

01674
21



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

MEDICION *in vivo* DEL GROSOR DE FIBRAS
NERVIOSAS DE LA RETINA EN PERROS DE RAZA
COCKER SPANIEL CLINICAMENTE SANOS Y
GLAUCOMATOSOS, Y SU CORRELACION CON EL
EJE ANTERO-POSTERIOR DEL GLOBO OCULAR.

299562

T E S I S
PARA OBTENER EL GRADO DE:
**MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA
PRODUCCION Y SALUD ANIMAL**
AREA: **OFTALMOLOGIA COMPARADA**
P R E S E N T A D A P O R :
MVZ. ALEJANDRO M. RIVERA SALGADO



ASESORES: DR. GUSTAVO ADOLFO GARCIA SANCHEZ, DRA. REBECCA
FRANCO Y BOURLAND, DR. HECTOR SUMANO LOPEZ, DR. DENNIS E.
BROOKS, DR. FELIX GIL CARRASCO

MEXICO, D. F.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

El autor da consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México para que la tesis esté disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.

MVZ Alejandro M. Rivera Salgado

DEDICATORIAS

A mis Padres:

Quienes me enseñaron a valorar la vida, y quienes cada día son para mí un ejemplo a seguir, porque me han dado la mejor de las herencias: la educación. Gracias por todo su amor. Los amo muchísimo.

A mi querida esposa Rosy:

Compañera y amiga, cuanto te amo... Gracias por tu apoyo y comprensión, eres la editora de mi vida. Gracias por darme ese ángel convertido en niña.

A mi adorada hija Paulina:

Estrellita que me ilumina y que brilla siempre en mi corazón. Te amo mucho hijita.

A mis hermanos, gracias por toda su ayuda.

Mine: Eres mi segunda mamá.

Gaspar: Eres un ejemplo a seguir.

Baltazar: Eres el mejor deportista que he conocido.

Fernando: El hermano menor al que todos cuidamos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por dejarme vivir en esta vida.

A la Asociación para Evitar la Ceguera en México.

A los Drs. Felix Gil Carrasco y Jesús Jiménez Roman.

A los dueños de los perros utilizados en este trabajo.

A los “Cockers” utilizados, gracias por su paciencia, fueron muchas horas de trabajo, pero créanme, ya tenemos nuestra recompensa.

A la Sra. Dolores Ramos Franco, por ayudarme a terminar este trabajo.

Al MVZ Miguel Raygoza, por el toque final.

Un agradecimiento especial a la Dra. Rebecca Franco y Bourland y al Dr. Gustavo Adolfo García Sánchez, que son todo un ejemplo a seguir y porque han sido formadores de mi vida profesional.

INDICE

	Página
Indice general	i
Indice de tablas	iii
Indice de figuras	v
Resumen	1
Abstract	2
1.- Introducción	3
1.1 Generalidades	3
1.2 Desarrollo y anatomía del nervio óptico y de la retina	5
1.3 Glaucoma	8
1.4 Analizador de Fibras Nerviosas (AFN)	14
1.5 Justificación	19
1.6 Hipótesis	20
1.7 Objetivos	21
2.- Material y Métodos	22
2.1 Criterios de selección para perros clínicamente sanos	22
2.2 Criterios de selección para perros afectados con glaucoma	24
2.3 Analisis estadístico	28
3.- Resultados	29
3.1 Resultados en perros sanos	30
3.2 Resultados en perros afectados con glaucoma primario	34
3.3 Comparación: ojos sanos <i>versus</i> ojos glaucomatosos	35
4.- Discusión	36

5.- Conclusiones	40
6.- Bibliografía	42
7.- Tablas	49
8.- Figuras	68

INDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Relación de los perros sanos, ojo analizado, y lugar donde viven.
- Tabla 2. Perros afectados con glaucoma, ojo analizado y lugar donde viven.
- Tabla 3. Valores del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina, presión intraocular y eje antero-posterior en perros sanos.
- Tabla 4. Valores de la presión intraocular, grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina y del eje antero-posterior, así como el resultado del examen gonioscópico en perros glaucomatosos.
- Tabla 5. Correlación de las variables capa de fibras nerviosas de la retina y eje antero-posterior en perros sanos.
- Tabla 6. Correlación de las variables capa de fibras nerviosas de la retina, presión intraocular y eje antero-posterior en perros sanos.
- Tabla 7. Perros clínicamente sanos, a los que se les midió ambos ojos con el analizador de fibras nerviosas.
- Tabla 8. Perros clínicamente sanos, a los que se les midió el eje antero-posterior de ambos ojos.
- Tabla 9. Medidas del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina por cuadrante en perros clínicamente sanos.
- Tabla 10. Medidas del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina por cuadrante en machos sanos.
- Tabla 11. Medidas del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina por cuadrante en hembras sanas.
- Tabla 12. Medidas del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina por cuadrante en machos sanos de 1-3 años de edad.

- Tabla 13. Medidas del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina por cuadrante en machos sanos mayores de 3 años de edad.
- Tabla 14. Medida del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina por cuadrante en hembras sanas de 1-3 años de edad.
- Tabla 15. Medidas del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina por cuadrante en hembras sanas mayores de 3 años de edad.
- Tabla 16. Valores de la presión intraocular y promedio de los cuadrantes superior e inferior en perros afectados con glaucoma.
- Tabla 17. Valores estadísticos de la presión intraocular, grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina y de los valores promedio de los cuadrantes superior e inferior en ojos glaucomatosos.
- Tabla 18. Correlación entre las diferentes variables en perros afectados con glaucoma.
- Tabla 19. Valores de t de “Student”, se compara los promedios de los ojos normales y de los ojos glaucomatosos de las variables estudiadas.

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Tonómetro de aplanación.
- Figura 2. Lámpara de hendidura.
- Figura 3. Oftalmoscópio indirecto.
- Figura 4. Goniolente.
- Figura 5. Posición del perro frente al analizador de fibras nerviosas.
- Figura 6. Analizador de fibras nerviosas de la retina.
- Figura 7. Imagen de un paciente mediante el analizador de fibras nerviosas de la retina.
- Figura 8. Ultrasonido de uso oftalmológico.
- Figura 9. Transductor de ultrasonido de 10 mega Hertz
- Figura 10. Ultrasonido modo "A" en un paciente.
- Figura 11. Copas ópticas para la realización de un ultrasonido directamente en córnea.
- Figura 12. Forma de colocar la copa óptica en el ojo del paciente
- Figura 13. Valor máximo, mínimo y valor medio de la capa de fibras nerviosas de la retina en perros clínicamente sanos.
- Figura 14. Valor máximo, mínimo y valor medio del eje antero posterior del globo ocular en perros clínicamente sanos.

- Figura 15. Distribución de los datos obtenidos por el analizador de fibras nerviosas y por el ultrasonido, mediante una correlación y regresión lineal en perros clínicamente sanos.
- Figura 16. Representación de los valores del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina en perros clínicamente sanos, mostrados en una gráfica simple.
- Figura 17. Representación de los valores del eje antero-posterior del globo ocular en perros clínicamente sanos, mediante una gráfica simple.
- Figura 18. Representación de los valores de la presión intra ocular (PIO) en perros clínicamente sanos.
- Figura 19. Valores de la capa de fibras nerviosas, eje antero-posterior y presión intra ocular en perros clínicamente sanos representados en una gráfica de barras.
- Figura 20. Valores de la capa de fibras nerviosas de la retina, eje antero-posterior y presión intra ocular en perros afectados con glaucoma, datos representados en una gráfica de barras.
- Figura 21. Representación de los valores de la capa de fibras nerviosas de la retina en perros afectados con glaucoma, valores representados en una gráfica simple.
- Figura 22. Valores de la capa de fibras nerviosas de la retina de perros afectados con glaucoma, datos representados en una gráfica simple.
- Figura 23. Valores del eje antero-posterior representados en una gráfica simple, datos de perros afectados con glaucoma.
- Figura 24. Distribución de los datos obtenidos por el analizador de fibras nerviosas y por el ultrasonido, mediante una correlación y regresión lineal en perros afectados con glaucoma.

- Figura 25. Valores estadísticos de la presión intra ocular, promedio y media en perros afectados con glaucoma.
- Figura 26. Valor máximo y mínimo de la presión en perros afectados con glaucoma.
- Figura 27. Valores estadísticos de la capa de fibras nerviosas de la retina, promedio y media en perros afectados con glaucoma.
- Figura 28. Valor máximo y mínimo de la capa de fibras nerviosas de la retina en perros afectados con glaucoma.
- Figura 29. Valores estadísticos del eje antero-posterior, promedio y media en perros afectados con glaucoma.
- Figura 30. Valores máximo y mínimo del eje antero-posterior en perros afectados con glaucoma.

RESUMEN

RIVERA SALGADO ALEJANDRO MELCHOR. MEDICIÓN *in vivo* DEL GROSOR DE FIBRAS NERVIOSAS DE LA RETINA EN PERROS DE RAZA COCKER SPANIEL CLÍNICAMENTE SANOS Y GLAUCOMATOSOS, Y SU CORRELACIÓN CON EL EJE ANTERO-POSTERIOR DEL GLOBO OCULAR. (Asesores: Dr. Gustavo Adolfo García Sánchez, Dra. Rebecca Franco y Bourland, Dr. Dennis E. Brooks, Dr. Felix Gil Carrasco, Dr. Héctor Sumano López.)

La neuropatía óptica más frecuente en humanos es el glaucoma, que se caracteriza por una elevación de la presión intraocular, la cual ocasiona cambios en la retina y el nervio óptico que resultan en ceguera permanente. El daño ocasionado es una pérdida de axones de las células ganglionares de la retina, con un adelgazamiento en la capa de fibras nerviosas de la misma. Esta pérdida de axones se lleva a cabo incluso antes de un examen de campos visuales, creando entonces la necesidad de detectar los cambios tempranos en las fibras nerviosas de la retina para facilitar un diagnóstico temprano de la enfermedad. Buscando llenar esta necesidad, se buscó determinar si existe una correlación entre el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina y el eje antero-posterior del globo ocular, y además, de existir esta relación, determinar su repercusión clínica en enfermedades como glaucoma. Se estudiaron 22 ojos de 14 perros Cocker Spaniel machos y hembras clínicamente sanos, de entre 1 y 6 años de edad, y 11 ojos de 10 perros afectados con glaucoma temprano con un rango de edad de 3 a 9 años. Esta raza está distribuida mundialmente, y el glaucoma en ellos se comporta de manera similar que en humanos. A todos ellos se midió el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina con el analizador de fibras nerviosas (AFN), y ecográficamente el eje antero-posterior del globo ocular. Ya en el pasado, la ecografía y el AFN han sido de gran utilidad en la realización de diversos estudios oftalmológicos; gracias a estudios realizados con el AFN se sabe que en personas de raza negra el grosor de la capa de fibras nerviosas disminuye con la edad, y que este fenómeno es un proceso normal. En el estudio que a continuación se presenta, los resultados mostraron que la correlación buscada entre las medidas obtenidas no existe, por lo que no repercute en enfermedades como glaucoma. Sin embargo, se establecieron parámetros normales tanto del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina como del eje A-P de perros clínicamente sanos, además de que se evaluaron las dos técnicas de estudio utilizadas, concluyendo que son de gran utilidad tanto para el diagnóstico temprano de enfermedades como para el seguimiento más cercano de las mismas.

Palabras clave: Analizador de fibras nerviosas, glaucoma, cocker spaniel

ABSTRACT

RIVERA SALGADO ALEJANDRO MELCHOR. MEASURED *in vivo* OF THE THICKNESS OF THE RETINAL NERVE FIBERS IN COCKER SPANIEL DOGS CLINICALLY HEALTHY AND WITH GLAUCOMA AND THEIR CORRELATION WITH THE FRONT-BACK AXLE OF THE OCULAR GLOBE. (Advisers: Dr. Gustavo Adolfo García Sánchez, Dra. Rebecca Franco and Bourland, Dr. Dennis E. Brooks, Dr. Felix Gil Carrasco, Dr. Héctor Sumano López.)

The optic neuropathy more frequent in humans is the glaucoma, characterized by an increase of the intraocular pressure causing changes in the retina and the optic nerve producing a permanent blindness. The damage caused is a lost of axons of the ganglionar cells of the retina, with a thinner of the nerve fiber layer of the same. This loss of axons takes place even before an exam of visual fields, having then the need to detect early changes in the retinal nerve fiber layer to give an early diagnosis of that disease. Bearing this in mind we tried to determine if there exist a correlation between the thickness of the retinal nerve fiber layer and the front-back axle of the ocular globe. On the other hand, if there's a relation we'll determine its clinical repercution in deseases like glaucoma. Twenty two eyes of fourteen Cocker Spaniel dosg between 1 and 6 years of age, males and females, clinically healthy and ten eyes of ten dogs affected with an early glaucoma between 3 and 9 years of age were studied (this breed is distibuted all around the world and glaucoma in them is the same as in humans). In all of them the thickness of the retinal nerve fiber layer was measured with the nerve fiber analyzer (NFA) and the front-back axle of the ocular globe echographically. The echography and the NFA have been very useful in the achievement of different ophthalmic studies, thanks to the NFA we know that in negroes the thickness of the retinal nerve fiber layer decreases and this is a normal process becuase the age. In this study the results showed that there isn't correlation between the measures obtained and it doesn't harm in deseases like glaucoma. However normal parameters were established in the thickness of the retinal nerve fiber layer as well as in the front-back axle in clinically healthy dog, besides both techniques of studies were evaluated and standarized finding out that they are very helpul for the early diagnosis of deseases as well as for the observation of the same.

Key words: Nerve fiber analyzer, glaucoma, cocker spaniel.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Generalidades

El ojo es una porción exteriorizada del cerebro que se desarrolla en la etapa temprana de la gestación (1,5). De hecho, se sabe que la retina neural es una derivación y una extensión del diencéfalo. El nervio óptico, que conecta la retina con centros visuales superiores, es estructural y funcionalmente una vía del sistema nervioso central más que un nervio periférico. Las capas de haces de colágena de la córnea y de la esclerótica se continúan con las del revestimiento de duramadre del nervio óptico, y a través de esta conexión, con las del cerebro. El líquido claro del ojo se parece más al líquido cefalorraquídeo del cerebro que a cualquier otro líquido corporal, y los vasos sanguíneos de la retina tienen una estructura idéntica a los del cerebro (5).

La córnea y el cristalino componen lo que llamamos sistema óptico. La córnea es la primera lente de este sistema óptico, y aporta dos terceras partes de la graduación necesaria (en promedio 42 dioptrías en humanos y perros) (4), tiene forma elíptica y presenta una gran variedad de tamaños en las diferentes razas de perros (3). El cristalino proporciona la otra tercera parte de la graduación necesaria para enfocar en la retina la imagen visualizada (18 dioptrías en humanos y 22 dioptrías en perros).

El centro geométrico de la córnea se conoce como polo anterior del ojo, con el polo posterior situado exactamente al lado opuesto, generalmente dorsal y medial a la cabeza del nervio óptico. El eje geométrico del ojo conecta al polo anterior con el polo posterior (3).

Hay tres medidas usadas como referencias en los ojos, las cuales son: antero-posterior (eje geométrico), horizontal y vertical. La longitud de estas medidas varía de acuerdo a las diferentes razas y a la talla del animal. La longitud antero-posterior (A-P) puede ser ligeramente más grande en relación a las otras dos; de la misma manera, el diámetro horizontal es generalmente 1 milímetro más grande que el vertical (3). Las desviaciones sufridas en las medidas o formas de los globos oculares interfieren con la visión y formación de la imagen; en base a estas variaciones, la imagen se puede formar por delante o por detrás de la retina (3).

De esta forma si el eje antero-posterior es demasiado grande o si el poder de la córnea excede lo necesario, el daño visual resultante será miopía y este ojo verá mal porque la imagen se enfocará por delante de la retina. En humanos, el aumento del eje antero-posterior del globo ocular produce cambios degenerativos en las capas corioretinianas y producen efectos negativos en la visión (4). En un ojo hipermetrope en estado de reposo, los rayos de luz que llegan paralelos a su superficie convergen de modo insuficiente y la imagen no se enfoca en la retina sino detrás de ella; esta falta de convergencia se da porque el eje A-P es demasiado corto para el sistema óptico. En este tipo de ojos se puede presentar un glaucoma agudo de ángulo estrecho porque el iris se encuentra más cerca de la córnea generando que el ángulo de la cámara anterior se estreche con el paso del tiempo. Si la córnea tiene sus curvaturas en forma irregular, la imagen en la retina no será precisa y el defecto inducido es astigmatismo (4).

Miopía, astigmatismo e hipermetropía no son enfermedades del globo ocular, sino finalmente defectos en la forma del ojo y se conocen genéricamente como defectos de refracción (4).

Una visión normal implica la integridad anatómica y funcional de las partes del globo ocular, de sus anexos, de los nervios ópticos, de sus trayectos intracraneales, de la corteza occipital y de sus relaciones con el resto del sistema nervioso central (4).

Así, los rayos de la luz emitidos o reflejados llegan al ojo, el sistema óptico enfoca la luz en la retina, la luz entonces genera cambios químicos, y éstos a su vez se transforman en potenciales eléctricos que llegan al sistema nervioso central para su interpretación. La luz tiene tres características de importancia: velocidad, longitud de onda y frecuencia. Velocidad y longitud de onda se alteran cuando la luz pasa por un sistema óptico y esto se conoce como refracción. La frecuencia es alterada cuando la luz es interceptada por las sustancias opacas; estas absorben algunas frecuencias y reflejan otras dando origen al color. En el ojo del humano, los cambios en el índice de refracción suceden en la interfase córnea-acuosa, y en la del cristalino-vítreo (4).

1.2 Desarrollo de la retina y del nervio óptico

El desarrollo embrionario del saco óptico resulta de la invaginación bilateral de la superficie anterior del neuroectodermo (1,2).

En la etapa embrionaria, las primeras células maduras que pueden reconocerse en el ojo son las células ganglionares de la retina, que forman las capas de células nerviosas situada más próxima a la cámara vítreo (5).

Las capas de núcleos celulares que constituyen la retina son:

1. - La capa nuclear externa (CNE), que contiene los cuerpos celulares de los fotorreceptores.

2.- La capa nuclear interna (CNI), que contiene los cuerpos celulares de neuronas horizontales, neuronas bipolares, neuronas amácrinas, neuronas interplexiformes, células ganglionares desplazadas a los de las células gliales de Müller.

3. - La capa de células ganglionares, que contiene los cuerpos celulares de la mayor parte de las células ganglionares, células amacrinas desplazadas y los de algunas células astrogiales (5).

Entre la CNE y la CNI se encuentra la capa sináptica externa (CSE), también denominada capa plexiforme externa (CPE). Aquí tienen lugar interacciones sinápticas de fotorreceptores, células horizontales y neuronas bipolares. Entre la CNI y la capa de células ganglionares se encuentra la capa sináptica interna (CSI), también denominada capa plexiforme interna (CPI). Aquí se producen interacciones sinápticas entre las neuronas bipolares, las células amácrinas, las células ganglionares, y en determinadas retinas, como las de las aves, se producen interacciones con terminaciones de fibras centrífugas hacia la retina desde puntos extrarretinianos (5).

Desde el punto de vista funcional, el nervio óptico tiene su inicio en las células ganglionares de la retina. Los axones que se originan en estas células van hacia la porción en la que el nervio óptico sale del ojo. Desde el lado nasal, los axones pasan directamente hacia la papila del nervio óptico (5). El nervio óptico puede considerarse formado por cuatro porciones: la porción

intraocular (disco óptico, papila óptica), la porción intraorbitaria, una pequeña porción intracanalicular (en el interior del canal óptico), y una pequeña porción intracraneal que emerge en el quiasma óptico y en el tracto óptico. Desde esta última porción, los axones completan su curso hacia sus terminaciones en el sistema nervioso central (5).

Mientras que los axones pasan a través de la capa de fibras nerviosas de la retina y de la papila del nervio óptico, las fibras nerviosas carecen de mielina, haciendo que la retina sea lo suficientemente transparente como para que la luz alcance los fotorreceptores de la retina externa (5).

Una vez que el nervio óptico abandona el globo ocular, es recubierto en su trayecto orbitario por una vaina de mielina. En humanos, existe una distancia de 15 mm entre el sitio en el que sale el nervio óptico del globo ocular y su ingreso en el canal óptico, distancia que el nervio cubre con una extensión de 25 a 30 mm de longitud; en ese trayecto, tiene una forma sinuosa que le permite distenderse con los movimientos y tracciones sin sufrir elongaciones traumáticas. El nervio óptico, cuando ingresa a su órbita, se recubre de meninges y con ellas atraviesa el canal óseo; la adquisición de meninges en su trayecto tiene la importancia clínica de entrar en contacto con el líquido cefalorraquídeo, por lo que en un cuadro de hipertensión intracraneal el nervio óptico se edematizará (4).

El número de fibras nerviosas de cada nervio óptico en el mono y en el ser humano es de aproximadamente 1 millón, pero existen notables variaciones entre unas persona y otras e incluso entre los dos ojos de una misma persona (6,7).

El número de fibras nerviosas del ojo parece tener una relación con el tamaño del disco óptico y con el tamaño del área del nervio óptico justo por detrás del ojo (8). Cuanto mayor sea el tamaño del disco óptico, mayor será el número de fibras nerviosas. Esto tiene sentido, ya que las células ganglionares emiten sus axones a través de la futura papila del nervio óptico durante el primer trimestre de la vida embrionaria (5).

Existen diferencias raciales en el diámetro del disco óptico, siendo las personas de raza negra las que poseen el disco óptico más grande (8,33). En los ojos de personas con discos ópticos de menor tamaño son más frecuentes algunas afecciones (p.ej., drusen del disco óptico y neuropatía isquémica óptica). En la neuropatía óptica más frecuente que es la enfermedad de glaucoma, el tamaño del disco óptico no parece ser un factor de riesgo significativo para la presentación de la lesión (5).

1.3 Glaucoma

Los daños en la retina ocasionados por el aumento de presión intraocular (p.ej. glaucoma) causan cambios permanentes en ella y en el nervio óptico que resultan en ceguera. En esta patología es común encontrar un daño progresivo en las capas internas de la retina, principalmente en la capa de células ganglionares. El foco de daño neural es la lámina cribosa de la esclera, la cual está constituida por una serie de aperturas en la parte posterior del globo ocular a través de las cuales salen las fibras del nervio óptico hacia la órbita ocular. Al aumentarse la presión intraocular se produce compresión mecánica de los axones así como anomalías

microcirculatorias que resultan en la interrupción del transporte axoplásmico, isquemia de los axones y atrofia. Las células ganglionares de la retina pierden su capacidad para desarrollar conexiones sinápticas corticales y mueren por apoptosis (9).

El glaucoma primario en los perros es una enfermedad de rápida progresión, capaz de inducir cambios irreversibles en la retina y el nervio óptico antes y después de la elevación en la presión intraocular. Los glaucomas han sido manjados tradicionalmente como entidades aisladas, pero dependiendo de la especie y la raza afectada, se trata más bien de un grupo de desórdenes fenotípicamente similares, causados por etiologías múltiples y que son generalmente secundarios a alguna causa. Algunos glaucomas primarios en el perro son causados por defectos bioquímicos y estructurales causados genéticamente. La incidencia de glaucoma canino fue inicialmente demostrada por Magrae en 1956, en Cocker Spaniel Americano, mientras que en 1971 fue descrito por primera vez en Basset Hounds y Beagles (9).

Tradicionalmente se han clasificado a los glaucomas como primarios y secundarios, basándose en la fisiopatología de la obstrucción del humor acuoso que causa la elevación de la PIO. En el primer tipo, se incluye a todos aquellos en los cuales no existe desorden ocular o sistémico asociado que cause una resistencia incrementada al drenaje del humor acuoso. Los glaucomas primarios generalmente afectan ambos ojos, son heredados y se desarrollan en los primeros días de vida del individuo (9).

Los glaucomas secundarios generalmente se asocian con alteraciones oculares o sistémicas los cuales directamente son responsables de una baja eliminación del humor acuoso (39).

Dentro de las clasificaciones de glaucoma primario, la más aceptada se refiere a la existencia de un ángulo cerrado, en el cual la resistencia incrementada al drenaje se produce a causa de una obstrucción de la porción periférica del iris sobre la red trabecular, y un ángulo abierto que se estrecha progresivamente, en el que existe una incapacidad de flujo a través de las redes trabeculares y los plexos venosos. También se ha descrito la existencia del glaucoma goniodisgénico, en el cual la formación del ángulo de drenaje es congénita y se asocia generalmente a la presencia de ligamentos pectíneos displásicos y cierre del ángulo iridocorneal (9).

Se sabe, tanto en los humanos como en los perros, que un gran número de glaucomas ocurren de manera espontánea, y se piensa están relacionados con el mismo tipo de factores para su aparición. Entre estos sobresalen las alteraciones bioquímicas presentes en la red trabecular corneoescleral (RTCE), en la zona yuxtacorneal (ZYC) y en su medio extracelular. Se ha demostrado que en individuos glaucomatosos existe un decremento en la celularidad y alteraciones en los componentes de glicoproteínas de la RTCE responsables de un incremento en la resistencia al drenaje del humor acuoso con la consecuente elevación de la PIO. Estudios hechos con microscopio electrónico demuestran la presencia de acumulación de un material semejante al de las membranas basales a todo lo largo de la RTCE y de la ZYC, además de una mayor cantidad y menor organización de fibras semejantes a la elastina en ojos glaucomatosos, cuando se les compara con

ojos normales. Conforme el glaucoma progresa, el total de la RTCE y los flujos acuosos se comprimen, las trabéculas se observan menos organizadas y se acumula material extracelular (9).

La incidencia de glaucoma canino asociado con alteraciones primarias del ángulo iridocorneal ocurre principalmente en razas puras. En la mayoría, la elevación de la PIO comienza entre uno y tres años de edad, evoluciona rápidamente y ocasiona pérdida total de visión entre los 6 y 7 años, aún cuando se intenten diferentes tipos de terapia antihipertensiva tanto médica como quirúrgica (9).

Los cambios observados en las vías de drenaje en el Cocker Spaniel Americano se han comparado con los observados en el glaucoma primario de ángulo estrecho de los humanos (9).

En el caso de glaucoma secundario es posible observar un problema ocular predisponente o algún factor con un origen sistémico como causas de la obstrucción en la eliminación del humor acuoso. Los glaucomas secundarios pueden ser unilaterales o bilaterales, genéticos o adquiridos y deben ser manejados y tratados de acuerdo con la etiología. En este tipo de glaucomas generalmente existen ángulos iridocorneales abiertos que pueden estar obstruidos. Tal es el caso de la formación de membranas postinflamatorias que pueden alinearse sobre la red trabecular interna y obstruir el drenaje acuoso, apareciendo gonioscópicamente como un ángulo abierto. En otros tipos de glaucoma el ángulo iridocorneal abierto puede estar obstruido por acumulación de glóbulos rojos, glóbulos blancos, células neoplásicas, proteínas lenticulares, zónulas lenticulares, humor vítreo o bien mielina. En estos casos la arquitectura de una malla angular abierta puede

observarse desgarrada, edematosa, cicatrizada, o bien dañada por cuerpos extraños (9).

El problema de utilizar sólo la medición de la PIO como una guía para determinar la presencia de glaucoma, se basa en que en la actualidad no se conoce cual es la PIO que es “segura” para prevenir la aparición o progresión de daño glaucomatoso al nervio óptico en las diferentes especies animales. Una PIO normal es aquella que no causa daño al nervio óptico (9).

La mayoría de los oftalmólogos veterinarios consideran que una PIO mayor de 25 mm Hg en el perro o en el gato es sospechosa de glaucoma; mientras que una PIO superior a los 30 mm Hg ya es diagnóstica de la enfermedad.. La elevación de la PIO es solo uno de los signos de la enfermedad, pero se debe evaluar la presencia de otros cambios tales como congestión ocular, midriasis mantenida, excavación y atrofia del nervio óptico, esto con el fin de determinar la necesidad de iniciar terapia antiglaucomatosa (9).

En etapas tempranas de elevación de PIO se ha documentado que ni los humanos ni perros muestran pérdida en la capacidad de resolución, aún cuando existen hallazgos electroretinográficos que demuestren disminución en la amplitud, latencia, ubicación espacial y sensibilidad al contraste de luz. El electroretinograma (ERG), es un examen de la función visual, y se basa en la evaluación de los potenciales eléctricos generados por la retina después de la estimulación eléctrica. El ERG depende de la reacción de los diferentes tipos de células retinianas, las cuales se extienden desde el epitelio pigmentario de la retina, hasta la capa nuclear interna de la retina (9).

La excavación y atrofia del nervio óptico característicos del glaucoma, pueden desarrollarse inicialmente en forma espontánea, mientras que el daño a las capas de la retina se produce posteriormente (9). El daño ocasionado, es una pérdida progresiva de axones de las células ganglionares de la retina, con un adelgazamiento en la capa de fibras nerviosas de la misma (26). Se sabe que se requiere de una pérdida del 50% de la capa de fibras nerviosas de la retina para que sea visto el daño clínicamente (36). Esto ha ocasionado que se desarrollen métodos clínicos fáciles de manejar, para detectar cambios en la retina de ojos normales y con glaucoma, además de tener un monitoreo progresivo del paciente (26).

El adelgazamiento de las capas de las fibras del nervio óptico, así como la pérdida de células ganglionares retinianas, se manifiesta clínicamente por la hiper refractibilidad del tapétum, atenuación vascular retiniana e hiperpigmentación peripapilar (9). En un examen del fondo de ojo, se evalúa en el disco óptico el color, la forma, el tamaño, los márgenes y la salida de los vasos sanguíneos (4). Sin embargo, si tomamos en cuenta que en este examen los hallazgos clínicos en la cabeza del nervio óptico (proporción del diámetro de excavación, palidez de la cabeza y daño en el área circundante de la retina) no nos permiten una separación específica entre ojos enfermos (p.ej. glaucomatosos) y ojos normales, y que además, parece ser que los ojos afectados con glaucoma pierden axones de las fibras nerviosas de la retina antes de que se observen cambios oftalmológicos en la cabeza del nervio óptico, e incluso antes de un examen de campos visuales, nace entonces la necesidad de detectar los cambios en la capa de fibras nerviosas de la retina lo más temprano posible. Llevando a cabo esta meta se facilitaría el diagnóstico

temprano de glaucoma, y mejoraría el monitoreo del daño progresivo en los pacientes (11,36).

1.4 Uso del analizador de fibras nerviosas (AFN)

Con base en los daños generados en el nervio óptico y áreas adyacentes se han realizado varias investigaciones en humanos utilizando diferentes métodos y técnicas para saber cuánto se dañan estas estructuras (13 - 25). Con esta idea, se ha intentado medir el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina, así como el eje A-P del ojo. La ecografía se ha utilizado para medir el diámetro del nervio óptico, así como para medir la excavación del mismo en pacientes con glaucoma (30,31), pero no se ha investigado la relación de la medida del eje antero-posterior del ojo con el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina.

En un reporte, se midió el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina en ojos que fueron enucleados de personas postmortem. Se fijó a los ojos con formaldehído para su estudio, y se observó que los ojos que se fijaron por este método se encogían, disminuyendo su tamaño en comparación con los ojos de personas vivas. En el reporte antes mencionado, se tomaron como puntos de referencia para medir el eje A-P la superficie externa de la córnea y la esclera. La longitud del eje A-P del ojo se obtuvo mediante el uso de fotografías y con la utilización de un vernier; aquí se tiene un punto de comparación, ya que si se midiera con la ayuda de la ecografía probablemente se mediría de la superficie interna de la esclera y córnea (8).

Existen técnicas para la fijación de ojos enucleados, en donde la estructura del mismo se mantiene aceptable para la realización de técnicas como la histomorfometría (10), que es la evaluación de cortes histológicos por medio de un aparato especial. En un reporte se logró evaluar el tamaño del disco óptico en milímetros utilizando esta técnica. Para la evaluación de las fibras nerviosas, el disco óptico se dividió en cuatro regiones: nasal, temporal, inferior y superior, y en un corte transversal se dividió en una porción interna y una porción externa; cada círculo fué dividido en 12 sectores de igual tamaño (10).

En el estudio antes mencionado, se observó que hay una diferencia significativa entre la cantidad de fibras nerviosas que se encuentran en la porción temporal del disco óptico y las de la porción nasal del mismo; es poca la diferencia que se encontró entre la porción superior e inferior del disco óptico. La correlación entre la pérdida de fibras nerviosas ópticas y la edad es aproximadamente de 5426 fibras por año. Esto podría explicar el hecho de que en personas adultas sanas se disminuye su capacidad visual, sin presentar ninguna anormalidad clínica; ésto también se podría relacionar con la disminución en la presentación de neuritis del sistema nervioso central y periférico en personas adultas (10). Otro estudio encontró que la pérdida de fibras nerviosas por año era de 5600 (21).

Se sabe que en personas de raza negra se disminuye el grosor de fibras nerviosas ópticas como un proceso normal por la edad, y las personas se vuelven miopes; en las personas de raza anglosajona no sucede dicho fenómeno (33).

Otros investigadores evaluaron la capa de fibras nerviosas de la retina en pacientes con glaucoma, volviendo a evaluarla una vez que se logró disminuir la presión intraocular por medio de un método quirúrgico (trabeculectomía). En el reporte se demostró que si baja la presión intraocular, se puede detener el proceso de daño en la capa de fibras nerviosas de la retina, pero una vez que ésta se ha dañado no es posible su regeneración (12). Se desconoce si los cambios asociados con una disminución de la presión intraocular ocurren solamente en la cabeza del nervio óptico o también en la capa de fibras nerviosas de la retina, lo cual se considera que está demarcado por el daño estructural del nervio óptico (12).

En otro estudio se midió el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina y se compararon los resultados con un estudio histopatológico de los mismos ojos (11); se utilizó un elipsómetro, que es un método óptico utilizado para medir el cambio de polarización de luz, al que se denomina "retardación". Se implementó un escáner tomográfico láser en las retinas estudiadas para obtener la polarización de éstas. La cantidad de retardación está linealmente relacionada con el grosor de la retina y las propiedades ópticas del medio (11). Se ha observado que en humanos el promedio de retardación es mayor en la porción superior e inferior de la retina, y menor en la porción nasal y temporal de la misma. En la fovea es más baja la retardación y esto se explica por la ausencia de algunas capas en esta porción de la retina (capa plexiforme interna, capa de células ganglionares y capa de fibras nerviosas) (26).

Para evaluar el daño en el nervio óptico y áreas adyacentes, el método más utilizado y el que da una proporción específica cuantitativa es el analizador de fibras nerviosas ópticas (26 - 31). Este método se basa en los cambios de polarización de la luz (retardación) (27, 32-35) y proporciona una mejor idea del daño que se tiene en el nervio óptico al ser más exacto que otros métodos utilizados (26,27,29).

El analizador de fibras nerviosas (AFN, laser diagnostic technologies, San Diego, CA) es un polarímetro láser que fué desarrollado para medir el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina en humanos *in vivo*. El equipo fué diseñado básicamente para hacer un diagnóstico temprano en glaucoma y también realizar un seguimiento más exacto de la enfermedad. El AFN salió al mercado en 1993 y ha sido mejorado desde entonces en varias ocasiones, siendo actualmente la técnica más precisa para evaluar glaucomas tempranos debido a su especificidad y sensibilidad. Los primeros resultados fueron promisorios pero no del todo satisfactorios, particularmente porque la repetición de los resultados fue pobre ya que dependía mucho del operador. Los inventores del AFN implementaron técnicas para poder hacer reproducibles las mediciones. La primera versión del equipo fué seguida del AFN II y después mejorado por el AFN GDx; en ambos casos las mejoras fueron en el programa de cómputo que está integrado en el AFN. La versión del GDx tiene una base de datos que estandariza los resultados y además cuenta con un programa de cómputo de estadística que compara los resultados con sujetos normales de la misma edad y origen étnico.

El AFN es un oftalmoscopio láser de barrido confocal que contiene un modulador de polarización, un compensador de la polarización corneal y un

detector de la polarización. El equipo utiliza un rayo láser de polarización modulada con una longitud de onda de 780 nanómetros (nm) que es enfocado sobre el fondo de ojo (32,34).

La capa de fibras nerviosas de la retina es de forma birrefringente, lo cual se debe a que los microtúbulos de las fibras nerviosas corren paralelos.

La forma birrefringente provoca un cambio en el estado de polarización del rayo láser de barrido; este cambio se conoce como retardo. El retardamiento puede ser cuantificado por la medición de la fase de división entre un rayo ordinario y otro extraordinario de un rayo láser. El doble pase de la luz en la capa de fibras nerviosas de la retina muestra un retardo que es proporcionalmente relacionado al grosor y a las propiedades ópticas de esta estructura retiniana (32,34).

La luz que emerge del ojo es colectada por el AFN y analizado por un detector de polarización. Las propiedades de polarización del segmento anterior son compensadas por un aparato opti-electrónico compensador de la polarización corneal (32,34).

Por cada registro de 15° por 15° del área central de la papila óptica, aproximadamente 20 barridos son hechos, cada uno con un rayo de polarización modulada diferente; y el tiempo que toma el obtener todos los datos es de sólo 0.7 segundos. La imagen del área registrada por el equipo contiene 65,536 (256 por 256) pixeles y esto es representado en un mapa a color. Los primeros resultados obtenidos son procesados en una base de datos de retardo, los cuales son transformados en una medida de grosor (micrometros o μm), la cual equivale a 7.4 μm por cada grado de retardo (32,34).

1.5 Justificación

Con base en los daños generados por glaucoma en el nervio óptico y áreas adyacentes, se han realizado varias investigaciones utilizando diferentes métodos y técnicas para saber cuánto se dañan estas estructuras (13-25). El AFN ha demostrado ser más específico y cuantitativo para evaluar el daño a este nivel. Este método, junto con la ecografía, ha sido de gran utilidad en la realización de estudios oftalmológicos, resultando ser más exacto (26-31). Así, en diversos estudios realizados en humanos se ha medido el grosor de la Capa de fibras nerviosas de la retina, así como el eje A-P del ojo; sin embargo, hasta el momento no se ha buscado la presencia de alguna correlación entre ambas medidas.

Buscando métodos para la detección de los cambios tempranos que se presentan en glaucoma, en este trabajo se buscó determinar si existe una correlación entre el grosor de la capa de fibras nerviosas de la Retina y el eje antero-posterior del globo ocular en perros clínicamente sanos y en perros afectados con glaucoma primario. De existir una relación entre ambas medidas se determinaría la repercusión clínica de este hallazgo en el diagnóstico temprano de enfermedades como glaucoma.

El demostrar la presencia de variaciones en el grosor de la CFNR entre perros normales y afectados con glaucoma primario en la misma raza, permitira corroborar la eficiencia del equipo en su uso para el diagnostico de dicha enfermedad.

Representa una ventaja tener a la raza canina Cocker Spaniel como modelo experimental para el estudio de esta enfermedad, debido a que se tiene certeza de que este padecimiento se comporta de manera similar en humanos

y en perros de esta raza, además de que el Cocker Spaniel presenta una amplia distribución mundial.

1.6 Hipótesis

Es posible demostrar diferencias en el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina (CFNR) entre perros normales y glaucomatosos, desde las primeras etapas del desarrollo de la enfermedad, existiendo además una relación inversamente proporcional entre el eje antero-posterior de los globos oculares y el grosor de la CFNR.

1.7 Objetivos

OBJETIVO GENERAL.

Determinar el grosor promedio en la CFNR en perros Cocker Spaniel normales y afectados con glaucoma primario, estableciendo además la correlación existente entre el diámetro antero-posterior de los globos oculares y el grosor de la CFNR.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1.- Medir el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina en perros de raza Cocker Spaniel clínicamente sanos y afectados con glaucoma en etapa temprana e intermedia del desarrollo de la enfermedad, por medio del analizador de fibras nerviosas, así como establecer parámetros normales.

2.- Medir ecográficamente el eje antero-posterior del globo ocular en los mismos perros y establecer parámetros.

3.- Determinar si los parámetros obtenidos representan variaciones significativas de acuerdo a la edad o al sexo, y determinar si existe correlación entre ambos parámetros.

4.- Evaluar ventajas y desventajas de las dos técnicas de medición a utilizar (analizador de fibras nerviosas ópticas y ultrasonido).

2. MATERIAL Y MÉTODOS.

El trabajo se realizó en el servicio de Glaucoma del Hospital de la Asociación para Evitar la Ceguera en México A.C., ubicado en la calle Vicente García Torres # 46 Colonia San Lucas Coyoacán, México D.F.

Se sometieron a estudio 24 perros de raza Cocker Spaniel, de los cuales 14 fueron clínicamente sanos (8 hembras y 6 machos) y 10 estaban afectados con glaucoma primario (6 hembras y 4 machos). De los 14 perros clínicamente sanos se analizaron en total 22 ojos (tabla 1) debido a que en algunos perros no fue posible tomar la imagen de ambas papilas ópticas por situaciones tales como presencia de nistagmos provocados por la anestesia y presencia de miosis, dificultando el enfoque del fondo del ojo y la visualización de la papila óptica. De los 10 perros afectados con glaucoma, se analizó un ojo a cada perro (tabla 2), esto debido a que solo se analizó el ojo afectado. El total de los ojos analizados (sanos y glaucomatosos) fué de 32.

2.1 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE PERROS CLINICAMENTE SANOS.

La selección de estos perros se llevó a cabo bajo los criterios de edad, disponibilidad, estado de salud general y estado de salud oftalmológica. De esta forma se eligieron perros adultos (de entre 1 y 6 años de edad), disponibles los días en que fue posible realizar el estudio (ya que fueron necesarias 2 sesiones por perro en diferentes días), clínicamente sanos, con ojos sanos y sin historia de aumento en la presión intra ocular (PIO), trauma ocular, o antecedentes familiares de glaucoma.

Se eligieron perros adultos debido a que en perros menores de un año de edad aún no se termina de mielinizar el nervio óptico, y de realizarse el estudio con animales de esta edad, la medida que se tomaría con el analizador de fibras nerviosas sería errónea; después de los 8 años ya se considera un animal viejo, y por consiguiente, ya hay cambios geriátricos normales en el ojo (por ej. esclerosis nuclear) que interferirían en las pruebas a realizarse.

A cada perro se le realizó un examen clínico general para clasificarlo como clínicamente sano; además, se les realizaron pruebas oftalmológicas como medirles la presión intraocular (PIO) con un tonómetro de aplanamiento (figura 1, Tono-pen, Oculab), buscando perros con PIO dentro de los valores normales (15 – 20 mm de Hg, ver tabla 3); también se les realizó un examen de biomicroscopía con una lámpara de hendidura (figura 2, Kowa SL 5) con la finalidad de examinar el segmento anterior de los ojos de los perros, y un examen del fondo del ojo con un oftalmoscopio indirecto (figura 3, Topcon PS-10B) para evaluar la retina y el nervio óptico. Se evaluó la capacidad de visión a cada perro en base a la presencia de reflejo positivo a la prueba de amenaza, por su habilidad para seguir bolas de algodón lanzadas para captar su atención y por su habilidad para esquivar objetos en un trayecto desconocido.

2.2 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE PERROS AFECTADOS CON GLAUCOMA.

Se eligieron perros que mostraron signos sugerentes a glaucoma primario agudo, tales como aumento de la PIO (mayor de 20 mm Hg, ver tabla 4), pupilas fijas y midriáticas, congestión conjuntival y episcleral, atenuación vascular retiniana, evidencia de excavación del nervio óptico.

Estos pacientes fueron sometidos a estudios especiales tales como: examen gonioscopico (tabla 4). La gonioscopia se basa en la utilización de los rayos luminosos que se refractan del ángulo iridocorneal y tocan la interfase córneo-película precorneal en un ángulo-oblicuo, de tal forma que son visualizados mediante el uso de un goniolente especial (figura 4, Koepe pediátrico), que neutraliza el poder de refracción de la córnea y permite observar el ángulo iridocorneal. Esta técnica provee las bases para la clasificación de los glaucomas con base en la apariencia del ángulo iridocorneal, además de ayudar a determinar si el manejo del paciente será médico o quirúrgico. En el caso de los ángulos iridocorneales abiertos, puede aplicarse la terapia médica en forma exitosa por un tiempo prolongado; mientras que en el caso de los glaucomas de ángulo estrecho o cerrado la terapia quirúrgica es la más aceptada. Para obtener optimos resultados, debe de practicarse esta técnica en forma rutinaria, ya que el estrechamiento progresivo y el cierre completo del ángulo iridocorneal ocurre frecuentemente en el caso de los glaucomas caninos. Resulta importante que esta técnica se practique no solo en el ojo afectado, ya que generalmente los glaucomas primarios se presentan en forma bilateral (9), además se les practico un examen de oftalmoscopia indirecta, esto para observar el fondo del ojo,

específicamente para observar el nervio óptico y buscar indicios de excavación del mismo así como atenuación vascular retiniana, también se les midió la presión intraocular por medio de un tonómetro de aplanamiento (tono-pen, oculab), encontrándose que la mayoría de los perros presentaban presiones intra oculares con rangos mayores de 20 mm de Hg (tabla 4).

El segmento anterior fue evaluado por medio de biomicroscopía con una lámpara de hendidura (figura 2, Kowa SL 5), observándose: la claridad de la córnea, que no existiera alguna alteración congénita corneal, se examinaba el cristalino para descartar que no estuviera subluxado, luxado o que presentara cataratas.

Todos los perros (normales y glaucomatosos) sometidos a este estudio viven bajo condiciones similares, es decir, todos son mascotas únicas en su casa y se alimentan principalmente de alimentos comerciales (croquetas de diferentes marcas comerciales), de los 14 perros clínicamente sanos, 5 de ellos viven en casa habitación con un área destinada para su alojamiento (que generalmente es el jardín) y 9 viven en departamento (tabla 1); de los 10 perros afectados con glaucoma 7 viven en departamento y 3 en casa habitación (tabla 2), a los que vive en departamento (normales y glaucomatosos) los sacan a caminar dos o tres veces al día, mientras que a los que viven en casa habitación los sacan a caminar generalmente una vez al día.

ANALISIS DE FIBRAS NERVIOSA Y ULTRASONIDO

Todas las sesiones del trabajo de investigación se realizaron en día sábado por la mañana (09:00 am), debido a que sólo estos días era posible trabajar con el equipo (analizador de fibras nerviosas y ultrasonido) y se facilitaba el manejo de los perros, ya que en fin de semana no hay consultas y casi no acude gente al hospital. El manejo del analizador de fibras nerviosas estuvo a cargo de un clínico de la sección de glaucoma del hospital con experiencia en su uso; de igual manera, el uso del equipo de ultrasonido estuvo a cargo de un clínico del área de imagenología del hospital. Ambos operadores fueron los mismos en todas las sesiones del experimento.

Los perros fueron dietados 12 horas antes de cada sesión ya que fueron anestesiados para facilitar su manejo y evitar que se movieran al momento de realizar los estudios. Para obtener la imagen de la papila óptica con el AFN, a cada perro se le anestesió con ketamina a una dosis de 10 mg por kg de peso vivo, combinado con diazepam a una dosis de 0.1 mg por kg de peso vivo y acepromacina a una dosis de 0.03 mg por kg de peso vivo; se le administró los medicamentos en bolo vía endovenosa. Se prefirieron estos medicamentos para realizar la anestesia ya que relajan la pupila y se puede localizar mejor la papila óptica. Se les dilató ambas pupilas con la administración de ciclopentolato (refractyl, solución oftálmica 1%. Lab. Sophia) y fenilefrina (nefrin-ofteno solución oftálmica 1% Lab. Sophia) 15 minutos antes del examen, en dosis a efecto. El perro fue sujetado manualmente y colocado en una posición de sentado frente al AFN, esto facilitó la toma de la imagen de la papila óptica (figura 5). El aparato que se utilizó para obtener la imagen de la papila óptica es un analizador de fibras nerviosas ópticas (figura 6, GDx

nerve fiber analyzer; laser diagnostic technologies, San Diego). La fotografía de la papila óptica (figura 7), y la medida del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina son obtenidos mediante un programa de cómputo que ya está integrado en el analizador (programa GDx, versión 1.0.02). La medición del grosor de las fibras nerviosas se realizó a partir de una circunferencia de 1.75 diámetros de la zona peripapilar.

Se tomaron varias imágenes de la papila óptica, seleccionando las mejores para este estudio. El criterio para seleccionar una buena imagen fué:

- 1.- Imagen bien enfocada.
- 2.- Disco óptico en el centro de la imagen.
- 3.- Todos los cuadrantes en la imagen deberían de presentar la misma nitidez.

El programa de cómputo que está integrado en el AFN divide a la retina y a la papila óptica en 4 segmentos: superior, inferior, nasal y temporal; cada cuadrante antes mencionado tiene un valor que es la medida del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina. Además de medir cada cuadrante de la retina, el programa de cómputo del AFN da un valor promedio del grosor de la capa de fibras nerviosas.

Una vez tomada la imagen de la papila óptica con el AFN, a cada perro se le practicó la ecografía del eje antero-posterior del globo ocular, aprovechando la anestesia antes administrada. Para la realización de la ecografía se utilizó un equipo de ultrasonido (figura 8, ultra scan digital B, laboratorio Alcon) con un transductor sectorial (figura 9) de 10 Mega Hertz (MHz); la medición del eje A-P se realizó utilizando el ultrasonido en modo alfa (modo A, figura 10). Con el fin de obtener buena definición en el ultrasonido, se utilizaron copas ópticas del número 24 (figura 11), las cuales

se colocaron directamente en el ojo del perro sujeto a estudio previa anestesia local (proparacaina), se llenaron con solución salina fisiológica o metil celulosa, para posteriormente colocar dentro de ellas el transductor y realizarse la ecografía (figura12). El perro se tuvo que sujetar manualmente en posición decubito dorsal, ya que el transductor se colocó perpendicular al ojo para que el equipo de ultrasonido reconociera el eje A-P y este fuera capaz de dar la medida exacta.

2.3 ANALISIS ESTADISTICO.

El análisis estadístico se llevo a cabo tomando los resultados de todo el grupo en general (machos y hembras de todas las edades), y además, dividiendo a los perros en diferentes grupos: por edades (mayores de 3 años y menores de 3 años), dividiendolos por sexo (machos y hembras), dividiendo los resultados por ojo analizado (ojo derecho y ojo izquierdo), y tomando los resultados del AFN del cuadrante superior y del cuadrante inferior de la subdivisión antes mencionada. Todo lo anterior se realizo tanto en animales sanos como en los enfermos.

El criterio para saber si los valores obtenidos tenían un valor estadísticamente significativo fue que $p < 0.05$. La asociación entre la CFNR y el eje A-P fue analizada utilizando una correlación y regresión de matrices, para esto se utilizó un programa de estadística llamado Statistica, (versión 5.0 edición 1997), además se realizó una "t" de Student y una correlación lineal simple.

Los niveles de significancia de los datos fueron de 5% y 10%, esto es, $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.10$

3. RESULTADOS

Se analizaron 22 ojos de 14 perros de raza Cocker Spaniel, machos y hembras, de entre 1 y 6 años de edad, clínicamente sanos (tabla 1), y 10 ojos de 10 perros con glaucoma primario (tabla 2).

A los ojos se les midió el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina (CFNR) con un analizador de fibras nerviosas (AFN), y la longitud del eje A-P con un ultrasonido. Los resultados obtenidos en perros normales se muestran en el tabla 3.

El método estadístico se basó en la correlación de las medidas obtenidas. Para el análisis de los datos se utilizó un programa de estadística llamado Statistica versión 5.0, con el cual se llevó a cabo una correlación de matrices (correlación del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina [CFNR] con el eje A-P). El índice de correlación obtenido entre las dos variables en perros normales fué de 0.06, lo que sugiere que no hay una correlación estadísticamente significativa entre las variables estudiadas (tabla 5), y el índice de correlación en perros afectados con glaucoma fué de 0.68 (tabla 6)

Los valores máximos y mínimos obtenidos en perros clínicamente sanos por el AFN y por la ecografía, así como el valor medio de los datos se muestran en la figura 13 y 14 respectivamente. Estos valores indican que los perros de raza Cocker Spaniel de uno a seis años de edad, clínicamente sanos, tanto hembras como machos, presentan un grosor en la CFNR que va de 98 a 171 μm (figura 13) con una media de 146 μm . De igual manera, indican que

los perros de raza Cocker Spaniel de uno a seis años de edad, clínicamente sanos, hembras o machos presentan un eje A-P de 18.5 a 22.3 mm (figura 14) con una media de 20.35 mm.

La distribución y correlación de los 2 grupos de datos en los perros sanos, se muestra en la figura 15.

En los perros clínicamente sanos, a los que se logró obtener la imagen de ambos ojos con el AFN, se encontró que existen diferencias en el grosor de la CFNR de los ojos un mismo sujeto, y que estas diferencias van desde un valor mínimo de cero (la capa de fibras nerviosas de un perro midió lo mismo en ambos ojos), hasta un valor máximo de 63 μm ; esta diferencia de valores se muestra en el tabla 7.

De la misma forma, las diferencias en la longitud del eje A-P de ambos ojos de un mismo perro clínicamente sano se muestran en el tabla 8, mostrando que la diferencia mínima fue de 0.11 mm, y el valor máximo de diferencia fué de 0.26 mm

La distribución de los valores del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina, así como los valores de la longitud A-P de los perros clínicamente sanos, se muestran en las figuras.

3.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN PERROS CLINICAMENTE SANOS.

Se analizaron 22 ojos de 14 perros de raza Cocker Spaniel, 6 machos y 8 hembras, de entre 1 y 6 años de edad, clínicamente sanos. De estos 22 ojos analizados 10 eran izquierdos y 12 derechos (tabla 1).

El promedio (\pm DE) del grosor de la CFNR ,tomando en cuenta todo el grupo de ojos analizados fué el siguiente:

Cuadrante superior: $150.01 \pm 20.67 \mu\text{m}$ (tabla 9)

Cuadrante inferior: $141.36 \pm 23.62 \mu\text{m}$.

El promedio de los ojos de perros machos (\pm DE) de la CFNR fue:

Cuadrante superior: $154.55 \pm 27.15 \mu\text{m}$ (tabla 10)

Cuadrante inferior: $145.89 \pm 20.75 \mu\text{m}$, el total de ojos analizados fue de 9, 6 derechos y 3 izquierdos.

El promedio de los ojos de las hembras (\pm DE) de la CFNR fue:

Cuadrante superior: $147.00 \pm 15.2 \mu\text{m}$, (tabla 11)

Cuadrante inferior: $138.23 \pm 25.76 \mu\text{m}$, el total de ojos analizados fue de 13, 6 derechos y 7 izquierdos.

El promedio de perros machos de 1 a 3 años de edad (\pm DE) de la CFNR fue:

Cuadrante superior: $159.33 \pm 18.36 \mu\text{m}$ (tabla 12)

Cuadrante inferior: $143.33 \pm 21.97 \mu\text{m}$. El total de ojos analizados fue de 6, siendo 4 derechos y 2 izquierdos.

El promedio de los perros machos de 4 – 6 años de edad (\pm DE) fue:

Cuadrante superior: $145.00 \pm 43.6 \mu\text{m}$, (tabla 13)

Cuadrante inferior: $151.00 \pm 21.38 \mu\text{m}$, el total de los ojos analizados fue de 3, de los cuales 2 fueron derechos y 1 izquierdo.

El promedio (\pm DE) de la CFNR de los ojos de Hembras de 1- 3 años de edad fue:

Cuadrante superior: $146.66 \pm 16.24 \mu\text{m}$

Cuadrante inferior: $125.66 \pm 26.26 \mu\text{m}$, (tabla 14). El total de los ojos analizados fue de 6, teniendo 3 derechos y 3 izquierdos.

El promedio (\pm DE) de la CFNR de los ojos de Hembras de 4 a 6 años de edad fue:

Cuadrante superior: $147.28 \pm 15.55 \mu\text{m}$

Cuadrante inferior: $149.00 \pm 21.43 \mu\text{m}$, (tabla 15). El total de los ojos analizados fue de 7, de los cuales 3 fueron derechos y 4 izquierdos.

Se obtuvieron valores de la CFNR del cuadrante superior e inferior de acuerdo a la edad, esto es el promedio de todos los perros de 1 año, de 2 años etc. Esto se realizo con la finalidad de hacer una gráfica y observar si existe una disminución en el grosor de la CFNR con la edad. En las gráficas se observa una disminución en el cuadrante superior, mientras que en el cuadrante inferior se observa una grafica homogénea, lo cual hace suponer que el grosor de la CFNR de este cuadrante no disminuye con la edad.

Diferencia entre sexos.

De acuerdo con el análisis de varianza, el valor de f (f calculada = 0.537) como es mayor al de las tablas, si existe una diferencia estadística entre machos ($154.55 \pm 27.15 \mu\text{m}$) y hembras ($147.0 \pm 15.2 \mu\text{m}$) en el cuadrante superior, y en el caso del cuadrante inferior el valor de f (f calculada = 0.51.7) tambien fué mayor al de las tablas, existiendo una diferencia estadística entre machos ($145.89 \pm 20.75 \mu\text{m}$) y hembras ($138.23 \pm 25.76 \mu\text{m}$) en el cuadrante antes mencionado.

Diferencia entre perros jóvenes y perros adultos.

Los resultados obtenidos en el cuadrante superior de los perros jóvenes ($159.33 \pm 18.36 \mu\text{m}$) y adultos ($145.0 \pm 43.6 \mu\text{m}$), y obteniendo el valor de f (f calculada = 1.137) que resultó ser mayor al de las tablas, nos indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre estos dos grupos. Al hacer la comparación entre el cuadrante inferior en este mismo grupo se obtuvo que: el valor en los jóvenes es de $143.33 \pm 21.97 \mu\text{m}$ y el obtenido en los adultos fué de $151.0 \pm 21.38 \mu\text{m}$, obteniendo un valor de f (f calculada = 0.58.3) mayor al de las tablas, nos indica que existe una diferencia significativa en este cuadrante entre estos dos grupos de animales.

En el caso de las hembras, al comparar jóvenes ($146.66 \pm 16.24 \mu\text{m}$) y adultos ($147.28 \pm 15.55 \mu\text{m}$) del cuadrante superior, el valor de f (f calculada = 0.707) fue menor al de tablas, esto nos indica que no existió una diferencia estadística en este cuadrante. Al comparar el cuadrante inferior en los jóvenes ($125.66 \pm 26.26 \mu\text{m}$) y adultos ($149.0 \pm 21.43 \mu\text{m}$), el valor de f (f calculada = 2.528) fué mayor al de tablas, existiendo una diferencia estadística significativa entre estos dos grupos.

Diferencia entre cuadrantes.

Para esta comparación, se utilizaron todos los datos tanto de hembras como de machos del cuadrante superior ($150.01 \pm 20.67 \mu\text{m}$), así como del cuadrante inferior ($141.36 \pm 23.62 \mu\text{m}$), obteniendo un valor de f (f calculada = 1.701) mayor al de tablas, lo que sugiere una diferencia estadística entre el cuadrante superior y el inferior.

3.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN PERROS AFECTADOS CON GLAUCOMA PRIMARIO.

Los valores relativos de la presión intra ocular (PIO), grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina (CFNR) y el valor promedio de los cuadrantes superiores e inferiores se observan en el tabla 16.

Analizando el tabla 16, se observa que solamente un ojo con glaucoma presento una PIO de 24 mm Hg, siendo que los demas ojos presentaron valores superiores a 25 mm Hg. La media de la PIO de la población estudiada con glaucoma tuvo una variación de $26.80 \text{ mm Hg} < \mu < 30.65 \text{ mm Hg}$.

Con los datos de la tabla anterior, se procedió a determinar la media, la desviación estandar, los valores máximo y mínimo con un intervalo de confianza del 95%. La PIO y el grosor de la CFNR de los cuadrantes superior e inferior de los ojos glaucomatosos se muestran en el tabla 17.

Se utilizó una t de "Student" para examinar la hipótesis nula (H_0) que menciona que los valores de los cuadrantes superiores e inferiores son iguales, *versus* la hipótesis alterna (H_1) que menciona que hay diferencia entre estos cuadrantes, pero el valor de $t_{\text{calc}} = 0.65$, no aceptando la hipótesis nula a un nivel de probabilidad del 5%, indicando que la medida de los valores medios de los 2 cuadrantes no es estadísticamente diferente entre si en ojos glaucomatosos.

La comparación estadística del grosor de la CFNR, así como los valores medios de los cuadrantes superior e inferior de los ojos, muestran que son más delgados estos cuadrantes comparandolos con ojos sanos.

Estos datos obtenidos, pueden servir como parametros para nuevos estudios, considerando la carencia de datos en la medicina veterinaria.

Se realizó una correlación lineal entre la PIO y el grosor de la CFNR, obteniéndose los valores del cuadrante superior y del cuadrante inferior, esto se observa en la tabla 18.

En el tabla 18 se observa que todas las variables (grosor de la CFNR, valor promedio del cuadrante superior e inferior) están correlacionados positivamente entre sí, el nivel de probabilidad fue del 5%, indicando que cuando una medida disminuye la otra hace lo mismo. Si se hace una correlación lineal negativa entre la PIO y el grosor de la CFNR, se demuestra que cuando la PIO aumenta las otras variables disminuyen, esta correlación es a un nivel de probabilidad del 10%, no es una probabilidad significativa, pero cuando el grosor de la CFNR en sus dos cuadrantes disminuye, la PIO aumenta.

3.3 OJOS NORMALES *versus* OJOS GLAUCOMATOSOS

Los resultados de los ojos normales fueron comparados con los resultados de los ojos glaucomatosos, los valores de la PIO, grosor de la CFNR y de los cuadrantes superior e inferior se observan en la tabla 19.

Analizando los valores de la tabla anterior mediante una *t* de "Student", se puede decir que el promedio del grosor de la CFNR, tanto en el cuadrante superior como en el cuadrante inferior, fueron estadísticamente menores en los perros con glaucoma comparándolo con los ojos de perros sanos ($p < 0.05$).

Weinreb et al (1995) informa que en humanos el grosor de la CFNR puede estar más delgada en estadios tempranos de glaucoma, y conforme

progresa la enfermedad los ojos glaucomatosos presentan una disminución en el grosor de la CFNR, esto comparado con ojos normales ($p < 0.05$).

Estos resultados confirman que la PIO es un factor de riesgo importante para el desarrollo y progresión del glaucoma.

Esta forma de diagnóstico (AFN), tiene un valor importante en la oftalmología veterinaria, debido a que resulta imposible realizar exámenes campimétricos en los perros con glaucoma.

Un análisis de la CFNR en ojos glaucomatosos puede ser de gran ayuda para prevenir el glaucoma de un ojo contralateral que presenta un glaucoma avanzado, también para prevenir o controlar el inicio de la enfermedad en razas de perros predisponentes, o en individuos que tienen una historia familiar de glaucoma primario, también es útil para saber si un paciente puede tener una terapia médica o quirúrgica con la intención de mantener la visión el mayor tiempo posible.

4. DISCUSIÓN

Los métodos de diagnóstico en las diferentes especialidades de oftalmología son cada vez más complejos y específicos para cada región ocular, sin que esto signifique que estén sustituyendo a métodos de diagnóstico tradicionales que resultan ser de gran utilidad, como una buena historia clínica, el uso de la tonometría y el uso de la oftalmoscopia, entre otros.

En el caso de glaucoma, sin embargo, es importante destacar que hasta el momento no se cuenta con un método real para detectar los eventos

progresar la enfermedad los ojos glaucomatosos presentan una disminución en el grosor de la CFNR, esto comparado con ojos normales ($p < 0.05$).

Estos resultados confirman que la PIO es un factor de riesgo importante para el desarrollo y progresión del glaucoma.

Esta forma de diagnóstico (AFN), tiene un valor importante en la oftalmología veterinaria, debido a que resulta imposible realizar exámenes campimétricos en los perros con glaucoma.

Un análisis de la CFNR en ojos glaucomatosos puede ser de gran ayuda para prevenir el glaucoma de un ojo contralateral que presenta un glaucoma avanzado, también para prevenir o controlar el inicio de la enfermedad en razas de perros predisponentes, o en individuos que tienen una historia familiar de glaucoma primario, también es útil para saber si un paciente puede tener una terapia médica o quirúrgica con la intención de mantener la visión el mayor tiempo posible.

4. DISCUSIÓN

Los métodos de diagnóstico en las diferentes especialidades de oftalmología son cada vez más complejos y específicos para cada región ocular, sin que esto signifique que estén sustituyendo a métodos de diagnóstico tradicionales que resultan ser de gran utilidad, como una buena historia clínica, el uso de la tonometría y el uso de la oftalmoscopia, entre otros.

En el caso de glaucoma, sin embargo, es importante destacar que hasta el momento no se cuenta con un método real para detectar los eventos

iniciadores de la enfermedad, y mucho menos con tratamientos que permitan prevenir la obstrucción en el drenaje del humor acuoso y la atrofia del nervio óptico. La detección temprana de los cambios en la retina y el nervio óptico, así como una intervención médica y quirúrgica agresiva son las bases para lograr una terapia exitosa en esta enfermedad (9).

La evaluación de la capa de fibras nerviosas de la retina (CFNR) es una herramienta útil en el diagnóstico y seguimiento de glaucoma, sin embargo, y debido a que las técnicas clínicas para su evaluación hasta el momento han resultado ser subjetivas, es necesario desarrollar instrumentos que sean capaces de captar y reproducir las medidas exactas *in vivo* del grosor de esta capa de la retina (37).

De esta manera, y aprovechando las propiedades birrefringentes de la CFNR, se han desarrollado diferentes métodos de diagnóstico para medir el grosor de esta capa celular. El método que ha mostrado ser el más exacto para este fin es el analizador de fibras nerviosas (AFN, láser diagnostic technologies, San Diego, CA).

Cuando se evalúa una nueva técnica de diagnóstico clínico, o una nueva utilidad de alguna técnica de diagnóstico ya conocida (como puede ser el AFN y el ultrasonido), es necesario realizar estudios repetitivos con el fin de obtener datos de una manera constante, y de esta forma tener parámetros normales que pudieran compararse con otros estudios. Esto se puede lograr si los pacientes sujetos a estudio son evaluados de la misma forma en todos los estudios realizados, con el fin de obtener valores similares.

Los resultados de algunos trabajos de investigación realizados en humanos, parecen indicar que la cantidad de fibras nerviosas ópticas y la

capacidad anatómica de reserva en neuropatías ópticas progresivas, son mayores en ojos con discos ópticos grandes que en ojos con papila óptica pequeña, y que existe una correlación positiva entre estos dos parámetros (cantidad de fibras ópticas y tamaño de la papila óptica) (38).

En estudios realizados en un grupo de personas de raza negra, se observó que el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina disminuye con la edad y que las personas que presentan este fenómeno tienen el riesgo de presentar enfermedades como glaucoma, miopía, atrofia del nervio óptico o enfermedad de Alzheimer. Todos estos resultados es importante tomarlos en cuenta en el progreso y pronóstico de las neuropatías ópticas (33,38).

En este estudio se buscó determinar si el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina y la longitud del eje A-P de perros clínicamente sanos y bajo condiciones similares tienen relación alguna, es decir, si una variable es dependiente o esta influenciada por la otra, y de existir esta relación, buscar su repercusión en la presencia de enfermedades.

Se tuvieron algunas complicaciones al realizar el trabajo de campo, por ejemplo, está el hecho de que no se podía trabajar con más de 3 perros por sesión, ya que su manejo requería que fueran anestesiados, lo que implicaba estarlos monitoreando constantemente previniendo alguna complicación. Por otro lado, debido a que se requiere de experiencia para el manejo del equipo utilizado (AFN y ultrasonido), se requirió del apoyo de las personas que normalmente los utilizan y que estos operadores fueran los mismos en todas las sesiones del proyecto.

Los datos obtenidos en este estudio, desafortunadamente no se pueden comprar con otros de la misma índole, ya que este trabajo es original y no se

tienen reportes de que se hayan realizado trabajos similares en perros. Comparar estos resultados con trabajos realizados en humanos no es válido, ya que hay diferencias significativas entre retinas de las dos especies. Entonces especulamos que los resultados obtenidos son válidos y aportan un grupo de datos que pueden ser comparados en el futuro con trabajos similares de interés científico.

Según se pudo observar en este estudio, existe una gran variación entre un perro y otro, tanto en el grosor de la capa de células nerviosas de la retina como en el eje antero-posterior del globo ocular, y aún entre los ojos de un mismo perro, y ambas medidas no tienen una correlación entre sí que sea estadísticamente significativa. Así, podemos afirmar que la relación entre estas variables no puede influir de alguna manera en la presentación o ausencia de enfermedades.

Sin embargo, se pudieron obtener parámetros, tanto del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina, como de la longitud A-P, aún cuando es necesario realizar estudios similares que den mayor credibilidad a los datos obtenidos.

Se sugiere utilizar estas técnicas de diagnóstico (AFN y ultrasonido) en pacientes potenciales a sufrir glaucoma o incluso con signología de la enfermedad. Un paciente potencial, sería aquel que presenta historia familiar de elevación en la PIO, que sufra de cataratas, que haya sufrido algún traumatismo cráneo-cefálico, o que sea de una raza predisponente a sufrir glaucoma primario. Recordemos que los ojos afectados con glaucoma pierden axones de las fibras nerviosas de la retina antes de que se observen cambios

oftalmológicos en la cabeza del nervio óptico, e incluso antes de un examen de campos visuales (36)

En pacientes que sufren glaucoma agudo, se puede realizar este tipo de estudios para observar y evaluar la variabilidad en el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina durante el transcurso de la enfermedad y saber hasta qué punto la terapia médica o quirúrgica implementada resulta eficiente.

5. CONCLUSIONES

1. Este es un trabajo original y pretende aportar parámetros, tanto del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina como de la longitud del eje A-P del globo ocular en perros clínicamente sanos y afectados con glaucoma.
2. De acuerdo con los resultados obtenidos no existe correlación alguna entre el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina y la longitud del eje A-P del globo ocular.
3. Los materiales y métodos llevados a cabo al realizar las mediciones con las técnicas de estudio utilizadas, resultaron ser adecuados y pueden tomarse como modelo en estudios posteriores.
4. Se evaluaron ventajas y desventajas de ambas técnicas de estudio (AFN y ultrasonido).
5. Dentro de las ventajas, podemos mencionar que son herramientas útiles en el diagnóstico temprano de enfermedades, así como en su monitoreo.

oftalmológicos en la cabeza del nervio óptico, e incluso antes de un examen de campos visuales (36)

En pacientes que sufren glaucoma agudo, se puede realizar este tipo de estudios para observar y evaluar la variabilidad en el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina durante el transcurso de la enfermedad y saber hasta qué punto la terapia médica o quirúrgica implementada resulta eficiente.

5. CONCLUSIONES

1. Este es un trabajo original y pretende aportar parámetros, tanto del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina como de la longitud del eje A-P del globo ocular en perros clínicamente sanos y afectados con glaucoma.
2. De acuerdo con los resultados obtenidos no existe correlación alguna entre el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina y la longitud del eje A-P del globo ocular.
3. Los materiales y métodos llevados a cabo al realizar las mediciones con las técnicas de estudio utilizadas, resultaron ser adecuados y pueden tomarse como modelo en estudios posteriores.
4. Se evaluaron ventajas y desventajas de ambas técnicas de estudio (AFN y ultrasonido).
5. Dentro de las ventajas, podemos mencionar que son herramientas útiles en el diagnóstico temprano de enfermedades, así como en su monitoreo.

6. Dentro de las desventajas, podemos mencionar que es un equipo caro con el que sólo se cuenta en hospitales especializados y se requiere de un entrenamiento adecuado para su manejo.
7. Es necesario realizar estudios similares al que aquí se presenta con el fin de obtener resultados a comparar y lograr una mayor estandarización de las medidas obtenidas.
8. Los ojos evaluados en este estudio presentan un rango muy amplio en el grosor de la CFNR , lo mismo que en la longitud del eje A-P.
9. Un análisis del grosor de la CFNR *in vivo*, tienen un valor util para el clínico, ya que nos da una pauta para saber que tipo de tratamiento necesita el paciente, y para saber si el tratamineto implemetado esta siendo util al paciente.

6. BIBLIOGRAFÍA.

1. Cook C.S.: Embryogenesis of congenital eye malformations. Vet. Comp. Ophthalmol. 5 (2): 109 – 123, 1990.
2. Aguirre G.D., Rubin L.F., Bistner S.I: Development of the canine eye. Am. J. Vet. Res. 33 (12): 2399 – 2414, 1972.
3. Samuelson D.A: Ophthalmic embriology and anatomy. In: Veterinary Ophthalmology. Ed. by: K. N. Gelatt, Philadelphia, Lea & Febiger, second edition 1991.
4. Graue W.E.: Oftalmología. Primera edición. Mc Graw-Hill Interamericana, México D.F. pp: 10, 16, 19, 27, 28, 32, 36, 137, 138, 170. 1995.
5. Hart W.M Jr: Fisiología del ojo. Primera edición en español. Mosby/Doyma libros, Madrid, España. pp: 581, 585, 619, 621. 1994.
6. Repka M.X., Quigley H.A.: The effect of age on normal human optic nerve fiber number and diameter. Ophthalmology. 96 : 26-30 1989.

7. Sánchez R.M., Dunkelberger G., Quigley H.A.: The number and diameter distribution of axons in the monkey optic nerve. Invest. Ophthalmol. Vis.Sci. 27: 1342-1345, 1986.
8. Quigley H.A., Brown A.E., Morrison J.D., Drance S.M.: The size and shape of the optic disc in normal human eyes. Arch. Ophthalmol. 108: 51-57, 1990.
9. García S.G.: Evaluación de gonioimplantes valvulares y no valvulares para el control a largo plazo de glaucoma canino. Tesis de Doctorado. pp: 16-22. Fac. Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autonoma de México. México, D.F. 1998
10. Jonas J.B., Müller-Bergh J.A., Schlötzer- Schrehardt U.M., Naumann G.O.: Histomorphometry of the human optic nerve. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 31 (4): 736- 744, 1990.
11. Weinreb R. N., Dreher A.W., Coleman A., Quigley H.A., Shaw B., Reiter K.: Histopathologic validation of Fourier–Ellipsometry measurements of retinal nerve fiber layer thickness. Arch. Ophthalmol. 108: 557-560, 1990.
12. Sogano S., Tomita G., Kitazawa Y.: Changes in retinal nerve fiber layer thickness after reduction of intraocular pressure in chronic open-angle glaucoma. Ophthalmology. 100 (8): 1253-1258, 1993.

13. Mori M., Shaidi M., Rusi M., Zeimer R., Asrani S., Wilensky J.: Topography of the retina in the papillary region: A potentially sensitive test for nerve fiber loss. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 36 (suppl): 969, 1995.
14. Miglior S., Rossetti L., Lonatic C., Orzalesi N.: Reproducibility of optic disc morphometry by scanning laser ophthalmoscopy. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 36 (suppl): 970, 1995.
15. Ehrh O., Lachenmayr B.J.: Visualisation of the retinal nerve fiber layer (RNFL) with the scanning laser ophthalmoscope (SLO) and digital image processing. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 36 (suppl): 970, 1995.
16. Dan J.A., Belyea D.A., Leiberman M.F., Stamper R.L., Tayeri T.: Computerized optic disc evaluation (CODE). Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 36 (suppl): 970, 1995.
17. Stewart W.C., Hamzavi S., Stroman G.A.: Evaluating the accuracy of digitalized retinal images using laser induced changes to the optic disc in a cadaver eye model. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 36 (suppl): 971, 1995.

18. Gundersen K.G., Heijl A., Bengtsson B.: Variation of minimal rim width at different depths in normal and glaucomatous eyes. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 36 (suppl): 971, 1995.
19. Shuman J.S., Hee M.R., Pedut-Kloizman T., Wong C., Arya A.V., Hertzmark E., Pualiafito C.A., Fujimoto J.G., Swanson E.A., Izatt J.A.: Reproducibility of nerve fiber thickness measurements using optical coherence tomography. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 36 (suppl): 971, 1995.
20. Tjon-Fo-Sang M.J., de Vries J., Lemij H.G.: Reproducibility of measurements with the nerve fiber analyzer. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 36 (suppl): 972, 1995.
21. Poinosowmy D., Bhandari A., Wu J., Fontana L., Fitzke F.W., Hitchings R.A.: Variation of nerve fibre layer thickness with age and race. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 36 (suppl): 972, 1995.
22. Nichols T.L., Minckler D.S., Varma R.: Changes in the nerve fiber layer height with increasing distance from the disc margin. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 36 (suppl): 973, 1995.
23. Inazumi K., Tomita G., Chi Q., Hayakawa T., Ido T., Kitazawa Y.: Aging effects on the retinal nerve fiber layer thickness evaluated by scanning laser polarimetry. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 36 (suppl): 973, 1995.

24. Ge N., Nichols T.L., Minckler D.S., Varma R.: Differences in nerve fiber layer height between glaucomatous and age and race-matched normal individuals. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 36 (suppl): 973, 1995.
25. Zangwill L., Van Horn S., Shakiba S., Sample P.A., Weinreb R.N.: Comparison of structural parameters of glaucoma suspect eyes with normal and glaucoma eyes by scanning laser. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 36 (suppl): 975, 1995.
26. Weinreb R.N., Shakiba S., Zangwill L.: Scanning laser polarimetry to measure the nerve fiber layer of normal and glaucomatous eyes. Am. J. Ophthalmol. 119 (5): 627-636, 1995.
27. Shuman J.S., Noecker R.J.: Imaging of the optic nerve head and nerve fiber layer in glaucoma. Ophthalmol. Clin. of North Am. 8 (2): 259-279, 1995.
28. Niessen A.G. J.E., van der Berg T. J. T. P., Langerhorst C.T., Greve E. L.: Retinal nerve fiber layer assessment by scanning laser polarimetry and standardized photography. Am. J. Ophthalmol. 121 (5): 484-493, 1996.
29. Poinosawmy D., Fontana L., Wu J.X., Fitzke F.W., Hitchings R.A.: Variation of nerve fibre layer thickness measurements with age and ethnicity by scanning laser polarimetry. Br. J. Ophthalmol. 81: 350-354, 1997.

30. Good P.A., Beatty S., Tsaloumas M.T.: Echographic measurement of optic nerve diameter and its use in glaucoma. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 38 (suppl): 833, 1997
31. Tongu M. T. S., Borges M.H., Giovedi M.A., Cohen R., Almeida G.V.: Reliability of echographic examination as a study method of the optic cup. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 38 (suppl): 833, 1997.
32. Zanwill L.M., William J.M., Weinreb R.N.: Quantitative methods for evaluating the retinal nerve fiber layer in glaucoma. Ophthalmol. Clin. of North Am. 8 (2): 233-241, 1998.
33. Tjon-Fo-Sang M.J., Lemij H.G.: Retinal nerve fiber layer measurements in normal black subjects as determined with scanning laser polarimetry. Ophthalmology. 105 (1): 78-81, 1998.
34. Lemij H.G., Tjon-Fo-Sang M.J.: The nerve fiber analyser. Ophthalmol. Clin. of North Am. 11 (3): 411-420, 1998.
35. Hudson C.: Nerve fibre layer thickness measurements derived by scanning laser polarimetry: the jury is out. Br. J. Ophthalmol. 81: 338-339. 1997.

36. Sommer A.: Retinal Nerve Fiber Layer. Am. J. Ophthalmol. 20 (5): 665-667, 1995
37. Tuulonen A., Airaksinen P.J.: Polarimetry of the retinal nerve fiber layer. Curr. Opin. Ophthalmol. 7 (23): 34-38. 1996
38. Jonas J.B., Schmidt A.M., Muller-Bergh J.A., Schlotzer-Schrehardt U.M., Naumann G.O.: Human optic nerve fiber count and optic disc size. Invest. Ophthal. Vis Sci. 33 (6): 2012-2015, 1992
39. Gwin, R.M., Current concepts in small animal glaucoma, recognition and treatment. Vet. Clin. Of North Am. (Small Ani. Pract.) 1980; 10: 357-376.

7. TABLAS

Tabla 1.- Relación de perros sanos, ojo analizado y lugar donde viven

Numero de caso	Nombre del perro	Sexo	Edad (años)	Ojo Analizado	Lugar donde vive
1	Martins	Hembra	4	OS	Casa
2	Félix	Macho	2.5	OD	Departamento
3	Jarra	Hembra	4	OD y OS	Departamento
4	Rivera	Hembra	5	OD	Casa
5	Josny	Macho	1	OD y OS	Departamento
6	Robot	Hembra	5	OS	Casa
7	Gustav	Macho	3	OD	Departamento
8	Copy	Macho	3	OD y OS	Departamento
9	Pelusa	Hembra	3	OD y OS	Departamento
10	Jesusa	Hembra	3.5	OD y OS	Departamento
11	Meiga	Hembra	4	OD y OS	Departamento
12	Greta	Hembra	3	OD y OS	Casa
13	Dinky	Macho	5	OD y OS	Departamento
14	Washington	Macho	6	OD	Casa

OD: Ojo derecho.

OS: Ojo izquierdo.

Tabla 2.- Perros afectados con glaucoma, ojo analizado y lugar donde viven.

Número de caso	Nombre del perro	Sexo	Ojo analizado	Edad (años)	Lugar donde viven
1	Diana	H	OS	7	Casa
2	Pecas	M	OS	3	Departamento
3	Uzi	H	OS	6	Casa
4	Susuky	H	OD	8	Departamento
5	Cooper	M	OS	8	Departamento
6	Orejon	M	OD	4	Departamento
7	Loly	H	OD	4	Casa
8	García	M	OD	8	Departamento
9	Sandy	H	OD	9	Departamento
10	Meiga	H	OD y OS	4	Departamento

OD = Ojo derecho

OS = Ojo izquierdo

Tabla 3.- Valores del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina, presión intraocular y eje antero-posterior en perros sanos.

Promedio del grosor de la CFNR(μm).		PIO (mm Hg)	Longitud A-P del globo ocular (milímetros).	
Número de caso	Ojo analizado			
1	OS	130	17	20.15
2	OD	130	17	20.50
3	OD	171	14	20.04
	OS	150	155	20.15
4	OD	162	16	18.50
5	OD	150	16	19.80
	OS	145	17	19.90
6	OS	135	14	22.30
7	OD	167	16	20.65
8	OD	146	17	21.00
	OS	146	14	21.26
9	OD	161	18	20.20
	OS	98	14	20.10
10	OD	145	17	19.80
	OS	126	16	19.40
11	OD	145	12	22.10
	OS	147	16	22.00
12	OD	126	14	20.70
	OS	133	14	20.80
13	OD	167	17	20.98
	OS	148	16	20.81
14	OD	146	14	19.20

OD: Ojo derecho.

OS: Ojo izquierdo

PIO: Presión intraocular

A-P Antero-Posterior

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina

Tabla 4.- Valores de la presión intraocular, grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina y del eje antero-posterior, así como el resultado del examen gonioscópico en perros glaucomatosos.

Número de caso	Edad (años)	Ojo analizado	PIO (mm Hg)	Examen gonioscópico	Grosor de la CFNR (μm)	Eje A-P (mm)
1	7	OS	28	Estrecho	096	21.3
2	3	OS	28	Disgénico	102	20.8
3	6	OS	27	70% estrecho 30% cerrado	059	22.1
4	8	OD	31	50% estrecho 50% cerrado	077	22.1
5	8	OS	26	Estrecho	085	22.8
6	4	OD	27	50% estrecho 50% cerrado	095	20.8
7	4	OD	32	Estrecho	115	21.4
8	8	OD	24	Estrecho	121	20.8
9	9	OD	28	Estrecho	139	20.6
10	4	OD	32	Estecho	090	22.3
10	4	OS	33	80 % estrecho 20% cerrado	071	22.6

OD: Ojo derecho.

OS: Ojo izquierdo

PIO: Presión intraocular

A-P Antero-Posterior

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina

Tabla 5.- Correlación de las variables CFNR y eje a-p en perros sanos.

Variable	AFN	Eje A-P
AFN	1.00	-.06*
Eje A-P	-.06*	1.00

*Es significativo cuando $p < 0.05$

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina

A-P: antero-posterior

Tabla 6.- Correlación de las variables CFNR, PIO y eje a-p en perros glaucomatosos.

Variable	AFN	Eje A-P	PIO
AFN	1.00	-.068*	-.25
Eje A-P	-.068*	1.00	.42
PIO	-.25	.42	1.00

*Es significativo cuando $p < 0.05$

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina

A-P: antero-posterior

PIO. Presión intra-ocular

Tabla 7.- Perros clínicamente sanos a los que se les midió ambos ojos con el analizador de fibras nerviosas.

Numero de caso	Sexo	Edad	Ojo analizado	Valor CFNR en μm	Diferencia entre ambos ojos	Medida eje A-P
3	H	4	OD	171	21	20.04
			OS	150		20.15
5	M	1	OD	150	5	19.80
			OS	145		19.90
8	M	3	OD	146	0	21.00
			OS	146		21.26
9	H	3	OD	161	63	20.20
			OS	98		20.10
10	H	3.5	OD	145	19	19.80
			OS	126		19.40
11	H	4	OD	145	2	22.10
			OS	147		22.00
12	H	3	OD	126	7	20.70
			OS	133		20.80
13	H	5	OD	167	19	20.98
			OS	148		20.81

El valor promedio de variación de la CFNR en ambos ojos fue de $17\mu\text{m}$.

H: Hembra

M: Macho

OD: Ojo derecho

OS: Ojo izquierdo

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina

Tabla 8.- Perros clínicamente sanos a los que se les midió el eje a-p de ambos ojos .

Numero de caso	Sexo	Edad	Ojo analizado	Valor mm	*Diferencia entre ambos ojos
3	H	4	OD	20.04	0.11
			OS	20.15	
5	M	1	OD	19.80	0.1
			OS	19.90	
8	M	3	OD	21.00	0.26
			OS	21.26	
9	H	3	OD	20.20	0.1
			OS	20.10	
10	H	3.5	OD	19.80	0.4
			OS	19.40	
11	H	4	OD	22.10	0.1
			OS	22.00	
12	H	3	OD	20.70	0.1
			OS	20.80	
13	H	5	OD	20.98	0.17
			OS	19.20	

* El valor promedio de variación fue de 0.16 mm

OD: Ojo derecho

OS: Ojo izquierdo

A-P:

antero-

posterior.

Tabla 9.- Medidas del grosor de la CFNR por cuadrante en perros clínicamente sanos

Número de caso	Sexo	Edad	Ojo analizado	Valor de la CFNR por cuadrante (S-I;µm)	Longitud del eje A-P (mm)
1	H	4	OS	S. 130 I. 125	20.15
2	M	2.5	OD	S. 133 I. 121	20.50
3	H	4	OD	S. 169 I. 181	20.04
			OS	S. 160 I. 161	20.15
4	H	5	OD	S. 152 I. 154	18.50
5	M	1	OD	S. 167 I. 147	19.80
			OS	S. 145 I. 130	19.90
6	H	5	OS	S. 125 I. 118	22.30
7	M	3	OD	S. 184 I. 184	20.65
8	M	3	OD	S. 170 I. 135	21.00
			OS	S. 157 I. 143	21.26
9	H	3	OD	S. 162 I. 158	20.20
			OS	S. 120 I. 84	20.10
10	H	3.5	OD	S. 161 I. 144	19.80
			OS	S. 154 I. 133	19.40

(Continua)

Continuación tabla 9.

Número de caso	Sexo	Edad	Ojo analizado	Valor promedio de cada cuadrante (S.I; μm)	Longitud del eje A-P del globo ocular (mm)
11	H	4	OD	S. 147 I. 154	22.10
			OS	S. 148 I. 150	22.00
12	H	3	OD	S. 136 I. 126	20.70
			OS	S.147 I. 109	20.80
13	M	5	OD	S. 165 I. 175	20.98
			OS	S. 175 I. 134	20.81
14	M	6	OD	S. 95 I. 144	19.20

Solo se tomo la medida del cuadrante superior (S) y del inferior (I)

El promedio (\pm DE) del cuadrante superior es de 150.01 ± 20.67

El promedio (\pm DE) del cuadrante inferior es de 141.36 ± 23.62

OD: Ojo derecho

OS: ojo izquierdo

M: Machos

H: Hembras

Tabla 10.- Medidas del grosor de la CFNR por cuadrante en machos sanos

Número de caso	Edad	Ojo evaluado	Valor promedio de la CFNR de cada cuadrante (µm)	Longitud del eje A-P del globo ocular (mm)
2	2.5	OD	S. 133 I. 125	20.15
5	1	OD	S. 167 I. 147	19.80
		OS	S. 145 I. 130	19.90
7	3	OD	S. 184 I. 184	20.65
8	3	OD	S. 170 I. 135	21.00
		OS	S. 157 I. 143	21.26
13	5	OD	S. 165 I. 175	20.98
		OS	S. 175 I. 134	20.81
14	6	OD	S. 95 I. 144	19.20

Se evaluaron 9 ojos de 6 perros, a 3 perros se les evaluó 1 ojo (OD), y a 3 perros se les evaluaron ambos ojos

S = Superior

I = Inferior

OD: Ojo derecho.

OS: Ojo izquierdo

El promedio (\pm DE) del cuadrante superior es de 154.55 ± 27.15

El promedio (\pm DE) del cuadrante inferior es de 145.89 ± 20.75

Tabla 11. Medidas del grosor de la capa de fibras nerviosa de la retina por cuadrante en hembras sanas.

Número de caso	Edad	Ojo evaluado	Valor promedio de la CFNR de cada cuadrante (μm)	Longitud A-P del globo ocular (mm)
1	4	OS	S. 130 I. 125	20.15
3	4	OD	S. 169 I. 181	20.04
		OS	S. 160 I. 161	20.15
4	5	OD	S. 152 I. 154	18.50
6	5	OS	S. 125 I. 118	22.30
9	3	OD	S. 162 I. 158	20.20
		OS	S. 120 I. 84	20.10
10	3.5	OD	S. 161 I. 144	19.80
		OS	S. 154 I. 133	19.40
11	4	OD	S. 147 I. 154	22.10
		OS	S. 148 I. 150	22.00
12	3	OD	S. 136 I. 126	20.70
		OS	S. 147 I. 109	20.80

Se evaluaron 13 ojos de 8 hembras, 6 ojos derechos y 7 izquierdos

El promedio (\pm DE) del cuadrante superior es de 147.00 ± 15.2

El promedio (\pm DE) del cuadrante inferior es de 138.23 ± 25.76

S: Superior

I: Inferior

OD: Ojo derecho

OS: Ojo izquierdo

Tabla 12.- Medidas del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina por cuadrante en machos sanos de 1 a 3 años de edad.

Número de caso	Edad (años)	Ojo evaluado	Valor promedio de la CFNR (μm)	Diferencia de medida entre los dos cuadrantes	Longitud A-P del globo ocular (mm)
2	2.5	OD	S.133 I. 121	12	20.50
5	1	OD	S. 167 I. 147	20	19.80
		OS	S. 145 I. 130	15	
7	3	OD	S. 184 I. 184	0	20.65
8	3	OD	S. 170 I. 135	35	21.00
		OS	S.157 I. 143	14	

Se analizaron 6 ojos (4 derecho y 2 izquierdos) de 4 perros machos, el valor mínimo entre los cuadrantes de un mismo ojo es de 0 μm , y el valor máximo entre los cuadrantes de un mismo ojo es de 35 μm

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina

OD: Ojo derecho OS Ojo izquierdo

S: Superior I: Inferior

El promedio (\pm DE) del cuadrante superior es de 159.33 ± 18.36

El promedio (\pm DE) del cuadrante inferior es de 143.33 ± 21.97

Tabla 13.- Medidas del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina por cuadrante en machos sanos mayores de 3 años de edad.

Número de caso	Edad	Ojo analizado	Valor promedio de cada cuadrante (S-I; μm)	Diferencia de medida entre los dos cuadrantes	Longitud A-P del globo ocular mm
13	5	OD	S. 165 I. 175	10	20.98
		OS	S. 175 I. 134	41	20.81
14	6	OD	S. 95 I. 144	49	19.20

Solo se tomó la medida del cuadrante superior y del inferior. Se analizaron 3 ojos, de los cuales 2 fueron derechos y 1 izquierdo.

El valor mínimo encontrado en este grupo fue de 10 μm , y el valor máximo fue de 49 μm .

El promedio (\pm DE) del cuadrante superior es de 145.00 ± 43.6

El promedio (\pm DE) del cuadrante inferior es de 151.00 ± 21.38

OD: Ojo derecho

OS: Ojo izquierdo

S: Superior

I: Inferior

A-P: antero-posterior

Tabla 14.- Medidas del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina por cuadrante en hembras sanas de 1 a 3 años de edad.

Número de caso	Edad (años)	Ojo evaluado	Valor promedio de la CFNR (μm)	Diferencia de medida entre los dos cuadrantes	Longitud A-P del globo ocular
9	3	OD	S. 162 I. 158	4	20.20
		OS	S. 120 I. 84	36	20.10
10	3	OD	S: 161 I: 144	17	20
		OS	S: 154 I: 133	21	21
12	3	OD	S. 136 I. 126	10	20.70
		OS	S. 147 I. 109	38	20.80

El valor mínimo encontrado entre los cuadrantes de un mismo ojo es de 4 μm , y el valor máximo encontrado es de 38 μm .

OD: Ojo derecho

OS: Ojo izquierdo

S: Superior

I: Inferior

Tabla 15.- Medidas del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina por cuadrante en hembras sanas mayores de 3 años de edad.

Número de caso	Edad	Ojo analizado	Valor promedio de cada cuadrante (S-I; μm)	Diferencia de medida entre los dos cuadrantes	Longitud A-P del globo ocular (mm)
1	4	OS	S. 130 I. 125	15	20.15
3	4	OD	S. 169 I. 181	12	20.04
		OS	S. 160 I. 161	1	20.15
4	5	OD	S. 152 I. 154	2	18.50
6	5	OS	S. 125 I. 118	7	22.30
11	4	OD	S. 147 I. 154	7	22.10
		OS	S. 148 I. 150	2	22.00

Solo se tomó la medida del cuadrante superior y del inferior. El valor mínimo de la diferencia entre cuadrantes fue de $1 \mu\text{m}$, y el valor máximo fue de $21 \mu\text{m}$.

El total de los ojos analizados fue de 7, de los cuales 3 fueron ojos derechos y 4 ojos izquierdos.

El promedio (\pm DE) del cuadrante superior es de 147.38 ± 15.55

El promedio (\pm DE) del cuadrante inferior es de 149.00 ± 21.43

OD.- Ojo Derecho

OS.- Ojo izquierdo

S: Superior

I.- Inferior

Tabla 16.- Valores de la PIO y promedio de los cuadrantes superior e inferior en perros afectados con glaucoma

Número de caso	PIO (mm Hg)	Grosor de la CFNR (mm)	Promedio de los cuadrantes (S-I)
1	OS = 28	OS = 096	S = 100 I = 088
2	OS = 28	OS = 102	S = 084 I = 120
3	OS = 27	OS = 059	S = 054 I = 052
4	OD = 31	OD = 077	S = 078 I = 083
5	OS = 26	OS = 085	S = 082 I = 103
6	OD = 27	OD = 095	S = 095 I = 088
7	OD = 32	OD = 115	S = 110 I = 121
8	OD = 24	OD = 121	S = 128 I = 108
9	OD = 28	OD = 139	S = 153 I = 130
10	OD = 32	OD = 090	S = 110 I = 072
10	OS = 33	OS = 071	S = 083 I = 066

OD: Ojo derecho

OS: Ojo izquierdo

S: Superior

I: Inferior

PIO: Presión intraocular

CFNR: capa de fibras nerviosas de la retina

Tabla 17. Valores estadísticos de PIO, grosor de la CFNR y de los valores promedio de los cuadrantes superior e inferior en ojos glaucomatosos.

Parametro	Valor medio	Desviación estandar	Valor mínimo	Valor máximo	Indice de confiabilidad (95% de certeza)
PIO (mm Hg)	28.73	2.8667	24.00	33.00	$26.80 < \mu < 30.65$
Grosor de la CFNR (μm)	95.46	23.1960	59.00	139	$79.87 < \mu < 111.04$
Cuadrante superior (μm)	97.91	26.9050	54.00	153.00	$79.83 < \mu < 115.98$
Cuadrante inferior (μm)	93.73	24.9040	52.00	130.00	$77.00 < \mu < 110.46$

PIO: Presión intraocular

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina

Tabla 18. Correlación entre las diferentes variables en perros afectados con glaucoma.

Variables	Grosor de la CFNR (µm)	Cuadrante superior	Cuadrante inferior
PIO (mm Hg)	r = 0.25ns (p> 0.10)	r = 0.10ns (p> 0.10)	r = 0.25ns (p> 0.10)
Grosor de la CFNR (µm)	xxxxxxxx	r = 0.92*(p<0.05)	r = 0.88*(p< 0.05)
Cuadrante superior	xxxxxxxx	XXXXXXXXXXXX	r = 0.66* (p<0.05)

* Es significativo 5%; ns no significativo a 10%

PIO: Presión intraocular

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina

Tabla 19. Valores de t de “Student”, se compara los promedios de los ojos normales y de los ojos glaucomatosos de las variables estudiadas.

Variables	Promedio de los ojos normales	Promedio de los ojos glaucomatosos	Valor t “student”
PIO (mm Hg)	15.44	28.73	T = 14.32 *
Grosor de la CFNR (μm)	143.20	95.46	T = 6.73 *
Cuadrante superior (μm)	149.68	97.91	T = 6.07 *
Cuadrante inferior (μm)	141.16	93.73	T = 5.19 *

PIO: Presión intra ocular

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina

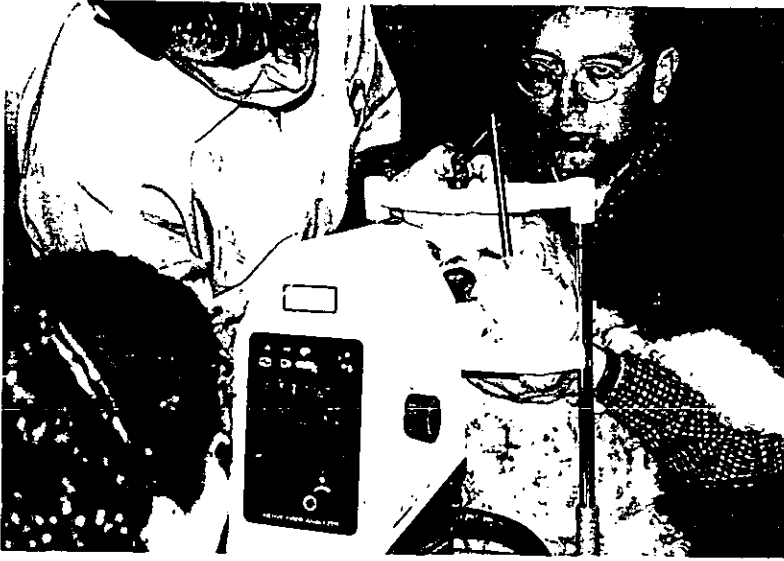


Figura 5. Posición del perro frente al analizador de fibras nerviosas.

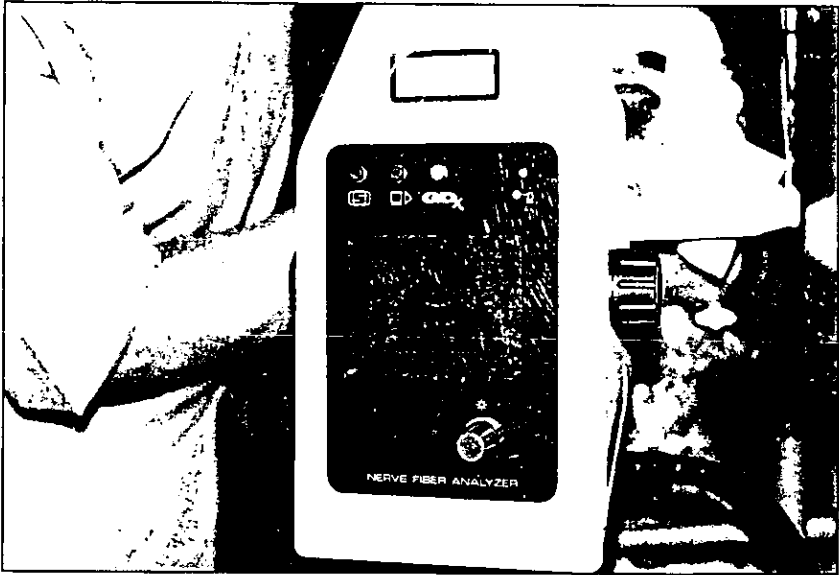


Figura 6. Analizador de fibras nerviosas de la retina.

GDx™ Nerve Fiber Analyzer **Symmetry Analysis**

Cocker, Josnv .

ID # : 05 5000 0000

Age: \ Gender: \rightarrow Race: CcckcK

Print Date : 01-Apr-2000

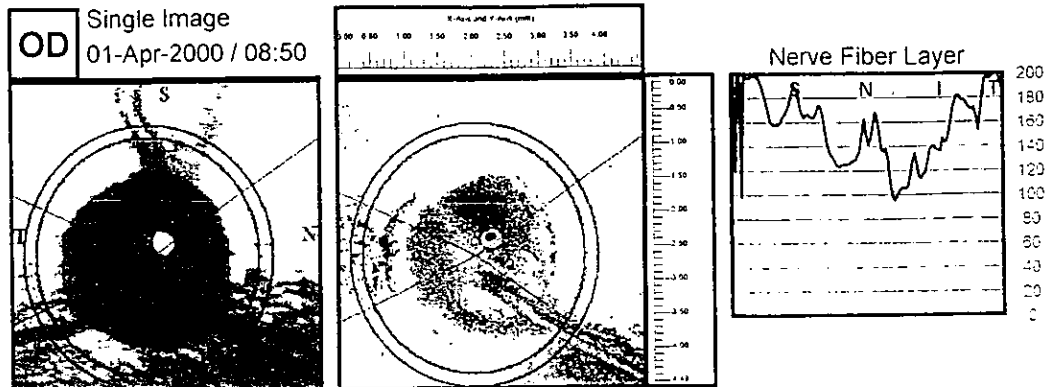


Figura 7. Imagen de un paciente mediante el analizador de fibras nerviosas de la retina.

NERVE FIBER ANALYSIS

	Act. Value	Probability	Act. Value	Probability	Difference		Act. Value	Probability	Act. Value	Probability	Difference
Symmetry	1.40					The Number					
Superior Ratio	1.01					Ellipse Modulation	1.52				
Inferior Ratio	0.72					Average Thickness	150				
Superior/Nasal	1.53					Ellipse Average	157				
Max. Modulation	0.53					Superior Average	167				
Superior Maximum	190					Inferior Average	147				
Inferior Maximum	135					Superior Integral	0.609				

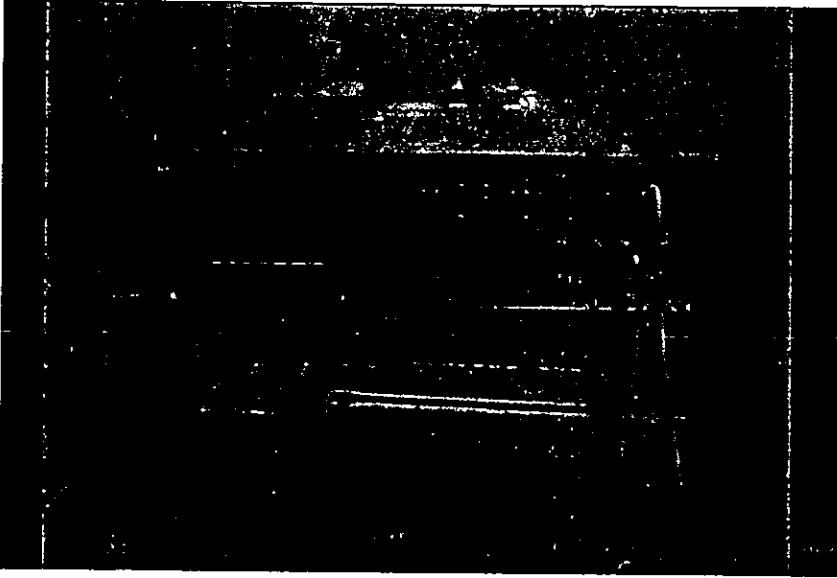


Figura 8: Ultrasonido de uso oftalmológico.

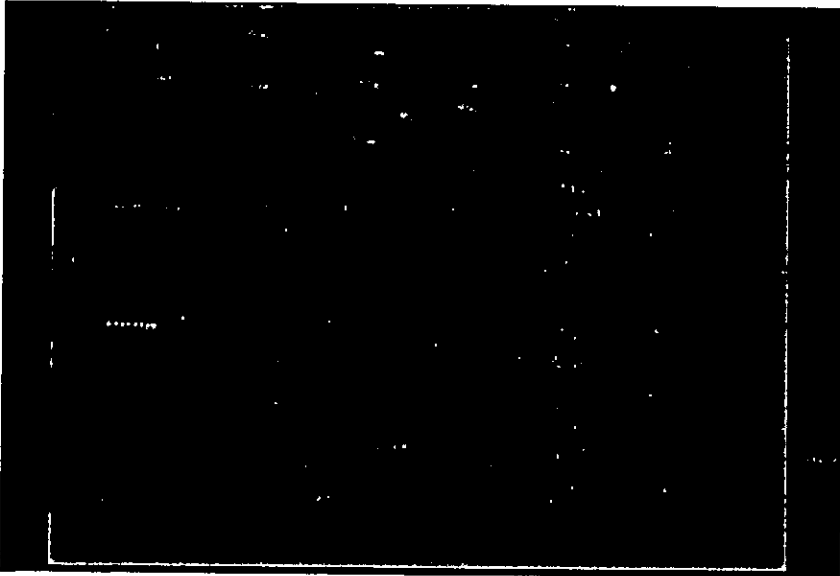


Figura 9. Transductor de 10 mega Hertz

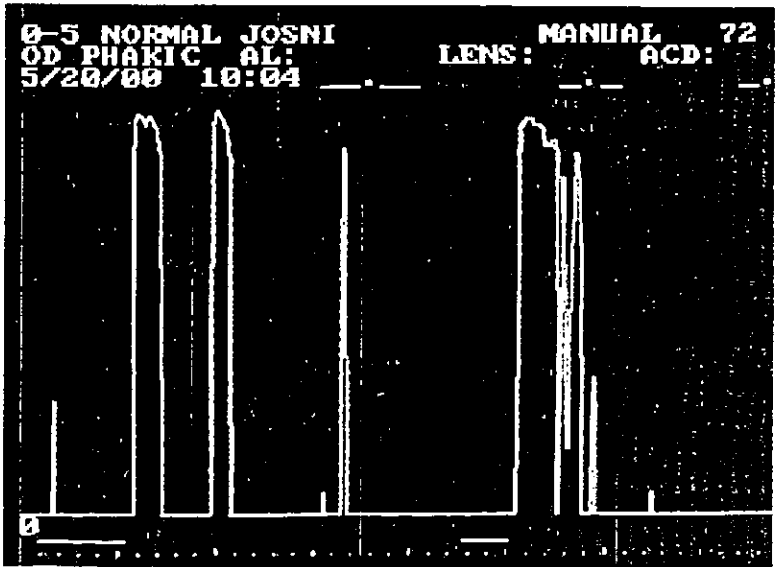
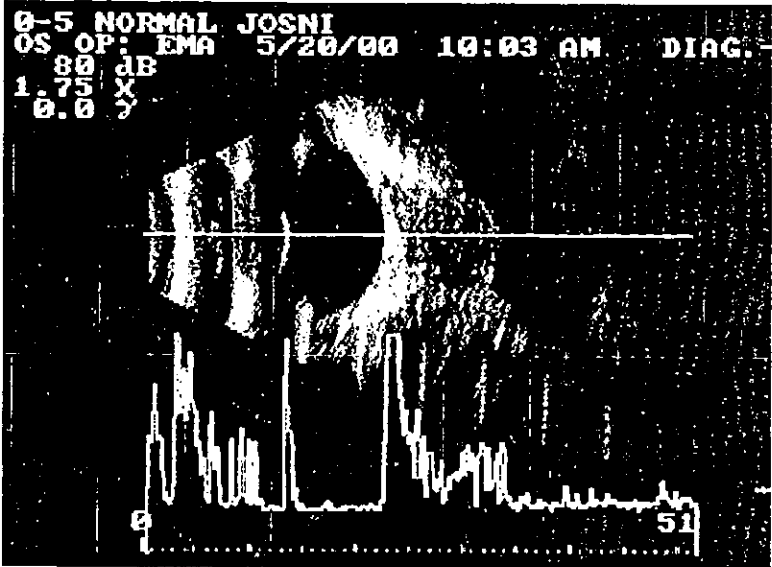


Figura 10. Ultrasonido modo A en un paciente.



Figura 11. Copa óptica para la realización de un ultrasonido directamente en córnea.

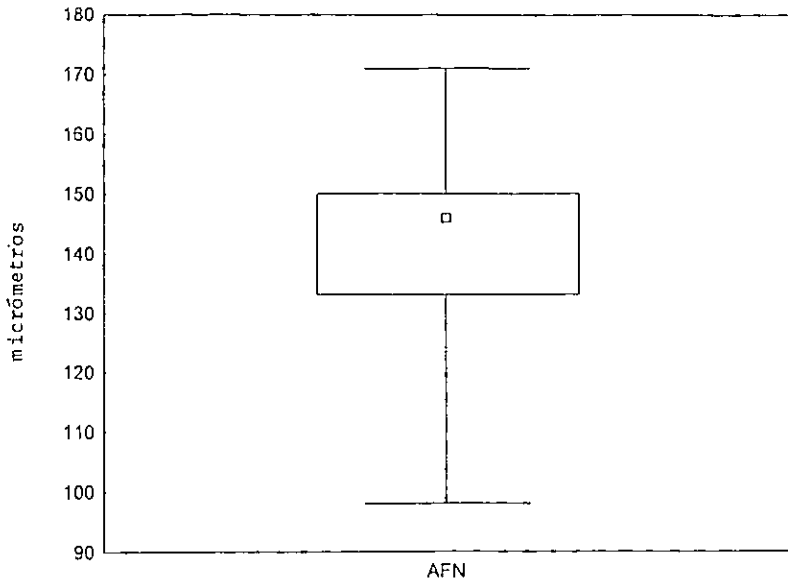


Figura 13. Valor máximo, mínimo y valor medio de la capa de fibras nerviosas de la retina en perros clínicamente sanos.

- Max = 171
- Min = 98
- 75% = 150
- 25% = 133
- Median = 146

AFN: Analizador de fibras nerviosas.

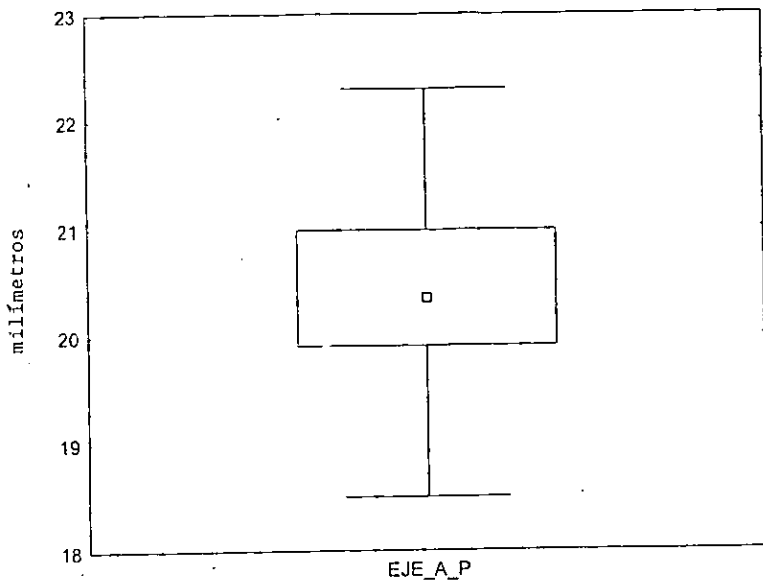


Figura 14. Valor máximo, mínimo y valor medio del - eje antero posterior del globo ocular en perros clínicamente sanos.

┌─── Max = 22.3
 └─── Min = 18.5
 ┌─── 75% = 20.98
 │─── 25% = 19.9
 ◻ Median = 20.35

AP: Antero-posterior.

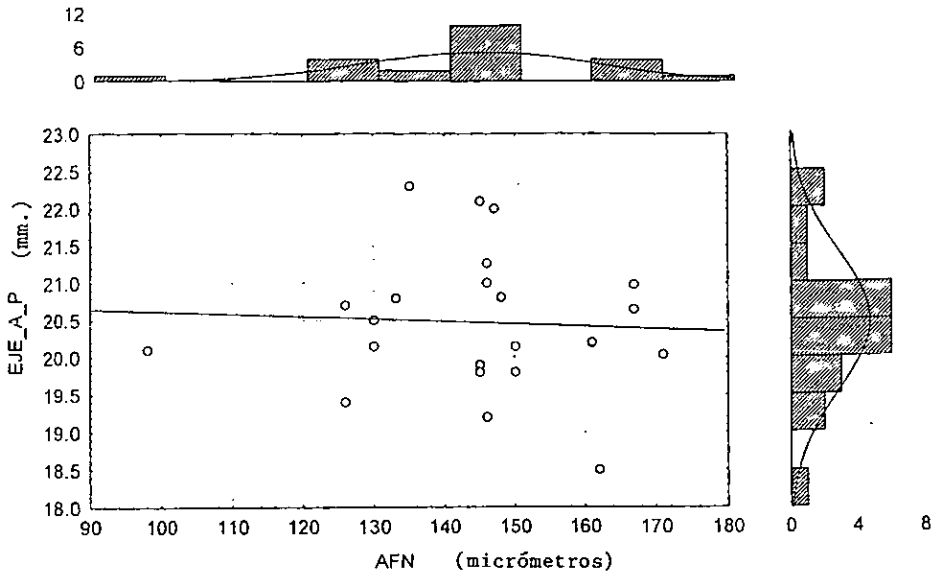


Figura 15. Distribución de los datos obtenidos por el analizador de fibras nerviosas y por el ultrasonido, mediante una correlación y regresión lineal en perros clínicamente sanos.

AP: Antero-posterior.

AFN: Análisis de fibras nerviosas.

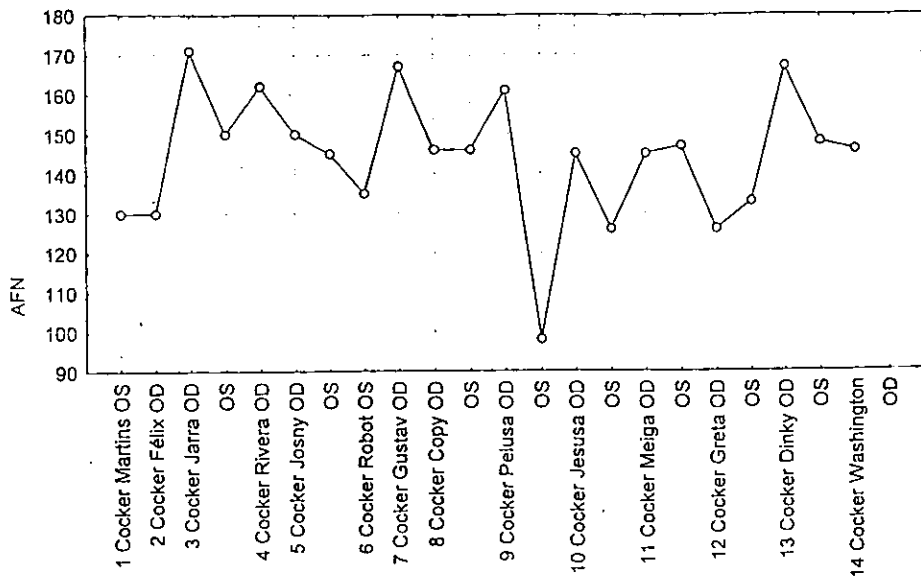


Figura 16. Representación de los valores del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina en perros clínicamente sanos, mostrados en una gráfica simple.

AFN: Análisis de fibras nerviosas (micrómetros).

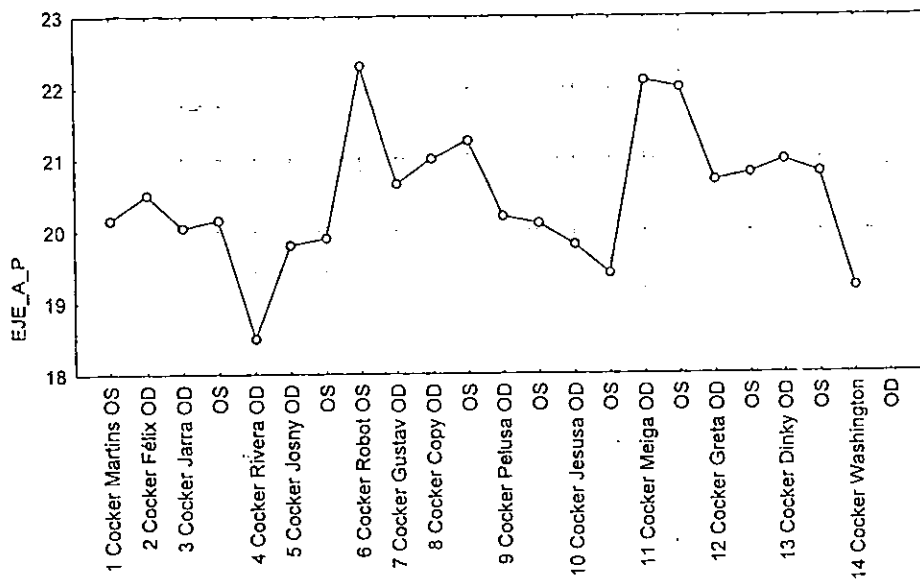


Figura 17. Representación de los valores del eje A-P del globo ocular en perros clínicamente sanos, mediante una gráfica simple.

AP: Antero-posterior (milímetros).

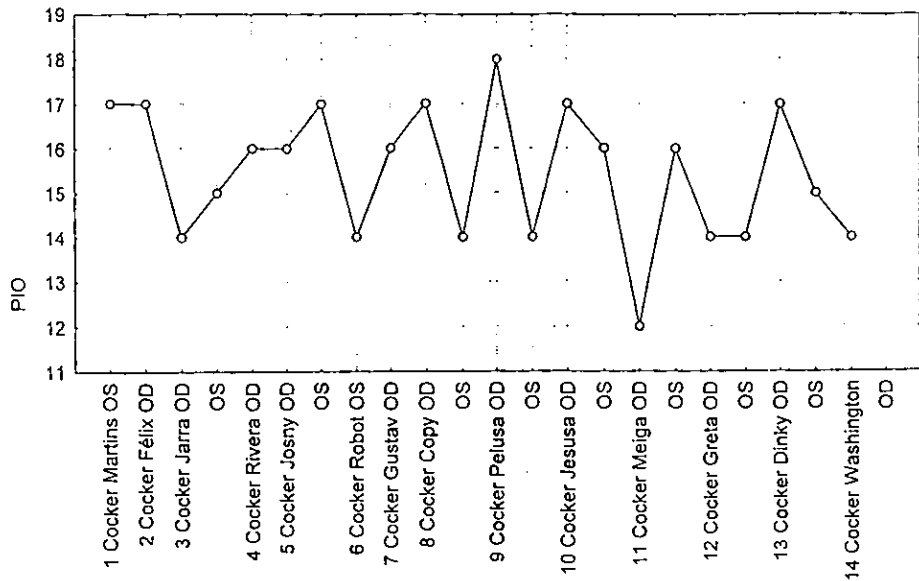


Figura 18. Representación de los valores de la PIO en perros clínicamente sanos.

PIO: Presión intraocular (mm Hg).

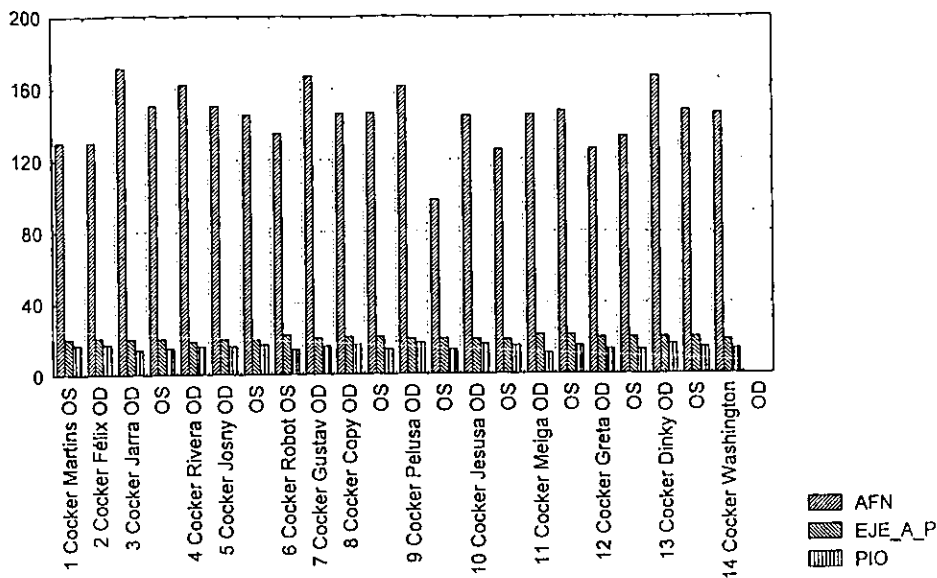


Figura 19. Valores de la CFNR, eje A-P y PIO en perros clínicamente sanos, representados en una gráfica de barra.

AFN: Análisis de fibras nerviosas (micrómetros).

AP: Antero-posterior (milímetros).

PIO: Presión intraocular (mm Hg).

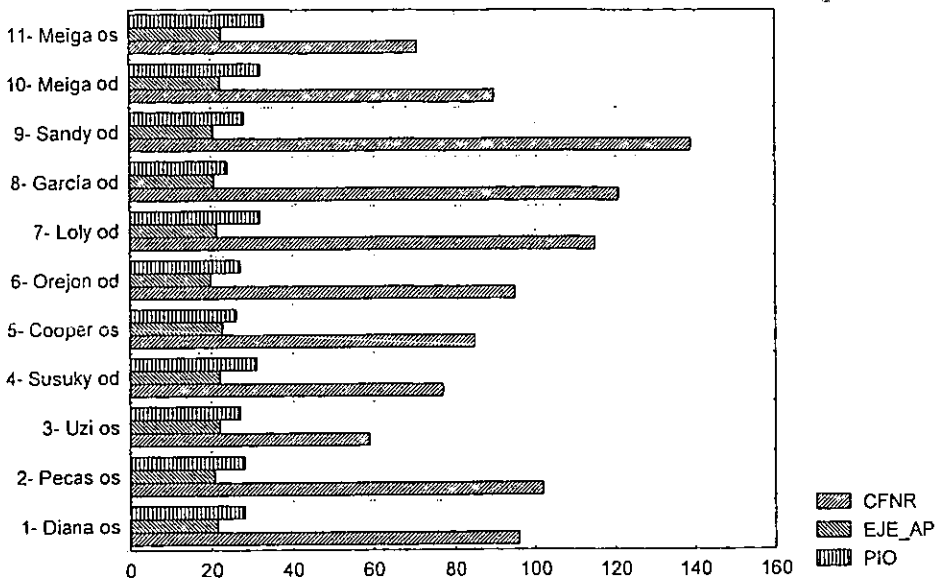


Figura 20. Valores de la CFNR, eje A-P y PIO en perros - afectados con glaucoma, datos representados - en una gráfica de barras.

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina (micrómetros).

AP: Antero-posterior (milímetros).

PIO: Presión intraocular (mm Hg).

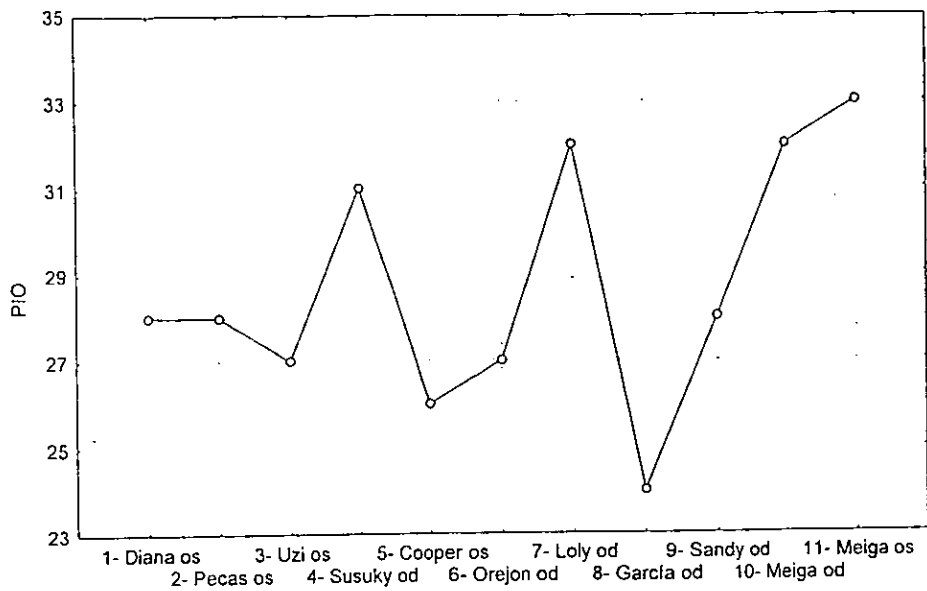


Figura 21. Representación de los valores de la CFNR en perros - afectados con glaucoma, valores representados en una gráfica simple.

PIO: Presión intraocular (mm Hg).

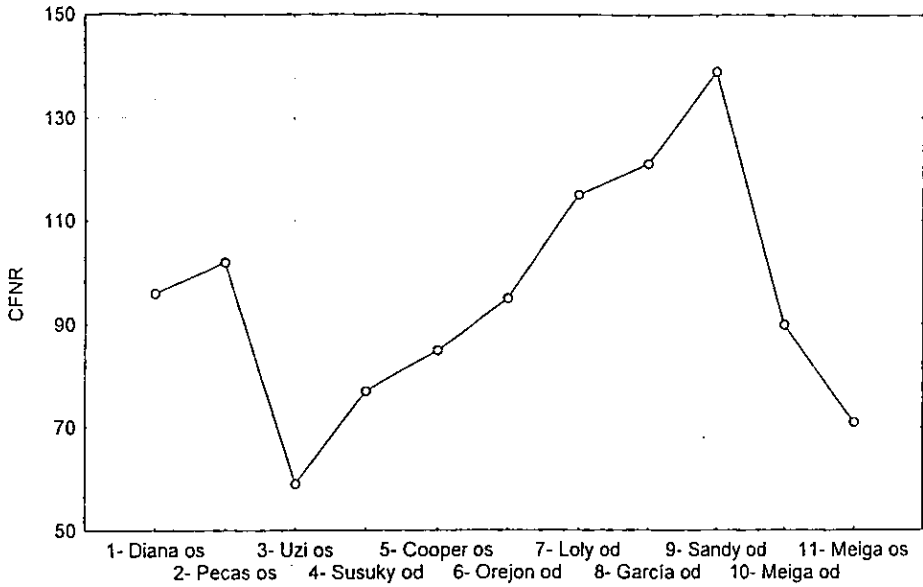


Figura 22. Valores de la CFNR en perros afectados con glaucoma, datos representados en una gráfica simple.

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina. (micrómetros).

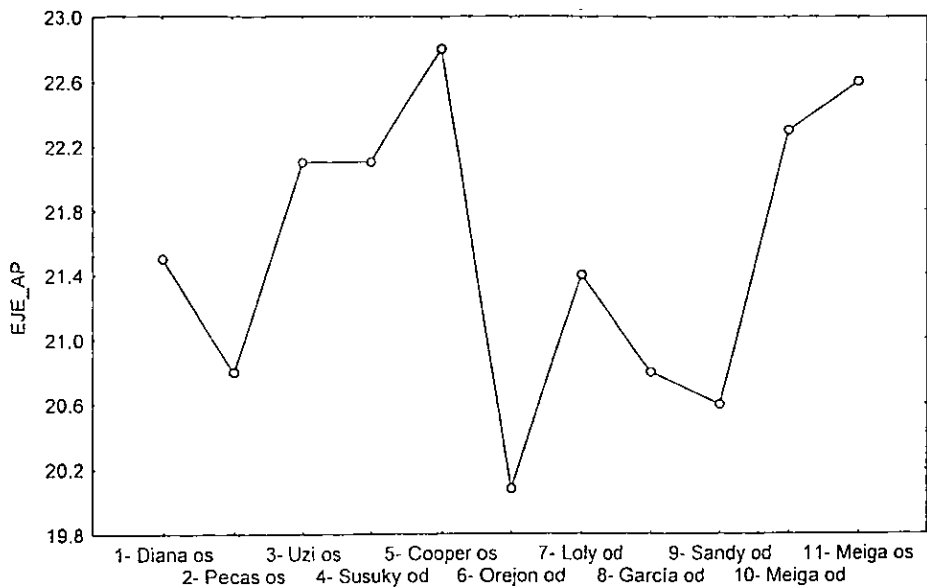


Figura 23. Valores del eje A-P representados en una gráfica simple, datos de perros afectados con glaucoma.

AP: antero-posterior (milímetros).

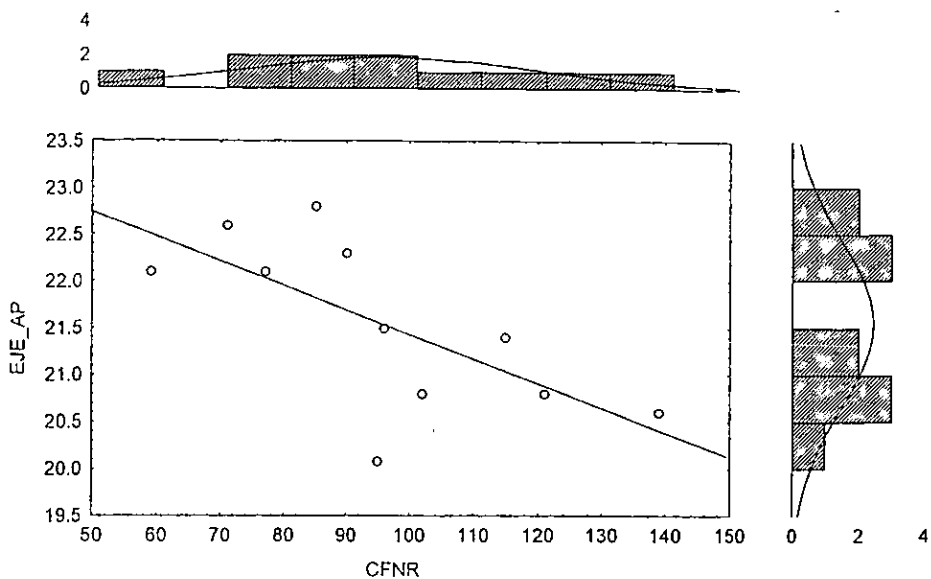


Figura 24. Distribución de los datos obtenidos por un analizador de fibras nerviosas y por el ultrasonido, mediante una correlación y regresión lineal en perros afectados con glaucoma.

AP: Antero-posterior (milímetros).

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina (micrómetros).

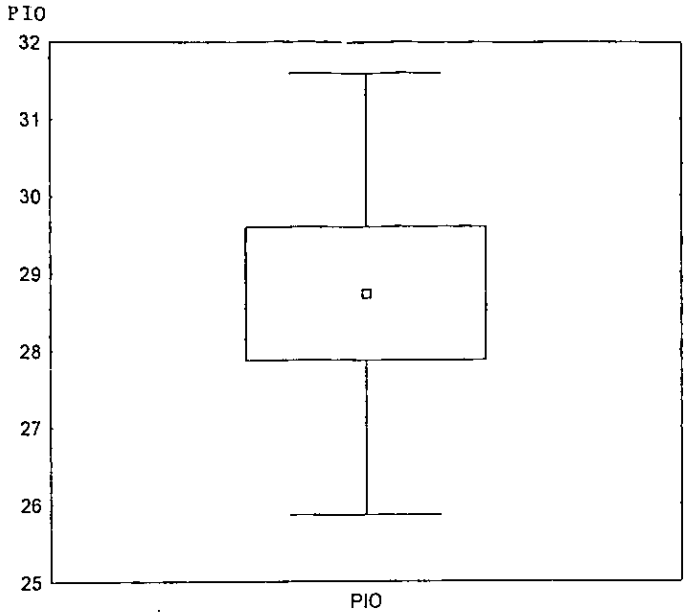


Figura 25. Valores estadísticos de la PIO, promedio y media en perros afectados con glaucoma.

- ⊢ Mean+SD = 31.594
Mean-SD = 25.86053
- Mean+SE = 29.5916
Mean-SE = 27.8629
- Mean = 28.72727

PIO: Presión intraocular (mm Hg).

PIO

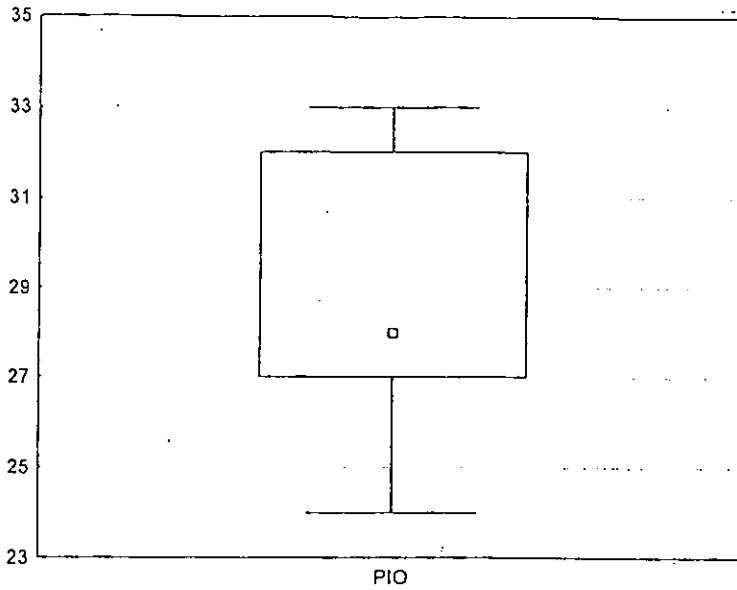


Figura 26. Valor máximo y mínimo de la PIO en perros - afectados con glaucoma.

—| Max = 33
Min = 24
□ 75% = 32
25% = 27
□ Median = 28

PIO: Presión intraocular (mm Hg).

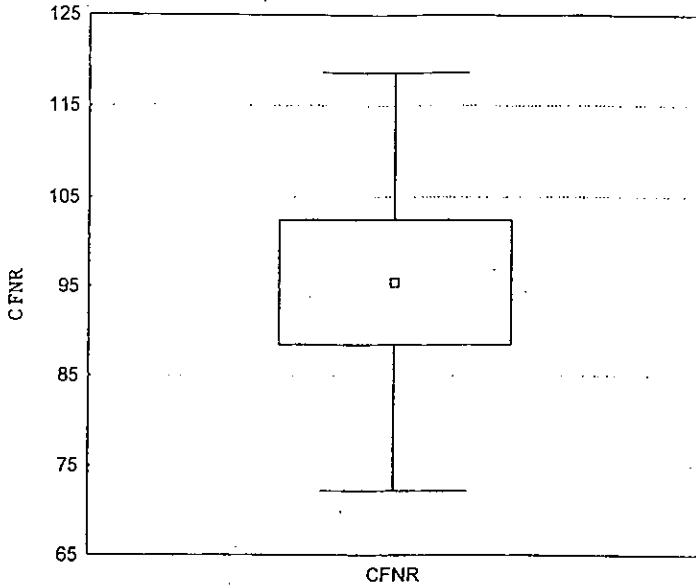


Figura 27. Valores estadísticos de la CFNR, - promedio y media en perros afectados con glaucoma.

- Mean+SD = 118.651
Mean-SD = 72.25814
- Mean+SE = 102.4485
Mean-SE = 88.46057
- Mean = 95.45454

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina (micrómetros).

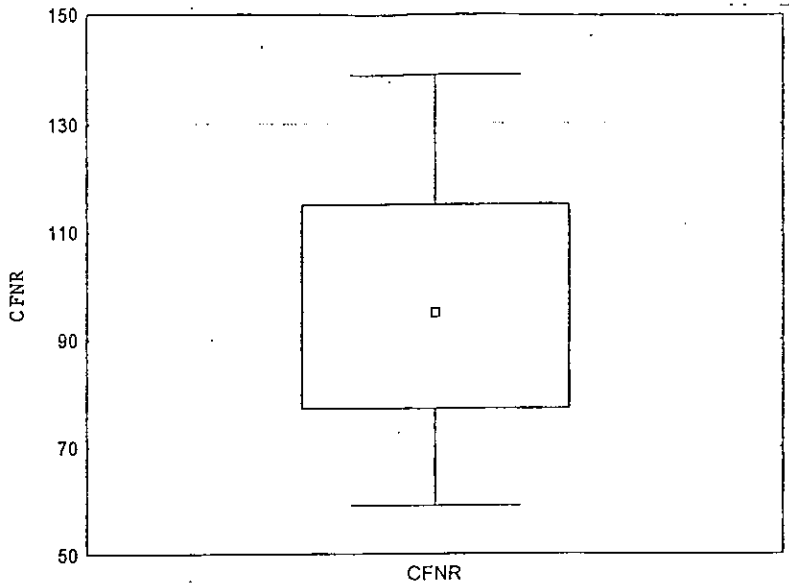


Figura 28. Valor máximo y mínimo de la CFNR en perros afectados con glaucoma.

—|— Max = 139
 Min = 59
 □ 75% = 115
 □ 25% = 77
 □ Median = 95

CFNR: Capa de fibras nerviosas de la retina (micrómetros).

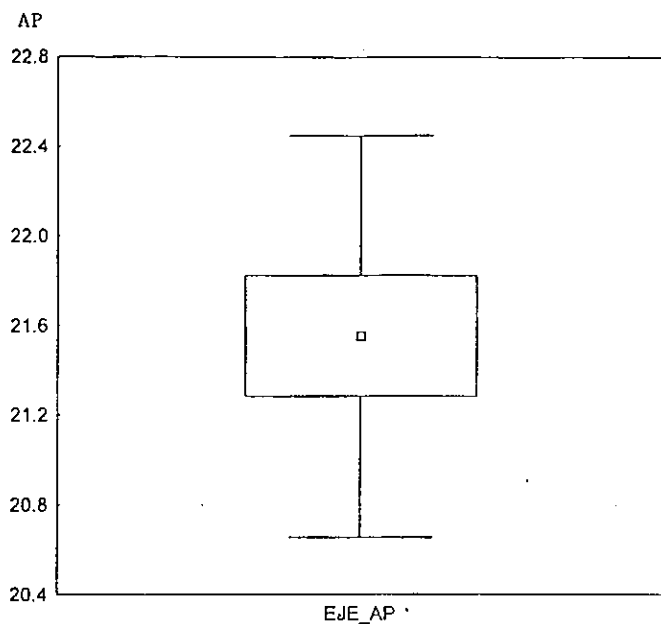


Figura 29. Valores estadísticos del eje A-P, - promedio y media en perros afectados con glaucoma.

$\overline{\square}$ Mean+SD = 22.4497
 Mean-SD = 20.65574
 \square Mean+SE = 21.82317
 Mean-SE = 21.28227
 \square Mean = 21.5527

AP: Antero-posterior (milímetros).

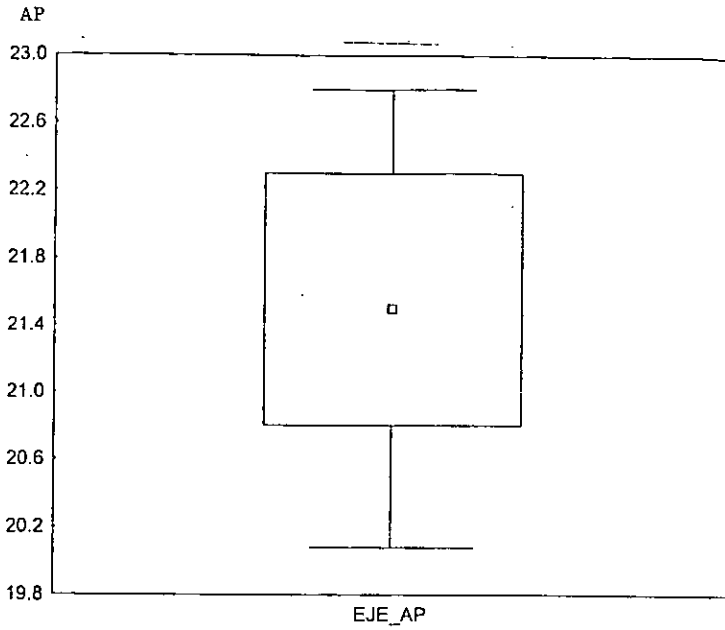


Figura 30. Valores máximo y mínimo del eje A-P en -
perros afectados con glaucoma.

— Max = 22.8
 — Min = 20.08
 □ 75% = 22.3
 □ 25% = 20.8
 □ Median = 21.5

AP:Antero-posterior (milímetros).