrílica plegable, no es necesario ampliar la longitud de la incisión. No obstante, será necesario introducir un viscoelástico que permita reformar la cámara anterior y el saco capsular para ayudar a colocar la lente en el interior del saco y al mismo tiempo asegurarse de que protege la superficie posterior de la córnea. Una vez colocada, se cierra la incisión de la córnea con suturas simples absorbibles, aunque se puede hacer continua de 7-0 a 9-0 y asegurando una presión intraocular de entre 10 y 15 mmHg (Gaiddon, et al., 2000) (Isard, et al., 2000) (Gelatt & Gelatt, 2011). En ambos casos, la lente a implantar es algo distinta a la que se usa en humanos y tiene entre 41 y 43 dioptrías (Udiz, 2011).

Se ha descrito que, en perros con cataratas maduras en los que tras la realización de la cirugía se ha implantado una lente acrílica plegable, tienen mejor restablecimiento de la visión al eliminar las cataratas que aquellos a los que se les introdujo una lente rígida. Además, durante la operación, las complicaciones intraoperatorias como el hipema y la miosis se observaron en menor medida en el grupo de la lente plegable. Por último, las complicaciones postoperatorias entre las que se encuentran opacidad corneal, uveítis y edema corneal, también fueron menores y menos severas en este grupo (Ahmad, et al., 2017).

## 7. CONCLUSIONES

Tras llevar a cabo el trabajo y haber realizado una revisión bibliográfica exhaustiva se ha llegado a las siguientes conclusiones sobre las cataratas y su cirugía:

1. Las cataratas son una de las patologías oftálmicas que se dan con mayor frecuencia en la clínica de pequeños animales, caracterizada por la pérdida de visión de grado moderado a grave y pudiendo ser bilateral en la gran mayoría de los casos.
2. El tratamiento quirúrgico sigue siendo la mejor opción de tratamiento frente a esta patología de la lente, sobre todo en los estados ya avanzados de la enfermedad.
3. No todos los pacientes son aptos para llevarla a cabo y es necesario estudiar cada caso por separado de antemano para evaluar la viabilidad del tratamiento quirúrgico.
4. La mejor técnica para el tratamiento actual de cataratas es la facoemulsificación, que usa ultrasonidos para romper el cristalino, no obstante, hay una gran variedad de métodos con los que se puede llevar a cabo y es conveniente conocerlos para poder elegir la mejor manera de fragmentar las cataratas.
5. La implantación de la lente es un paso importante que afectará a la calidad de vida del paciente, aun así, realizarla es decisión del cirujano y no siempre necesaria.

## 8. CONCLUSIONS

After carrying out the work and having carried out an exhaustive bibliographic review, the following conclusions on cataracts and cataract surgery have been reached:

1. Cataracts are one of the most common ophthalmic pathologies in the small animal clinic, characterized by moderate to severe loss of vision, which can be bilateral in the vast majority of cases.
2. Surgical treatment remains the best treatment option for this lens pathology, especially in advanced stages of the disease.
3. Not all patients are suitable for this treatment and it is necessary to study each case separately beforehand to assess the feasibility of surgical treatment.
4. The best technique for the current treatment of cataracts is phacoemulsification, which uses ultrasound to break up the crystalline lens. However, there is a wide variety of methods that can be used and it is advisable to know them in order to choose the best way to fragment the cataracts.

5. Lens implantation is an important step that will affect the patient's quality of life, although it is the surgeon's decision and not always necessary.

## 9. VALORACIÓN PERSONAL

La realización de este Trabajo de Fin de Grado me ha permitido adquirir diversas competencias, entre ellas, la realización de revisión bibliográfica, comprensión de literatura científica y manejo y uso de tecnologías y plataformas de búsqueda de información científica. Si bien es cierto que no todo ha sido un paseo por el campo, he ampliado enormemente mis conocimientos sobre oftalmología, y más concretamente, sobre las cataratas y la cirugía con la que se resuelven en la gran mayoría de los centros.

He de decir, que cuando elegí esta línea de Trabajo fin de Grado no tenía claro a qué me iba a dedicar en mi futuro laboral, si a la cirugía o al trabajo en el laboratorio e investigación. Aunque actualmente me encamino hacia un futuro lleno de batas blancas, me entusiasma la idea de haber aprendido todo lo que sé sobre cirugía y, sobre todo, de haber ampliado mis conocimientos sobre oftalmología, mi especialidad favorita.

Debo agradecer enormemente la ayuda de mi tutora, María Eugenia Lebrero Berna, profesora asociada del departamento de Patología Animal de la Universidad de Zaragoza, que me ha enseñado a enfocar el trabajo, me ha facilitado los medios, me ha compartido sus recursos, ha resuelto mis dudas y me ha apoyado en los momentos de mayor estrés.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad, R. y otros, 2017. Comparison of rigid polymethylmethacrylate and foldable square edge acrylic lens replacement for management of cataract after phacoemulsification in 22 eyes of dogs. *Indian Journal of Animal Research*, Issue 51, pp. 146-150.
- Arshinoff, S. A., 2010. Los viscoelásticos en la cirugía moderna de las cataratas. En: J. L. Alió, ed. *Minimizing Incisions and Maximizing Outcomes in Cataract Surgery*. s.l.:Springer, pp. 124-132.
- Cobo, L. M. y otros, 1984. Pathogenesis of Capsular Opacification After Extracapsular Cataract Extraction: An Animal Model. *Ophthalmology*, Issue 91, pp. 857-863.
- Curso Oftalmología, s.f. *Curso Basico de Oftalmología*. [En línea]  
Available at: <https://germanclases.wixsite.com/oftalmocurso/copia-de-introduccion-4#:~:text=Los%20viscoel%C3%A1sticos%20pueden%20dividirse%20a,plegamiento%20de%20su%20estructura%20terciaria>.  
[Último acceso: 7 Septiembre 2022].
- Davidson, M., Nasisse, M. P., Rusnak, I. M. & Corbett, W. T., 1990. Success rates of unilateral vs. bilateral cataract extraction in dogs. *Vet Surgery*, Issue 19, pp. 232-236.
- Fine, I. H., 1991. The chip and flip phacoemulsification technique. *Cataract Refractive Surgery*.
- Gaiddon, J. A., Lallement, P. E. & Peiffer, R. L., 2000. Implantation of a foldable intraocular lens in dogs. *J Am Vet Med Assoc*.
- García, L. M., 2018. *Clínica Rementería*. [En línea]  
Available at: <https://www.clinicarementeria.es/academy/introduccion-la-capsulorrexia-la-cirugia-la-catarata.html>  
[Último acceso: 10 Septiembre 2022].
- Gelatt, K. N., C. Gilger, B. & J. Kern, T., 2013. Veterinary Ophthalmology. *WILEY-BLACKWELL*, I y II (Fifth Edition), pp. 1199-1287.
- Gelatt, K. N. & Gelatt, J. P., 2011. *Veterinary Ophthalmic Surgery*. Primera ed. s.l.:ELSEVIER.
- Gilger, B., 1997. Phacoemulsification. Technology and fundamentals. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, pp. 1131-1141.
- Gimbel, H. V., 2007. *CATARACT & REFRACTIVE SURGERY TODAY*. [En línea]  
Available at: [https://crstoday.com/wp-content/themes/crst/assets/downloads/CRST1007\\_07.pdf](https://crstoday.com/wp-content/themes/crst/assets/downloads/CRST1007_07.pdf)  
[Último acceso: 8 Septiembre 2022].
- Hackett, E. & Thompson, A., 1964. Antilens antibody in human sera. *Lancet*, Volumen II, pp. 663-666.
- Hazra, S. y otros, 2008. Use of ketamine, xylazine, and diazepam anesthesia with retrobulbar block for phacoemulsification in dogs. *Veterinary Ophthalmology*, 11(4), pp. 255-259.
- Hogan, M. J., A. Alvarado, J. & Esperson Weddell, J., 1971. *Histology of the Human Eye*. Primera ed. s.l.:W.B. Saunders Company.
- HV, G., 1991. Divide and conquer nucleofractis phacoemulsification: development and variations. *Cataract Refraction Surgery*.



- I. I. Angunawela. , 1987. The role of autoimmune phenomena in the pathogenesis of cataract. *Immunology*, Issue 61, pp. 363-368.
- Isard, P. F., Rosolen, F. & Le Gargasson, J. F., 2000. A new foldable injectable intraocular lens designed for the canine eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci Abstract*.
- Javier Marrugo, P. A. L. C., 1992. Anticuerpos contra proteínas del cristalino en pacientes con cataratas. *Acta médica colombiana*, 17(5), pp. 383-387.
- KP, N., 2002. *Phaco chop: Complications in Phacoemulsification*.. New York: Fishkind WJ.
- Linebarger, E. J., Hardten, D. R., Shah, G. K. & Lindstrom, R. L., 1999. Facoemulsificación y Cirugía Moderna de Cataratas. *Survey of Ophthalmology*, 44(2), pp. 123-147.
- Maggio, F., Pirie , C. G. & Pizzirani, S., 2008. 'Stop and chop' phacoemulsification technique for canine cataracts using a single incision and Akahoshi phaco prechopper. s.l., s.n.
- Marín, M. C. P., 2006. Óptica fisiológica: el sistema óptico del ojo y la visión binocular. *Universidad Complutense de Madrid*.
- Martínez, M. E. G. & Rojo Salvador, C., 2013. Anatomía del ojo (globo del ojo y órganos accesorios) en las especies domésticas. *Universidad Complutense de Madrid*, 5 Octubre.pp. 3-6.
- Martín, J. E., 2007. *Atlas de la Oftalmología Clínica del perro y del gato*. Primera ed. Zaragoza: SERVET.
- Mendicute, J. & Lorente, R., 2008. *Cirugía del Cristalino*. Primera ed. s.l.:Sociedad Española de Oftalmología.
- N.Gelatt, K., 2003. *Fundamentos de oftalmología veterinaria*. Primera ed. Barcelona: MASSON S.A..
- N.Gelatt, K., 2003. *Fundamentos de oftalmología veterinaria*. Primera ed. Barcelona: MASSON S.A..
- Negrón, D., Salazar, J. & Freundt, M., 2014. Facoemulsificación en la corrección de cataratas incipientes e inmaduras en perros. *Enfoque Veterinario*, 1(01).
- Neuhann, T., 2004. Capsulorhexis. En: A. Agarwal, y otros edits. *Phacoemulsification*. Londres: Taylor & Francis, pp. 296-310.
- Ofri, R., Miller, P. E. & Maggs, D., 2009. *Fundamentos de Oftalmología veterinaria (Slatter)*. Cuarta ed. Barcelona: ELSEVIER.
- Ortíz, M., Salas, V., Cumpa, E. & Villagrasa, M., 2012. *Portal Veterinaria*. [En línea] Available at: <https://www.portalveterinaria.com/animales-de-compania/articulos/22513/ataratas-diabeticas-una-urgencia-quirurgica.html> [Último acceso: 2 Septiembre 2022].
- Petersen-Jones, S. & Crispin, S., 2002. *Manual de oftalmología en pequeños animales*. Segunda ed. Gloucester: BSAVA.
- Prince, J. H., 1956. *Comparative Anatomy of the Eye*. Tercera ed. Springfield: Thomas.

R de Silva, S., Riaz, Y. & R, J. E., 2014. *Phacoemulsification with posterior chamber intraocular lens versus extracapsular cataract extraction (ECCE) with posterior chamber intraocular lens for age-related cataract*, s.l.: The Cochrane Collaboration. Published by John Wiley & Sons, Ltd..

Rainer, G. y otros, 2005. Natural Course of Intraocular Pressure after Cataract Surgery with Sodium Chondroitin Sulfate 4%–Sodium Hyaluronate 3% (Viscoat). *Ophthalmology*, 112(10), pp. 1714-1718.

Sigle, K. J. & Nasisse, M. P., 2006. Long-term complications after phacoemulsification for cataract removal in dogs: 172 Cases. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, Issue 228.

Spaeth, G. L., Danesh-Meyer, H., Goldberg, I. & Kampik, A., 2012. *Ophthalmic Surgery: Principles and Practice*. Cuarta ed. s.l.:Elsevier.

Takemoto, L., Horwitz, J. & Kuck, K., 1989. A covalent change in alpha crystallin during opacification of Emory mouse lens. *Toxic Res*, Issue 6(3), pp. 431-441.

Udaondo, P. y otros, 2007. Capsulorrexia asistida mediante azul brillante (BBG) para cirujanos en formación. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*, 82(8).

Udiz, R. R., 2011. *Visión veterinaria*. [En línea]  
Available at: <https://visionveterinaria.es/lente-intraocular-en-la-cirugia-de-catarata/>  
[Último acceso: 12 Septiembre 2022].

Warren, C., 2004. Phaco chop technique for cataract surgery in the dog. *Veterinary Ophthalmology*, 7(5), pp. 348-351.