

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y
Químicas
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y
Zootecnia



**MEDICIÓN DE PRESIÓN INTRAOCULAR EN ALPACAS (*Vicugna pacos*)
MEDIANTE TONOMETRIA POR REBOTE EN EL CENTRO INTERNACIONAL
DE BIO-CIENCIA E INNOVACIÓN SUMBAY, CAYLLOMA – 2021**

**INTRAOCULAR PRESSURE MEASUREMENT IN ALPACAS (*Vicugna pacos*) BY
REBOUND TONOMETRY AT THE INTERNATIONAL CENTER OF BIO-
SCIENCE AND INNOVATION SUMBAY, CAYLLOMA - 2021**

Tesis presentada por el Bachiller:

Ortiz Salazar, José Ignacio

para optar el Título Profesional de:

Médico Veterinario y Zootecnista

**Asesor: Dr. Fernández Fernández,
Fernando**

**Arequipa- Perú
2021**



UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 14 de Octubre del 2021

Dictamen: 004070-C-EPMVZ-2021

Visto el borrador del expediente 004070, presentado por:

2016200131 - ORTIZ SALAZAR JOSE IGNACIO

Titulado:

**MEDICIÓN DE PRESIÓN INTRAOCULAR EN ALPACAS (VICUGNA PACOS) MEDIANTE
TONOMETRIA POR REBOTE EN EL CENTRO INTERNACIONAL DE BIO-CIENCIA E INNOVACIÓN
SUMBAY, CAYLLOMA - 2021**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1077 - VILLANUEVA GANDARILLAS GARY ROLANDO
DICTAMINADOR**



**1162 - CUADROS MEDINA SANTIAGO BALTAZAR
DICTAMINADOR**



**2201 - SANZ LUDEÑA CARLO EDISON
DICTAMINADOR**



AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios y la Virgen María, por guiarme en el buen camino
y hacerme el ser humano en el que me he convertido.*

*Al Dr. Fernando Fernández Fernández, mi asesor de tesis y amigo, quien contribuyó
activamente en la resolución de mis dudas y juntos hicimos posible este trabajo.*

*Al Dr. Rodrigo Melgar Torres, por comportarse como mi mentor en oftalmología
veterinaria y brindarme su apoyo para hacer posible esta investigación.*

*A mis jurados de tesis el Dr. Gary Villanueva, el Dr. Santiago Cuadros y finalmente al Dr.
Carlo Sanz, por haberme acompañado en mi formación y ahora en esta importante etapa.*

*Al Ing. Denis Pílares por brindarme el acceso al Centro internacional
de Bio-ciencia e innovación Sumbay.*

*A mi padre Victor, mi madre Angela, mis hermanos
Juan Diego y Maria Gracia, por brindarme su apoyo
incondicional y motivarme siempre.*

DEDICATORIAS



*Dedico esta tesis a Victor Ortiz Peralta
quien en vida fue inspiración de muchos,
ejemplo de dedicación y entrega en su profesión
Gracias por ponerme la valla tan alta.*



*“Hay mucho más en él de lo que imagináis
y mucho más de lo que él mismo se imagina.”*

J.R.R. Tolkien

RESUMEN

Este trabajo de investigación titulado “Medición de presión intraocular en alpacas (*vicugna pacos*) mediante tonometría por rebote en el centro internacional de bio-ciencia e innovación Sumbay, Caylloma – 2021” buscó medir la presión intraocular (PIO) en alpacas (*Vicugna pacos*) usando como instrumento un tonómetro por rebote (TonoVet Plus), debido a que es necesario contar con valores actualizados y medir dicho parámetro en condiciones naturales, para aproximar el valor a la presión esperada en el hábitat natural. El incremento del interés a nivel mundial por la crianza de camélidos sudamericanos y su valor en comunidades rurales en el Perú y en zonas altoandinas, hacen imperativa la disponibilidad de información y datos de referencia actualizados sobre la fisiología ocular de dichas especies, que servirán como herramientas para aquellos médicos veterinarios encargados de su cuidado y preservación. El objetivo principal de esta investigación fue medir la PIO en alpacas sanas mediante tonometría por rebote y establecer un rango promedio de referencia de presión intraocular en milímetros de mercurio (mmHg). Se obtuvo el promedio de presión intraocular para el ojo derecho con un valor de $29,6 \text{ mmHg} \pm 6,1 \text{ mmHg}$, para el ojo izquierdo el promedio de presión intraocular fue de $28,6 \text{ mmHg} \pm 6,2 \text{ mmHg}$ y finalmente un promedio de presión intraocular para ambos ojos de $29 \text{ mmHg} \pm 5,4 \text{ mmHg}$ y un rango de presión de 24 a 34 mmHg. Se demostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre la hora de medición, raza, sexo y tampoco entre la presión del ojo derecho y del ojo izquierdo. Se concluyó que el TonoVet Plus es un instrumento fiable para medir la presión intraocular en alpacas (*Vicugna Pacos*), permitiendo establecer un promedio de presión intraocular de 29 mmHg y un rango de 24 a 34 mmHg. Es recomendable repetir el estudio en una población más homogénea y bajo condiciones tecnificadas de crianza y así comparar los valores obtenidos en este estudio.

Palabras claves: Presión intraocular, Camélidos sudamericanos, Alpacas, Tonometría por rebote, TonoVet Plus.

ABSTRACT

This research work entitled "Measurement of intraocular pressure in alpacas (*Vicugna pacos*) by rebound tonometry at the Sumbay International Center for Bioscience and Innovation, Caylloma - 2021" sought to measure intraocular pressure (IOP) in alpacas (*Vicugna pacos*) using a rebound tonometer (TonoVet Plus) as an instrument, since it is necessary to have updated values and measure said parameter under natural conditions, to approximate the value to the expected pressure in the natural habitat. The increasing interest worldwide in the breeding of South American camelids and their value in rural communities in Peru and in high Andean areas, make it imperative the availability of updated information and reference data on the ocular physiology of these species, which will serve as tools for those veterinary doctors in charge of their care and preservation. The main objective of this research was to measure IOP in healthy alpacas using rebound tonometry and to establish an average reference range of intraocular pressure in millimeters of mercury (mmHg). The average intraocular pressure was obtained for the right eye with a value of $29.6 \text{ mmHg} \pm 6.1 \text{ mmHg}$, for the left eye the average intraocular pressure was $28.6 \text{ mmHg} \pm 6.2 \text{ mmHg}$ and finally an average of intraocular pressure for both eyes of $29 \text{ mmHg} \pm 5.4 \text{ mmHg}$ and a pressure range of 24 to 34 mmHg. It was shown that there are no statistically significant differences between the time of measurement, race, sex and between the pressure of the right eye and the left eye. It was concluded that the TonoVet Plus is a reliable instrument to measure intraocular pressure in alpacas (*Vicugna Pacos*), allowing to establish an average intraocular pressure of 29 mmHg and a range of 24 to 34 mmHg. It is advisable to repeat the study in a more homogeneous population and under technical rearing conditions and thus compare the values obtained in this study.

Keywords: Intraocular pressure, South American Camelids, Alpacas, Rebound tonometry, TonoVet Plus.

INDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA.....	i
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIAS	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
INDICE DE CONTENIDO.....	viii
CAPITULO I	
1.INTRODUCCIÓN	2
1.1. Enunciado del problema.....	2
1.2. Descripción del Problema.....	2
1.2.1. Aspecto general.....	2
1.2.2. Aspecto tecnológico.....	3
1.2.3. Aspecto social.....	3
1.2.4. Aspecto económico.....	4
1.2.5. Importancia.....	4
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivos generales:.....	5
1.3.2. Objetivos específicos:.....	5
CAPITULO II	
2.MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Análisis bibliográfico.....	8
2.1.1. <i>Generalidades de los Camélidos Sudamericanos</i>	8
2.1.2. <i>Sistemas de crianza</i>	10
2.1.3. <i>Situación actual de la crianza de Camélidos Sudamericanos a nivel internacional</i> 12	
2.1.4. <i>Situación actual de la crianza de Camélidos Sudamericanos a nivel nacional</i> ..	14
2.1.5. <i>Visión en los Camélidos Sudamericanos</i>	15
2.1.6. <i>Métodos de Evaluación oftalmológica</i>	16
2.1.7. <i>Anatomía del ojo y anexos de la Alpaca</i>	18
2.1.8. <i>Tonometría</i>	29
2.2. Antecedentes de investigación.....	43
2.2.1. Análisis de tesis.....	43
2.2.2. Análisis de trabajos de investigación.....	45

CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOS.....	52
3.1. Materiales.....	52
3.1.1. Localización del trabajo	52
3.1.1.1. Espacial	52
3.1.1.2. Temporal	52
3.1.2. Materiales Biológicos.....	52
3.1.3. Materiales de campo.....	52
3.1.4. Equipos y maquinarias	53
3.1.5. Otros materiales	53
3.2. Métodos.....	53
3.2.1. Muestreo	53
3.2.2. Métodos de evaluación.....	55
3.3. Variables de respuesta	56
3.3.1. Variables independientes.....	56
3.3.2. Variables dependientes.....	57
3.4. Evaluación estadística	57
3.4.1. Diseño experimental.....	57

CAPITULO IV

4.RESULTADOS Y DISCUSION.....	60
4.1. Resultados	60
4.2. Discusión.....	90

CAPITULO V CONCLUSIONES.....	94
-------------------------------------	-----------

CAPITULO VI RECOMENDACIONES	95
--	-----------

CAPITULO VII REFERENCIA.....	96
-------------------------------------	-----------

ANEXOS	102
---------------------	------------

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tabla de frecuencias para variables cuantitativas.....	60
Tabla 2	Tabla de frecuencias para la variable edad.....	61
Tabla 3	Tabla de frecuencias para la presión intraocular del ojo derecho.....	62
Tabla 4	Tabla de frecuencias para la presión intraocular del ojo izquierdo	63
Tabla 5	Tabla de frecuencias para la presión intraocular de ambos ojos	65
Tabla 6	Tabla de frecuencias para Raza	66
Tabla 7	Tabla de frecuencia para Sexo.....	67
Tabla 8	Correlación de Pearson para Hora y Presión Intraocular	67
Tabla 9	Correlación de Pearson para Edad y Presión Intraocular	68
Tabla 10	Correlación de Pearson para Presión intraocular del ojo derecho y ojo izquierdo	69
Tabla 11	Medidas descriptivas para Raza	70
Tabla 12	Prueba de Normalidad para Raza y PIO.....	71
Tabla 13	Medidas descriptivas para Sexo	71
Tabla 14	Prueba de Normalidad para Sexo y PIO.....	73
Tabla 15	Estadística descriptiva para Raza	73
Tabla 16	Frecuencias máximas y mínimas para Raza.....	74
Tabla 17	Análisis de varianza (ANOVA) para Raza y PIO	74
Tabla 18	Estadística descriptiva para Sexo	75
Tabla 19	Frecuencias máximas y mínimas para Sexo.....	75
Tabla 20	Análisis de varianza (ANOVA) para Sexo y PIO	76

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Histograma de frecuencias para edad y presión intraocular.....	77
Gráfico 2 Histograma de frecuencias para presión intraocular del ojo derecho.....	78
Gráfico 3 Histograma de frecuencias para presión intraocular del ojo izquierdo	79
Gráfico 4 Histograma de frecuencias para presión intraocular de ambos ojos.....	80
Gráfico 5 Frecuencias por razas	81
Gráfico 6 Frecuencias por sexo	82
Gráfico 7 Q-Q normal con tendencia para Raza Huacaya y PIO	83
Gráfico 8 Q-Q normal sin tendencia para raza Huacaya y PIO.....	84
Gráfico 9 Q-Q normal sin tendencia para raza Suri y PIO	85
Gráfico 10 Q-Q normal con tendencia para Sexo Macho y PIO	86
Gráfico 11 Q-Q normal con tendencia para Sexo Hembra y PIO	87
Gráfico 12 Q-Q normal sin tendencia para Sexo Macho y PIO	88
Gráfico 13 Q-Q normal sin tendencia para Sexo Hembra y PIO	89

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Ubicación del Centro internacional de bio-ciencia e innovación Sumbay	102
Anexo 2 Ruta Arequipa – Sumbay, ambos puntos se encuentran a un tiempo estimado en automóvil de 2 h desde la ciudad de Arequipa.	102
Anexo 3 Hoja de registro de presión intraocular (PIO).....	103
Anexo 4 Matriz de datos de Presión Intraocular	104
Anexo 5 Dictamen de compromiso de asesoría	106
Anexo 6 Fotos	107





CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Enunciado del problema

Medición de la presión intraocular en alpacas (*Vicugna pacos*) mediante tonometría por rebote en el Centro internacional de Bio-ciencia e investigación Sumbay y determinar los efectos de asociación de diversas variables que permitan establecer un valor de referencia para la presión intraocular en alpacas.

1.2. Descripción del Problema

El crecimiento de los sistemas de crianza de camélidos sudamericanos, así como el incremento de su popularidad y versatilidad de productos a nivel mundial, conllevan también a una casuística más variada y frecuente, y por tanto la necesidad de médicos clínicos capaces de tratar dichas enfermedades, de la misma forma, las patologías oftálmicas son frecuentes en los camélidos sudamericanos y la necesidad de conocer la fisiología normal del aparato visual de los camélidos, servirá de base para el trabajo apropiado de las enfermedades (1). Es por ello, que la medición intraocular en Alpacas (*Vicugna pacos*) es un valor muy importante para el diagnóstico de diversos padecimientos que hasta el momento se encuentran sub-diagnosticados, adicionalmente al aporte de información valiosa y establecimiento de un rango de referencia, la presión intraocular (PIO), permite diagnosticar diversas enfermedades y asociarla a patologías sistémicas, de esta manera se busca favorecer a un tratamiento oportuno, velando siempre por el bienestar animal.

1.2.1. Aspecto general

Esta investigación se justifica en el hecho de que se ha realizado la medición de la presión intraocular en Alpacas (*Vicugna pacos*), con ayuda de un tonómetro por rebote, sin embargo, el instrumento utilizado no es el más moderno, puesto que el TonoVet Plus es el instrumento más preciso para la determinación de la PIO y de

esta manera se puedan obtener valores de referencia más exactos de la presión en el globo ocular de camélidos sudamericanos y servir como referencia para la clínica oftalmológica de dichos animales. Por otro lado, establecer la correlación entre los factores externos y la presión servirá para generalizar y comparar los resultados obtenidos en otras latitudes, horas de mediciones, diferencias raciales y de sexo para brindar datos actuales y precisos.

1.2.2. Aspecto tecnológico

El crecimiento demográfico a nivel nacional y mundial que está teniendo la Zootecnia de los camélidos sudamericanos, convierte la necesidad de disponer de bibliografía y valores de referencia actuales para diversas características de la fisiología en dichos animales, es por ello, que resulta de carácter urgente para la solución de dicha necesidad. Por otro lado, el aporte de los valores de referencia actualizados para la presión intraocular (PIO) en Alpacas, servirán de herramienta de referencia, no solo para médicos locales, si no también, para aquellos involucrados en el tema a nivel mundial. Finalmente, la tonometría por rebote es de una de las alternativas más modernas y precisas para la determinación de la PIO, es por ello, que el valor de este rango de referencia es más preciso y significativo para estudios posteriores.

1.2.3. Aspecto social

Las poblaciones residentes en zonas altoandinas en el Perú y otros países de Sudamérica, dependen directamente de la producción y productividad de sus animales, es por ello, que la medición de la presión intraocular (PIO) y el establecimiento de valores referenciales, aportan herramientas a los clínicos que permitan diagnosticar enfermedades como glaucoma y uveítis en alpacas (*Vicugna*

pacos), de esta manera, se asegura el confort de dichos animales y se obtendrá como resultado, mejores producciones y retorno económico para sus propietarios. Por otro lado, en países de primer mundo donde la crianza de camélidos sudamericanos está en desarrollo exponencial, estos valores obtenidos serán la premisa para estudios en la fisiología de los camélidos sudamericanos, en favor del conocimiento general y aportes para las buenas prácticas de manejo y crianza.

1.2.4. Aspecto económico

Un producto de mayor calidad asegura un retorno de inversión más rápido y beneficioso. Para los criadores altoandinos de camélidos sudamericanos, la calidad de la fibra y de la carne, son los dos principales productos que deben cumplir con un estándar de calidad para la exportación internacional. Las enfermedades oftalmológicas que se basan en modificaciones de la presión intraocular son el glaucoma y la uveítis principalmente, que pueden ser consecuencia de enfermedades sistémicas y que pueden generar una depresión en el comportamiento de los animales y la pérdida en la calidad del producto final. La medición de la presión intraocular (PIO), es parte de la consulta oftalmológica general y por ende una herramienta para el diagnóstico de dichas enfermedades sistémicas. Finalmente, un producto de buena calidad asegura el retorno económico y la perpetuidad en el tiempo de dichos sistemas productivos.

1.2.5. Importancia

La presión intraocular en camélidos sudamericanos ha sido determinada anteriormente, dichos estudios, utilizaron tonómetros de indentación y de aplanamiento, sin embargo, estos tienen una menor precisión en comparación con los resultados que pueden obtenerse mediante un tonómetro por rebote, estos valores

de referencia son relevantes para la ciencia y conocimiento de los camélidos sudamericanos. Por otro lado, el aporte de datos actualizados para los clínicos que tienen a su cargo estas comunidades altoandinas y sus animales, sirven de herramientas para el diagnóstico oportuno y la protección de la inversión de dichas comunidades. Finalmente, el incremento de la crianza de camélidos sudamericanos, precisa de una mayor cantidad de recursos para asegurar el cuidado y la salud de estos hermosos y productivos animales.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivos generales:

- Medir la presión intraocular (PIO) en Alpacas totalmente sanas por medio de tonometría de rebote (TonoVet Plus).
- Establecer un rango de referencia para la presión intraocular (PIO) en alpacas sanas, sin problemas oculares diagnosticados.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Comparar los resultados de la presión intraocular (PIO) obtenidos mediante tonometría por rebote, con los datos previos de referencia con otros tipos de tonometría.
- Analizar la correlación entre la hora de medición y la presión intraocular media.
- Analizar la correlación de los valores de presión intraocular y la edad de los animales que participen del estudio.
- Analizar la correlación de los valores de presión de presión intraocular y el sexo de los animales que participen del estudio.
- Analizar la correlación de los valores de presión de presión intraocular y la raza de los animales que participen del estudio

- Analizar la correlación de los valores de presión intraocular y el ojo (derecho e izquierdo) y establecer si existe diferencias estadísticas.

1.4.Hipótesis

Dado que los antecedentes de investigación han permitido conocer valores de referencia para el promedio y un rango de presión intraocular en alpacas mediante tonometría por indentación y por aplanamiento, es posible que se pueda obtener un promedio de presión intraocular utilizando como instrumento de medición un tonómetro por rebote.





CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Análisis bibliográfico

2.1.1. Generalidades de los Camélidos Sudamericanos

Los Camélidos Sudamericanos, o también denominados camélidos del viejo mundo, tienen su origen hace 50 millones de años, hoy en día la secuencia de evolución que han tenido estos animales no está completamente esclarecida, sin embargo, se cree que su origen parte de tres especies de camélidos que se extendieron por todo Norteamérica, estas eran el Camelopini, Camelini y Lamini (2). El movimiento de los camélidos desde Europa, Asia y el Norte africano, así como también de los lamoides (camélidos del nuevo mundo y camélidos sudamericanos) (3), hacia el continente sudamericano se dió hace 3 millones de años a través del Istmo de Panamá, finalmente, los camélidos se extinguieron en Norte América 3000 años antes de cristo, perdurando únicamente en Sudamérica donde algunas especies fueron domesticadas (4).

En la actualidad los camélidos se dividen en dos pequeños grupos; por un lado, están los camélidos del viejo mundo que incluyen el Camello dromedario (*Camelus dromedaries*) y el Camello bactriano (*Camelus bactrianus*) y por otro lado, los camélidos del nuevo mundo o camélidos sudamericanos que incluyen cuatro especies; Llama (*Lama glama*), Alpaca (*Vicugna pacos*), Vicuña (*Vicugna vicugna*) y el Guanáco (*Gaunicoe guanicoe*) (2). Las llamas y alpacas son considerados animales domésticos y se estima que fueron domesticadas 4000 a 5000 años antes de cristo (A.C), las vicuñas y guanacos persisten como animales salvajes hasta la actualidad (2).

Los Camélidos sudamericanos han sido reconocidos dentro del orden *Tylopoda* y han evolucionado de forma paralela a los rumiantes (5). La Familia *Camelidae* se distingue por ser ausente de cuernos, a la presencia de caninos verdaderos, separados por premolares

y diastema en la mandíbula superior e inferior, la posición de la arteria vertebral que confluye con el canal cervical vertebral, por otro lado, la anatomía de las extremidades traseras es bastante peculiar ya que permite que dichas extremidades puedan doblarse por debajo del cuerpo y finalmente las almohadillas plantares cubierta de uñas en vez de cascos (6). La clasificación taxonómica de las Alpacas es la siguiente;

Cuadro. 1. Taxonomía de los Camélidos Sudamericanos

Taxonomía de los camélidos sudamericanos	
Phylum	Cordata
Clase	Mamalia
Orden	Artiodactyla
Suborden	Ruminantia
Familia	Camelidae
Género	Vicugna
Especie	<i>Lama glama</i> <i>Vicugna pacos</i> <i>Guanicoe guanicoe</i> <i>Vicugna vicugna</i>
Razas	<i>Vicugna pacos</i> (Raza Suri) <i>Vicugna pacos</i> (Raza Guacaya)

Fuente: INIA, 2015 (7)

Solo la llama (*Lama glama*) y la Alpaca (*Vicugna pacos*) han sido domesticados, sin embargo, el interés de esta investigación radica en las Alpacas, estas son animales más pequeños que las llamas y se parecen mucho a su ancestro, la Vicuña (*Vicugna vicugna*), en diversos aspectos, como la anatomía y morfología, así como también en ciertas características conductuales, como en el sistema de organización social (8). En el Perú

altoandino la crianza de alpacas representa una pieza clave para la economía local, la producción de fibra y la exportación, así como el consumo de su carne son la base cultural de los nativos Altoandinos en todos Sudamérica (9)(6)(10).

En la actualidad el número de alpacas en el Perú en comparación ha ido en una curva ascendente, sin embargo, en la época poscolonial se cree que gran parte de las prácticas de crianza se perdieron y por tanto la población alpaquera decreció notablemente, siendo que en el Perú para el año 1967 la población estimaba los 3,290,00 millones descendiendo a unos 2,510,912 millones para el año 1986 (11).

La crianza de alpacas ha permitido distinguir dos fenotipos distintos, la alpaca de raza Huacaya o “Wacaya” y la alpaca Suri, a pesar de ser fenotípicamente diferentes no se pueden identificar como razas reales, sin embargo, es interesante destacar sus diferencias principales, por un lado, la variedad Suri posee fibras que van paralelas al cuerpo y son más delgadas, organizadas de tal manera que forman ondas a cada lado del cuerpo, por otro lado, la fibra de la variedad Huacaya es más corta y rizada, dándole un aspecto más esponjoso, se estima que alrededor del 90% de alpacas en el Perú son de la raza Huacaya (7).

2.1.2. *Sistemas de crianza*

Los sistemas productivos actuales aun no son completamente integrales, es decir, que no se hacen cargo de toda la cadena productiva, sin embargo, el objetivo a corto plazo es poder mejorar las exportaciones del producto y hacer que el concepto de mejora económica se interne en los productores alpaqueros (10). Un sistema es un conjunto de elementos que cumplen una función específica y que están relacionados entre de si de tal manera que hacen posible que ocurra un suceso, este a su vez debe interaccionar positivamente con el ambiente (12), en base a esta premisa, podemos caracterizar dos tipos de sistemas, los de tipo abierto, que son aquellos que interactúan con el medio ambiente y los sistemas cerrado, los cuales no interactúan de ningún forma con el ambiente externo,

esta interacción se entiende como el movimiento bidireccional (entradas y salidas) en un hato productivo.

Para el planteamiento de un adecuado sistema productivo, se deben considerar diferentes aspectos, además, de una búsqueda exhaustiva de información relacionada a un determinado sistema que deseemos aplicar, por ello, Leyva (1990), definió los sistemas de crianza en el sur peruano en tres tipos; Pradera, Pecuario (Camélidos, Ovinos y Bovinos) y Unidad familiar, este último incluye la mano de obra, distribución de recursos y producción ganadera (13). Este modelo permitió entender como interactúan estos diferentes aspectos y la identificación de los errores en el sistema. Además, es muy importante definir la problemática productiva y para ello, la caracterización de los sistemas productivos resulta ser vital para dar soluciones oportunas.

La población de alpacas en el Perú está distribuida entre los departamentos de Arequipa, Huancavelica, Cuzco y Puno, y como se mencionó anteriormente esto atiende a las condiciones climáticas que hacen propicia la crianza de alpacas (14). El sistema de producción en los diferentes puntos de la sierra peruana se basa principalmente en acuerdos comunales, como es el caso de las organizaciones comunales, grupo sociales, cooperativas, comunidades alpaqueras de campesinos y asociaciones ganaderas(14), de todas estas, las comunidades campesinas son propietarias de la mayor cantidad de animales y terreno agrícola, englobando hasta un 80% de las alpacas y casi la totalidad de cabezas de ganado a nivel nacional.

Según la FAO (1996) (9), podemos establecer dos tipos de sistemas de crianza de alpacas y llamas.

- a. En primer lugar, se cuenta con un **sistema tecnificado**, que permite dividir a los animales y la separación en diferentes categorías, de acuerdo con diferentes aspectos como la edad o sexo, este sistema permite administrar una alimentación diferencial y el acceso a pastos de mejor calidad, normalmente, estos rebaños pueden alcanzar un número de hasta 25000 animales (9).
- b. El segundo sistema productivo es característico de los pequeños productores, **no tecnificado o al pastoreo**, normalmente los animales se crían con un mínimo de insumos, casi en sus totalidad alimentados por pastos naturales, la productividad no

es muy alta, en general, se crían rebaños más pequeños con un máximo de 80 animales, se cree que del 85% al 90% de cabezas de ganado en el Perú pertenecen a este tipo de sistema productivo (9) (12).

- c. Según la FAO (2005)(14), se pueden diferenciar otros tres tipos de sistemas productivos de acuerdo al tipo de organización y el acceso a tecnologías:
 - a. Grandes empresas: Producto de la reforma agraria de los años 70, son aquellas empresas privadas que fueron convertidas en cooperativas, se estiman en un 8%. El nivel de la tecnología es moderado, los animales se clasifican por diversas características, comúnmente raza, edad y/ o sexo. Normalmente en estos sistemas se respeta el calendario ganadero y algunas prácticas son más técnicas, tal es el caso de la esquila mecánica, alimentación rotativa, manejo de registros y empadre. Estos sistemas destacan por una alta productividad y mayor poder económico.
 - b. Medianas y pequeñas empresas: Integra de un 10% a un 12% del número de alpacas a nivel nacional y cuyos rebaños oscilan entre 500 a 2000 animales. La tecnología es de moderada a baja y los productores tienen miras empresariales y no tanto de autoconsumo. Tienen una productividad moderada y realizan programas de mejoramiento genético basados en la selección y cruzamiento.
 - c. Comunidades campesinas: Integra casi el 80% del ganado alpaquero y casi por completo las llamas. Tienen un manejo y bioseguridad deficiente debido a la precariedad y falta de capital económico. No se suelen separar los rebaños o clasificarlos por edad, sexo, etc. Normalmente se trata de sistemas de crianza mixtos (con ganado ovino principalmente). No se sigue un calendario ganadero y existe ausencia de control de enfermedades. Al poseer la mayor cantidad de animales a nivel nacional, es el tipo de crianza que desea impulsarse con mayor esmero.

2.1.3. Situación actual de la crianza de Camélidos Sudamericanos a nivel internacional

Los camélidos sudamericanos como su nombre lo sugiere se crían naturalmente en países sudamericanos, principalmente Perú, Bolivia, Argentina, Chile, Colombia y algunos

países externos a Sudamérica, entre ellos, Estados Unidos, Nueva Zelanda, Canada y Australia, como puede observarse en el **cuadro 2**; producto de la importación de estos ejemplares para su estudio, con el tiempo se ha ido adquiriendo mayor interés en relación con sus aptitudes productivas y rusticidad. Si bien la crianza en países como Estados Unidos o Canadá es muy reducida, estos países han realizado diversas investigaciones con cantidades mínimas de ejemplares, obteniendo información valiosa para comprenderlos y criarlos de una mejor manera. En la actualidad el Perú es el principal país productor y exportador de productos y subproductos de camélidos sudamericanos (7)(15).

La fibra es el principal producto exportado de alpacas y llamas, en la actualidad, los países productores de fibra más importantes son el Perú, Bolivia y Australia, siendo que esta última ya ha superado la producción de fibra de Bolivia, lógicamente, la calidad de la fibra de alpaca peruana tiene mayor calidad que su competencia es por ello que su valor es más elevado en el mercado internacional, tanto Australia como Perú poseen una calidad fibra royal o X fina, calidad que no se obtiene en la fibra Boliviana (16).

Cuadro. 2. Distribución mundial de camélidos sudamericanos.

<i>País</i>	<i>Alpacas</i>	<i>Llamas</i>	<i>Vicuñas</i>	<i>Guanacos</i>
Perú	3 020 000	900 000	50 000	5000
Bolivia	300 000	2 500 000	2 000	200
Argentina	2 000	75 000	2 000	109 000
Chile		85 000		
Colombia		200		
U.S. A		3 000		
Nueva Zelanda	10 000			

Fuente: Novoa & Wheler (1984) (7)(17).

Por otro lado, la población de alpacas a nivel mundial ha pasado de estar distribuida casi exclusivamente entre Perú y Bolivia, a otros países alcanzando una cifra del 5% de alpacas a nivel mundial y con tendencia creciente. El Perú es sin duda alguna el principal productor de alpaca que para el año 2006 alcanzó los 3 597 753 millones de cabezas de ganado (18) y Nueva Zelanda que para el año 2008 alcanzó 15 372 cabezas de ganado , y

forma parte de la lista de los principales productores de alpaca a nivel internacional, las demás proporciones pueden observarse en el **cuadro 3**.

Cuadro. 3. Distribución mundial de Alpacas

<i>País</i>	<i>Número de animales</i>	<i>Proporción</i>
<i>Perú</i>	3 597 753	79.4%
<i>Bolivia</i>	373 640	8.2%
<i>Chile</i>	28 551	0.6%
<i>Australia</i>	300 000	6.6%
<i>Estado Unidos</i>	169 163	3.7%
<i>Canadá</i>	25 509	0.6%
<i>Reino Unido</i>	20 000	0.4%
<i>Nueva Zelanda</i>	15 372	0.3%
<i>TOTAL</i>	<i>4 529 988</i>	

Fuente: Agrónomos Vétérinaires Sans Frontières – AVSF (2012) (16).

El incremento del ganado alpaquero en Estados Unidos y Australia se debe a diversas condiciones y remuneraciones del estado que impulsan a su desarrollo, la disponibilidad de espacio, recursos económicos y áreas para pastoreo hacen de estos países lugares propicios para el desarrollo de la crianza de camélidos, en especial de la alpaca, es por esto por lo que el crecimiento continúa de forma ascendente hasta la actualidad.

2.1.4. Situación actual de la crianza de Camélidos Sudamericanos a nivel nacional

De acuerdo con el IV Censo Nacional Agropecuario realizado en el año 2012 (19), la población de alpacas en el Perú oscila entre los 3 685 500 cabezas de alpacas, habiendo incrementado en un 50% tomando referencia el censo del años 1994. Dentro de ellos, la raza Huacaya es la principal y cuya cantidad constituye el 80%, seguido de un 12% por la raza Suri y un 7.3% de ejemplares mestizos.

A nivel nacional la densidad de alpacas es mayor en le Sierra con un aproximado de 3 685 000 de cabezas de ganado y una proporción del 100% respecto al resto de regiones.

Además, según el MINAGRI (15), los principales departamentos donde se produce alpacas son encabezados por Puno con un 40%, seguido de Cuzco con un 15%, Arequipa 13%, Huancavelica 8.3%, Apurímac con un 6%, etc.

Naturalmente la crianza de alpacas se da por encima de lo 3 800 m.s.n.m, generalmente son sistemas no tecnificados hasta en un 80%, la crianza de alpacas es la principal actividad económica de las zonas altoandinas. El crecimiento notable de la crianza alpaquera a nivel nacional exige también un incremento de esfuerzos en el aseguramiento de la salud y bienestar animal, por ello, la necesidad de médicos clínicos de diversas ramas es carácter urgente.

2.1.5. *Visión en los Camélidos Sudamericanos*

La mayoría de conocimientos sobre la visión en camélidos sudamericanos son producto de reportes de casos (4) o como resultado de la extrapolación de datos obtenidos del estudio de retina en camellos (20). La posición de los globos oculares de las alpacas sugiere que poseen una visión monocular, que se considera en algunas especies como resultado de lesiones en los ojos y nervio óptico (21) y está presente en alguna otras especies, en especial unguiladas, habiendo evolucionado de tal manera que ofrecen una fabulosa visión panorámica como adaptación ante los depredadores (22). Harman (20), realizó un estudio sobre células ganglionares en camellos, los cuales se encuentran asociados estrechamente a los camélidos sudamericanos, en dicho estudio, se describió y discutió acerca de la vasculatura retiniana, finalmente, se concluye que probablemente los camélidos sudamericanos también cuentan con dicha vasculatura en respuesta al entorno bajo en oxígeno y latitudes extremas. La distribución de las células ganglionares y sus ramas, así como la localización de los fotorreceptores definen la resolución visual, la función principal de estas células es conectarse mediante sus dendritas con las células bipolares (23) y con el cerebro, mediante los axones de las células ganglionares que forman haces de fibras nerviosas que transcurren adyacentes al nervio óptico y finalmente formarán parte del mismo.

La distribución y los patrones de las células ganglionares son altamente variables en las diversas especies animales, se sabe que en lo camellos se definen dos zonas importantes con alta y baja densidad de dichas células, es por ello, que esta

distribución, de la mano con una alta movilidad del cuello, podrían permitir un cierto grado de visión binocular, de la misma forma se cree que los camélidos sudamericanos comparten dicha característica (4).

En cuanto a las enfermedades oftalmológicas más frecuentes en camélidos sudamericanos, encabezan la lista los traumatismos oculares, enfermedades congénitas y adquiridas, conjuntivitis, úlceras corneales, cataratas, subluxación de cristalino y opacidad vítrea (24). Weeb & Cullen (2006) (25), aportaron información valiosa al definir que existe una ligera tendencia en camélidos sudamericanos (Llamas y Alpacas) a desarrollar enfermedades hereditarias, entre ellas, las más frecuentes fueron la membrana pupilar persistente (PPM por sus siglas en inglés), cataratas y distrofias corneales.

2.1.6. Métodos de Evaluación oftalmológica

La exploración oftalmológica en alpacas y llamas debe realizarse en una posición estabulada o con ayuda de corrales de sujeción, así como también en posición de flexión, esta posición permite una adecuada exploración, debido a que los animales se encuentran muy cómodos. Los camélidos pueden dejarse examinar sin necesidad algún tipo de sujeción química, sin embargo, en caso particulares se recomienda el uso de alternativas químicas para lograr una sedación ligera, para evitar el movimiento de la cabeza se recomienda el uso de Butorfanol a una dosis de 0.02 a 0.04 mg/Kg (26). La importancia de la exploración oftalmológica en camélidos sudamericanos radica en el hecho de que una gran cantidad de enfermedad sistémicas se expresan a través de patologías oculares.

La exploración debe realizarse en un lugar silencioso, con baja cantidad de luz, de la misma forma, los recursos de sujeción necesarios dependerán del temperamento de cada animal. En algunos casos pueden utilizarse corrales de sujeción, asegurando, además, la sujeción de la cabeza, colocándola sobre una barra acolchonada y sujetar al animal de las orejas con ayuda de una toalla (26)(27).

Según Gionfriddo (27), es recomendable contar siempre con colirios oftálmicos que permitan la evaluación correcta de los animales, la tropicamida (dilatador pupilar), anestesia tópica y fluoresceína son los fármacos básicos en una consulta oftalmológica, normalmente, si el animal siente dolor, el uso de anestésicos locales nos servirán para poder abrir el ojo y examinar adecuadamente.

El examen oftalmológico incluye una evaluación de las estructuras orbitarias y oculares completa, el segmento anterior y fondo de ojo. Naturalmente, la porción anterior puede examinarse mediante aparatos que permitan la magnificación, también es recomendable utilizar transiluminadores o luces halógenas lo suficientemente potentes para permitirnos evaluar los reflejos pupilares, los mismos que son lentos en los camélidos sudamericanos, tanto los reflejos pupilares directo e indirecto y el movimiento del iris es muy discreto (26).

En cuanto a la prueba de respuesta a la amenaza, podemos definir que puede llegar a ser bastante evidente, el temperamento nervioso de los camélidos puede ser la razón de una respuesta exagerada ante dicha prueba, normalmente responden con un movimiento brusco de retirada o un pequeño salto, se debe tener especial cuidado en evitar tocar las pequeñas vibrisas externas y así obtener un falso positivo (4)(26)(27).

La prueba de Schirmer es una de las primeras pruebas y debe realizarse antes de colocar cualquier tipo de fármaco en el ojo, nos sirve para evaluar la integridad y calidad de la película lagrimal, y se realiza colocando una tira en la porción ventral del saco conjuntival del párpado inferior, a una distancia prudente de los cantos lateral y medial, después de una espera de 60 segundos la longitud de la tira permeable es medida de acuerdo a las reglas estándar (28). En los camélidos sudamericanos o camélidos del nuevo mundo el promedio de producción lagrimal en ojos normales ronda los 19 mm/min, y esta medida está sujeta a variación ante diversos factores, el estrés, produce una disminución en la velocidad de producción lagrimal, en estas situaciones, debe repetirse la prueba durante otros 60 segundos. Recientemente, Trbovola (29) definió un promedio de 17.3 mm/min y un rango entre 15 a 19 mm/min.

Las pruebas basadas en el uso de fluoresceína nos permiten evaluar la permeabilidad de los conductos nasolagrimal, conocido como la prueba de Jones, en un sistema de drenaje competente, se espera que la coloración verde aparezca en las fosas nasales al pasar de uno minutos, de la misma forma, se pueda utilizar la fluoresceína para evaluar la integridad de la superficie epitelial corneal (28)(30).

Gionfriddo (26), refiere que la medición de la presión intraocular en llamas y alpacas es muy dificultosa con el tonómetro de Schiotz, principalmente por la dificultad del posicionamiento de la cabeza del animal, por tanto, se espera que no lo resultados obtenidos

mediante la tonometría por indentación no sean tan precisos. Es por ello que el uso de un tonómetro digital por aplanamiento o por rebote son ideales para la medición de la presión intraocular en camélidos, como ejemplo tenemos al “TonoPen” (Tonómetro de aplanamiento) y “TonoVet” (Tonómetro por rebote), este último es considerado el más práctico y preciso (27). Tras un estudio con solo 10 ejemplares se definió que la presión intraocular en alpacas y llamas no presenta diferencias significativas y está estandarizada en 16.5 ± 3.5 mm/Hg (1). Webb & Cullen (25), por otro lado, refieren que si existe diferencia significativa entre la presión de alpacas y llamas, concluyendo que estas últimas presentan una menor presión intraocular (PIO), que oscila en 16 ± 5 mm/Hg y en las alpacas 19 ± 4 mm/Hg, además del hecho de que las llamas eran considerablemente mayores que las alpacas en dicho estudio y pudiendo deducir que la presión puede haberse disminuido por la edad. Esta diferencia estadística puede no tener importancia clínica.

Finalmente, para la evaluación de fondo de ojo se requiere la producción farmacológica de midriasis, para ello se recomienda el uso de Tropicamida al 1%, aproximadamente de 2 a 3 administraciones cada 15 a 20 minutos y esperamos obtener una dilatación de 2 horas aproximadamente. Para la fundoscopia podemos utilizar un oftalmoscopio indirecto con dioptría de 20, así como también un oftalmoscopio directo para la observación de los detalles, pero con un campo de visión reducido (27).

2.1.7. Anatomía del ojo y anexos de la Alpaca

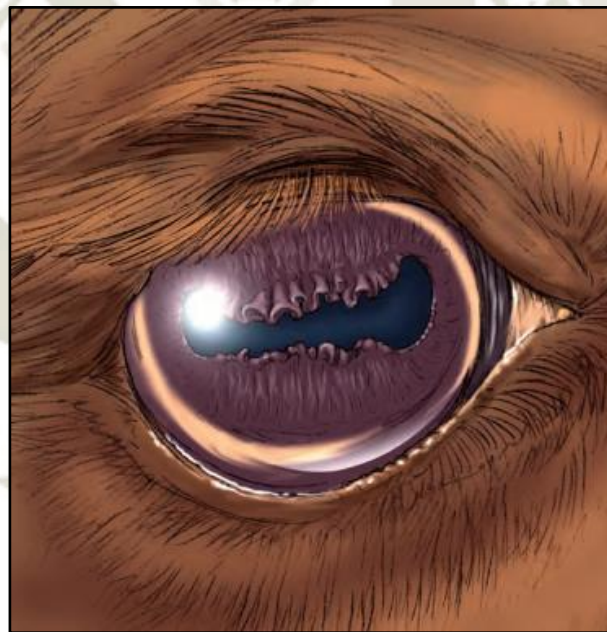
2.1.7.1. Órbita y globo ocular

La anatomía orbitaria y de globo ocular de camélidos es similar al de otras especies domésticas, en especial a la de los rumiantes (4), con excepciones puntuales, en general, los ojos de los camélidos se consideran muy largos en relación con el tamaño de la cabeza, es por ello por lo que aparentemente los ojos se ven más grandes (26)(27), esta apariencia se acentúa por la colocación de los globos oculares a ambos de la cabeza y por las largas filas de pestañas en los párpados. Por otro lado, los párpados cubren casi por completo la superficie escleral bulbar, esta característica hace que la córnea se perciba más grande. Las pequeñas porciones de esclerótica visibles pueden encontrarse cubiertas de pigmentos, pero aparentemente el limbo esclerocorneal siempre posee una banda de pigmento de aproximadamente 2 a 3 mm de espesor y cumple la función de proteger los ojos ante la radiación UV (27).

La crianza de camélidos sudamericanos se da principalmente en regiones altoandinas, de más de 3800 m.s.n.m, en dicha altitud, la radiación UV es muy intensa, es por ello que el ojo y sus anexos de camélidos se encuentran altamente adaptados a una alta radiación y pocas zonas de sombra (4). Las estructuras encargadas de la protección del globo ocular son las largas pestañas y el pigmento oscuro en el limbo esclerocorneal.

El hueso orbitario en los camélidos es completo, y comparte la totalidad del cráneo con los huesos frontal, lagrimal, cigomático, maxilar, palatina, temporal y hueso esfenoides. En una posición rostral a la cara medial de la órbita, se encuentra un agujero de aproximadamente 2 cm de diámetro y que pueda estar asociado a la glándula olfatoria (4).

Imagen. 1. Representación del globo ocular de un camélido sudamericano mostrando una larga córnea, borde pupilar, pupila oval y las largas pestañas.



Fuente: Carlson, David. (4)

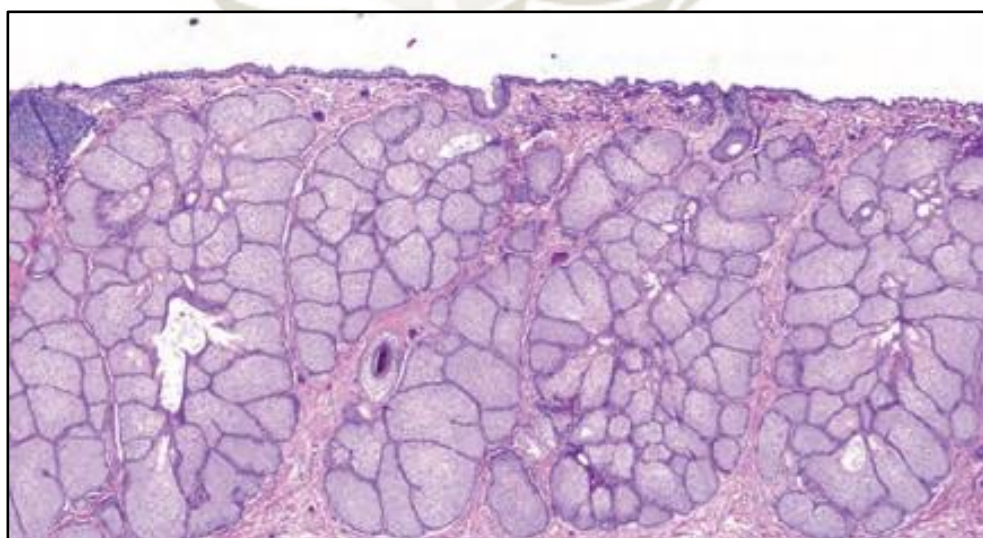
2.1.7.2. Párpados y sistema lagrimal

Los párpados en los camélidos sudamericanos son estructuras únicas entre los mamíferos domésticos, puesto que a diferencia de otras especies domésticas, los camélidos sudamericanos carecen de aperturas de los conductos de las glándulas de Meibomio, así como de las glándulas en sí mismas, que se abren en el margen palpebral, la porción sebácea

de la película lagrimal es producida en su mayoría por las células secretoras sebáceas en la glándula de la membrana nictitante y en la carúncula, supliendo la función de las glándulas de Meibomio de otras especies (31), además, histológicamente, el canto medial cuenta con abundantes glándulas sebáceas similares a las glándulas de Meibomio, como puede observarse en la **imagen 2**. En la exploración oftalmológica, los párpados pueden desplazarse para observar la conjuntiva. Gran cantidad de pestañas están presentes tanto en el párpado superior e inferior y además, cuentan con 3 vibrisas visibles (26).

Los camélidos poseen 2 puntos nasolagrimal, igual que el resto de especies, uno está posicionado en una situación dorsomedial en el borde palpebral y el otro ventromedial, específicamente situados en la conjuntiva a unos 4 a 6 mm en el canto medial, de forma continua a los puntos, siguen los conductos nasolagrimal, los mismos que son largos y fáciles de canular, ambos conductos están conectados con el saco lagrimal y continúan a través del hueso lacrimal y maxilar, atravesando la cavidad nasal, donde se apertura en el agujero nasolagrimal aproximadamente a 1.5 a 2 cm proximal a las alas de las fosas nasales, colocadas lateralmente. En las llamas adultas, el ducto nasolagrimal tiene una longitud de 11 a 15 cm y de 2 a 4 mm de diámetro (31).

Imagen. 2. Histología de canto medial en camélidos mostrando gran cantidad de glándulas sebáceas muy similares a las glándulas de Meibomio



Fuente: Dubielzig, R; AVCP. (4)

2.1.7.3. Conjuntiva

La conjuntiva de los camélidos sudamericanos es muy similar al resto de especies domésticas. Sin embargo, es interesante hacer referencia a las diferentes enfermedades que afectan a esta porción del aparato visual. Los quistes dermoides se han reportado como enfermedades congénitas en los camélidos, así como también quistes de gran tamaño en neonatos (32).

La membrana nictitante y sus anexos también forman parte de la conjuntiva, el borde de dicha membrana puede ser visto directamente, sin la necesidad de realizar algún tipo de técnica para su observación, esta puede tener o no pigmento y al igual que en otras especies, la retropulsión del globo ocular nos permite observar con mayor detenimiento la membrana, que se extiende desde el borde medial a lateral, además, el cartílago y la glándula de la membrana nictitante pueden observarse con facilidad a través de la delgada conjuntiva que las recubre (26).

El saco conjuntival es un sitio de almacén de diversos tipos de microorganismos comensales, en especial, bacterias y hongos, dichos microorganismos tienen la función principal de formar el mecanismo de defensa para prevenir la colonización de otros microorganismos patógenos (34). Storms & Col. (35), han definido que cerca de 190 tipos de bacterias pueden aislarse del saco conjuntival y dentro de estas, 19 géneros distintos, todas ellas, bacterias aerobias y anaerobias facultativas, con marcado predominio de bacterias gram +, *Staphylococcus aureus*, *Pantoea agglomerans* y *Streptococcus spp*; fueron las principales.

En cuanto a las enfermedades adquiridas, es muy común observar conjuntivitis en camélidos, la signología es muy similar al resto de especies acompañado de blefarospasmo, hiperemia conjuntival, epífora y quemosis, por otro lado, casi siempre se encuentra asociado a etiologías bacterianas, principalmente *Staphylococcus aureus*, *Moraxella liquifaciens* y *Chlamydia spp*. Por otro lado, Gionfriddo & Col. (26), han reportado la incidencia de queratoconjuntivitis seca, así como también un único caso de queratitis ulcerativa en camélidos del nuevo mundo (36). Para el diagnóstico de enfermedades conjuntivales adquiridas es recomendable realizar prueba citológicas y microbiológicas que permitan el aislamiento de las bacterias, en especial en casos de conjuntivitis y queratoconjuntivitis.

2.1.7.4. Córnea

La córnea de alpacas y llamas presenta una forma alargada y semioval, como puede observarse en la **imagen 1**. A pesar de la diferencia de tamaño entre la cabeza de llamas y alpacas, el diámetro corneal es muy similar, se estima que el diámetro horizontal en llamas oscila en los 28.2 mm y en el caso de las alpacas un estimado de 30.2 mm, el diámetro vertical está estimado en 24.2 mm y 22.2 mm respectivamente, por otro lado, el espesor de la córnea ha sido estimado mediante ultrasonografía en 608 μm en llamas y 595 μm en alpacas, tanto el espesor como el diámetro se incrementa a medida que los animales crezcan (37).

En cuanto a las estructuras propias de la córnea, destaca que el endotelio corneal de los camélidos es algo diferente al resto de mamíferos, esta característica vuelve propensos a estos animales a sufrir edema corneal profuso, que incluso puede duplicar el tamaño de la córnea normal, anteriormente, se creía que el número de células endoteliales de los camélidos era inferior al resto de especies, recordando que dichas células son las encargadas de permeabilizar el líquido dentro de la cámara anterior y sus paso hacia el estroma, una pérdida del endotelio puede generar edema y opacidad corneal permanentes (27). Recientemente se ha estimado la cantidad de células endoteliales en camélidos, que promedian 2673 cel./mm² en llamas y 2275 cel./mm² en alpacas, siendo solo ligeramente inferior a otras especies (37), en comparación con las 2800 cel./mm² en el perro (38). Además, se observó polimegatismo (células de diversos tamaños) y plemorfismo endotelial (células de formas diversas) en los camélidos sanos, lo que sugiere que aún animales sanos presentan una córnea más susceptible al edema por daño endotelial. Esta característica dificulta la realización de procesos quirúrgicos en camélidos sudamericanos.

Se ha determinado que la córnea es la principal estructura afectada en las enfermedades oculares en llamas y alpacas, la incidencia de afecciones corneales es incluso mayor que en caballos y el ganado rumiante, se cree que esto puede estar asociado al tamaño de la córnea y la posición anatómica de los globos oculares predisponiendo a estos animales a sufrir lesiones traumáticas (37).

Finalmente, Welihozkiy & Col. (39), han estudiado la estesiometría de la córnea en alpacas, es decir, la relativa sensibilidad de las diferentes regiones de la córnea, concluyendo que como en otras especies la zona central es más sensible que la periferia, seguido de las zonas ventral, medial, dorsal y lateral.

2.1.7.5. Segmento anterior (Úvea anterior)

El segmento anterior de los camélidos sudamericanos es similar a las especies ruminantes, con ligeras diferencias, iniciando por la “gorgorea pupilar”, que es una modificación de la “corpora nigra”, vista en caballos y vacas, esta modificación corresponde a un interesante sistema de protección ante la radiación ultravioleta, y forma una especie techo en los bordes dorsal y ventral del margen pupilar, siendo más prominente en el margen dorsal, esta “gorgorea pupilar” es el resultado la modificación de una segmento pigmentario posterior del iris que a su vez es muy largo, lo que permite protruirse hacia la pupila (4).

La pigmentación del iris normalmente es de color café oscura, así como también incluye ligeras variaciones de marrón, este depósito de pigmento melánico se asocia a una mayor protección ante la luz UV, la “heterocromía iridis” es muy común también. Ojos de color gris, azul, son frecuentes en animales con menor cantidad de depósito de pigmentos melánicos, últimamente, se han estudiado asociaciones entre la falta de pigmento en el iris, con problemas de sordera, concluyéndose que existe una fuerte asociación entre la falta de pigmento y las deficiencia auditivas en alpacas y llamas (40).

El cuerpo ciliar es muy similar al resto de especies , aunque puede encontrarse ligeramente más pigmentado, incluso en animales con colores claros (4).

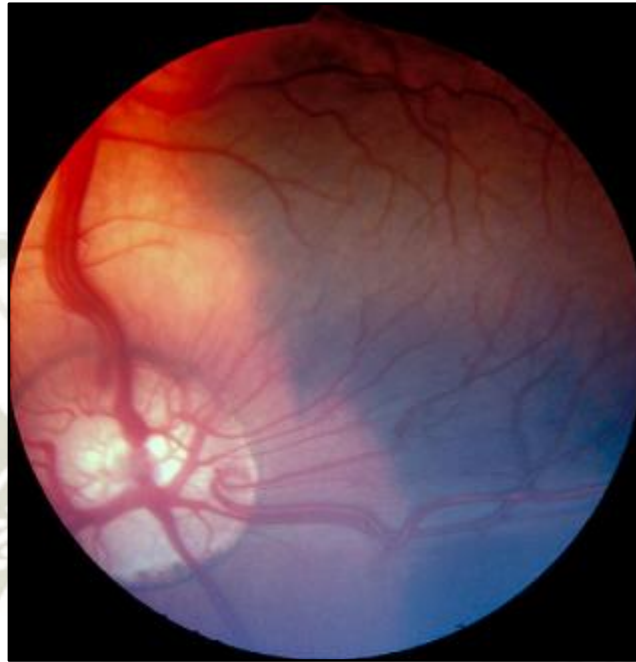
2.1.7.6. Segmento posterior

El segmento posterior (fundus) de los camélidos sudamericanos, destaca del resto por ser altamente variable entre individuos e incluso entre ambos ojos de un mismo individuo, esta variación corresponde al depósito de pigmento en la coroides que a su vez depende del color propio del animal. Al realizar el fondo de ojo podemos observar tonos marrones oscuro, café y marrón, así como también es posible encontrar un fondo de ojo no pigmentado. El fondo de ojo de los camélidos posee vasos sanguíneos de gran calibre que le dan una tonalidad roja, como puede observarse en la **imagen 3** (27).

El color del iris está en estrecha relación con los colores de la piel y el pelo del animal (25). Animales con un manto de color más claro, poseen combinaciones en el color del de gris, azul y café, así como también se reduce la pigmentación en el fondo de ojo, de la misma forma, animales con el color de manto oscuro, tienden a poseer iris de color marrón (25).

Imagen. 3. Fondo de ojo de una llama (*Lama glama*) normal con manto negro con blanco.

La coroides se encuentra pigmentada de forma variables y puede observarse una zona naranja en posición dorsal al disco óptico. Nótese el calibre de los vasos.



Fuente: Gionfriddo, F. (2010)(27).

La vasculatura de la retina y el nervio óptico son muy similares a las del ganado bovino. Los vasos muestran anastomosis vasculares a nivel del disco óptico, similar a la retina de un canino, aproximadamente tres a cinco pares de vasos retiniano emergen de la periferia del disco óptico hacia la zona fuera del disco, así como también un par de vasos emergen de la porción dorsal el disco óptico y se distribuyen en la periferia formando espirales con arterias retinianas. Dos pares de venas retinianas dejan el disco horizontalmente y normalmente vienen acompañadas de mielina (4).

2.1.7.7. Cristalino

El cristalino de los camélidos es alargado, ovoide y esférico, su funcionalidad es exactamente igual al resto de especies domésticas (41). En términos generales, el cristalino es una estructura biconvexa, ausente de vascularización (avascular) y con la superficie anterior ligeramente menos convexa que las posterior, la zona más central, es denominada polo anterior y posterior respectivamente, y en el margen del órgano, existen diversas irregularidades que sirven para la fijación de las fibra zonulares (42).

La función principal del cristalino radica en la acomodación o enfoque, para ello el músculo ciliar realiza diversas contracciones que relajan las zónulas, para ello, el cristalino debe poseer cierta flexibilidad natural que permita al cristalino tomar formas más esféricas, mejorando su potencial óptico y permitiendo el enfoque de estructuras cercanas (42).

El cristalino de los camélidos comparte dichas características y cumple las mismas funciones. En cuanto a las enfermedades que afectan el cristalino de mayor frecuencia en el camélidos, destacan las cataratas, habiendo sido reportadas cataratas maduras, hiper maduras e inmaduras en diversos estudios (43). Recordando siempre que la cataratas maduras pueden impedir la visión de los animales, el tratamiento es quirúrgico y el retiro de la catarata impide que suceda el fenómeno de la acomodación, pero permite la visión de los animales (27) (44). Incluso se ha reportado un tipo de catarata de rápido avance, muy similar a la que se presenta en la catarata intumesciente en caninos secundaria a diabetes mellitus tipo 1 (45). También se han reportado casos de subluxación de cristalino en llamas y coloboma congénito en guanacos (26).

2.1.7.8. Fisiología y producción del humor acuoso

El humor acuoso juega un papel esencial como transportador de nutrientes y para remoción de metabolitos resultantes de la fisiología de la córnea, úvea, cristalino, humor vítreo e incluso del fondo de ojo. Por otro lado, una de sus funciones mecánicas más importantes es el mantenimiento de la presión ocular, en un rango preciso para que pueda ocurrir la refracción luminosa en el ojo y se dé el fenómeno de la visión (28). Este líquido esencial se diferencia del plasma sanguíneo por poseer menor cantidad de proteínas y lípidos. La mayoría del humor acuoso es producido por el epitelio de los procesos ciliares (28).

El humor acuoso es un líquido que ocupa la cámara anterior (endotelio corneal y el iris) y posterior (iris y la capsula anterior del cristalino) del globo ocular. El humor acuoso se produce en el cuerpo ciliar mediante una serie de procesos fisiológicos de difusión, ultrafiltrado (pasaje por medio de la gradiente de presión hidrostática) y diálisis (28), así como también por medio de procesos activos (transporte selectivo) (4) (42). Este proceso de secreción activa se basa en un proceso de complejos enzimáticos, donde la enzima anhidrasa carbónica juega un papel esencial (28). Además de ello, el cuerpo ciliar posee diversas

funciones, que concluyen en la generación y mantenimiento de la presión intraocular, gracias a la dinámica del humor acuoso que incluye los procesos de secreción y drenaje por medio del ángulo iridocorneal. La producción de humor acuoso en especies domésticas, es decir, caninos y felinos, oscila entre 3 a 4 ml por minuto, siendo ligeramente inferior en los caninos.

a. Formación del humor acuoso

El sistema vascular del cuerpo ciliar se basa en las arterias y venas ciliares, las cuales generan una gradiente de presión oncótica, de la misma forma, la cámara posterior posee una presión osmótica y la interacción entre diferentes presiones hace posible la difusión del humor acuoso. El contenido de los capilares ciliares pasa hacia el estroma del cuerpo ciliar, específicamente de los procesos ciliares, y finalmente atraviesa el epitelio del cuerpo ciliar, pasando hacia la cámara posterior, una vez aquí el humor acuoso atraviesa la abertura pupilar y pasa hacia la cámara anterior, no sin antes contactar con el retículo trabecular que forma parte del **ángulo iridocorneal**, permitiendo el drenaje del líquido y manteniendo una presión constante en el globo ocular (42). Por otro lado, existe una ruta alterna de drenaje del humor acuoso, que la **ruta uveoescleral**, que en el perro y el gato está a cargo del drenaje del 25% del humor acuoso aproximadamente (42).

El cuerpo ciliar posee abundante sistemas antioxidantes, que trabajan mediante diferentes enzimas a concentraciones adecuadas, la catalasa, superóxido dismutasa, y glutatión peroxidasa de tipo I y tipo II, por otro lado, el cuerpo ciliar es el principal centro de desintoxicación en el ojo gracias a que posee proteínas de tipo Citocromo P450 que tiene la función de cataliza diversas drogas (4).

b. Composición del humor acuoso

En cuanto a la composición del humor acuoso, podemos definir que es un líquido transparente con una densidad de 1.335 siendo ligeramente mayor que el agua. El humor acuoso administra nutrientes y remueve productos de desecho, principalmente de la córnea y del cristalino, ya que ambos son estructuras avasculares, además, la producción y drenaje del humor acuoso debe estar igualado manteniendo un nivel constante de presión intraocular (PIO) en el ojo. El humor acuoso de forma sencilla es un ultrafiltrado del plasma sanguíneo, que atraviesa la barrera sangre-humor acuoso (46), que se considera como un obstáculo entre la sangre y los capilares del cuerpo ciliar (42), la ruptura funcional de dicha barrea modifica

la composición del humor acuoso, adicionándole proteínas y prostaglandinas, modificando su composición y haciéndolo más próximo al plasma sanguíneo, a lo que se denomina como “plasmaoide acuoso” (4). Las necesidades metabólicas de la córnea y el cristalino alteran la composición del humor acuoso, así como también la concentración de componentes en la sangre, un ejemplo claro de ello, es la elevada concentración de azúcares en el humor acuoso como consecuencia de la diabetes mellitus, generando como consecuencia cataratas intumescentes (4) (45).

Químicamente el humor acuoso está compuesto de proteínas, anticuerpos (inmunoglobulinas), enzimas y lípidos; Todos ellos se encuentran en una concentración mucho menor que en el plasma, la barrea sangre-humor acuoso aporta los electrolitos y otros compuestos inorgánicos (4). La concentración de carbohidratos se estima en un 80% de similitud con el plasma sanguíneo, por otro lado, la similitud en cuanto a la urea no se ha comprobado, pero se sabe que es considerablemente inferior (46). Para el caso de los aminoácidos, en la mayoría de los mamíferos su concentración es superior en el humor acuoso que, en el plasma, a excepción del perro que es inferior.

En cuanto a la concentración de cationes (ion con carga eléctrica positiva) encontramos sodio, potasio, calcio y magnesio, siendo que el sodio representa un 95% de dichos cationes. Los aniones por otro lado, son cloruros, bicarbonato, fosfatos, ascorbato y lactato y existe variación entre cationes y aniones de acuerdo a las especies (4).

c. Drenaje del humor acuoso

El rango de humor acuoso y su velocidad de formación varía entre las diversas especies, la dinámica del humor acuoso busca un balance perfecto entre producción (principalmente activa) y los mecanismos de drenaje convencionales y no convencionales (4). Con drenaje convencional hacemos referencia a las estructuras a nivel de las trabéculas corneoesclerales y, por otro lado, los mecanismos no convencionales están a cargo del drenaje uveoescleral.

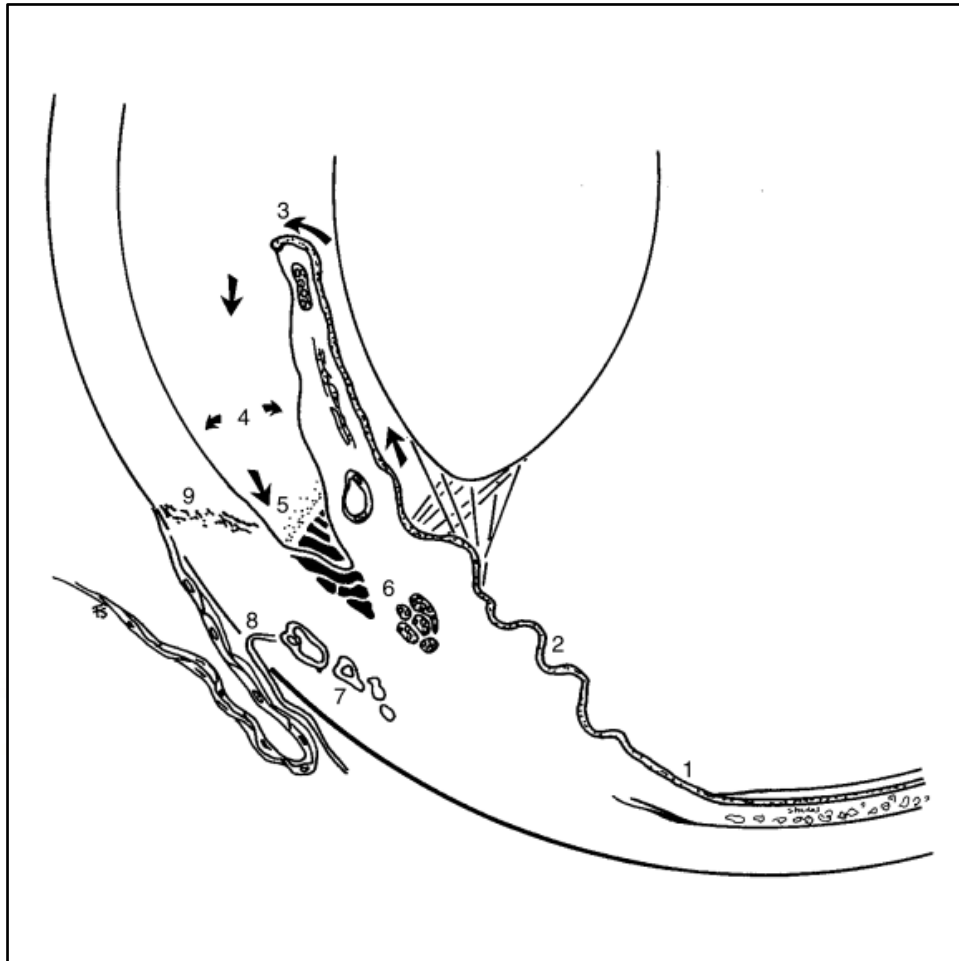
El sistema de drenaje convencional o el ángulo de drenaje (ángulo iridocorneal), inicia en los ligamentos pectinados, estos tienen sus origen en la periferia del iris y se insertan en la superficie interna de la córnea y están compuestas por abundantes fibras de color similar al iris, las fibras de los ligamentos pectinados pueden ser evaluados mediante gonioscopia, inmediatamente detrás de los ligamentos trabeculares encontramos los

espacios trabeculares, estas dos estructuras producen cierta resistencia y también la salida del humor acuoso de regreso a la circulación (plexo venoso escleral) adyacente al ángulo iridocorneano por un proceso de pinocitosis, de esta manera se mantiene el globo ocular turgente (28).

La ruta no convencional, en grandes animales ha mostrado ser independiente de la PIO medible mediante tonometría, es por ello, que dicha vía de drenaje no puede ser considerada, o ser tomada en cuenta ante una variación de la presión intraocular (PIO). A pesar de no verse afectado por la presión intraocular, este sistema de drenaje depende directamente del estado del cuerpo ciliar, de la presión hidrostática entre la cámara anterior y el espacio supracoroidal (4). Una contracción de los músculos del cuerpo ciliar disminuye el drenaje no convencional, probablemente por una disminución en los espacios extracelulares, lógicamente, una relajación de dicho músculo incrementa el flujo de drenaje.

Este balance hace que la presión intraocular se mantenga variable, pero dentro de un rango determinado. Dichas variaciones se evidencian en la toma de presión durante el día, así como el tonómetro, el mismo que presenta oscilaciones de valores de acuerdo a la presión arterial media, presión venosa central y osmolaridad sanguínea (42).

Imagen. 4. Flujo de producción del humor acuoso; 1) Epitelio pigmentario. 2) Cuerpo ciliar, 3) Pupila, 4) Angulo iridocorneal, 5) Ligamentos pectinados, 6) Angulo de drenaje, 7) Plexo venoso escleral, 8) Anastomosis venosa conjuntival, 9) Limbo esclerocorneal.



Fuente: Stades, F; 2007 (28)

2.1.8. Tonometría

La tonometría es la medición de presión intraocular (4)(28)(42), a diferencia de la tonografía, que hace referencia al estudio de la dinámica de drenaje del humor acuoso en relación a una presión aplicada sobre el mismo (42). Es un procedimiento esencial en el diagnóstico de enfermedades oculares, así como también para monitorear los resultados de la terapia, normalmente mediante mediciones frecuentes (considerar que existe un variación diurna en la medición de la PIO) (30).

Es importante definir que la medición de la presión intraocular, no debe restringirse solo para el diagnóstico de glaucoma, puede aplicarse como parte de la consulta oftalmológica general, pues la elevación o disminución de dicha presión, pueden ser el resultado de enfermedades primarias o secundarias a las oscilaciones de presión intraocular, tal es el caso de las enfermedad que cursan con ojos rojos (conjuntivitis, queratitis, epiescleritis, escleritis y uveítis anterior), edema corneal difuso y local, enfermedades de la órbita ocular, sospecha de glaucoma y luxaciones de cristalino en el ojo opuesto (4).

La medición de la presión intraocular tampoco debe restringirse al inicio del diagnóstico, es parte esencial del seguimiento de las enfermedades, así como también del control y pronósticos de las terapias aplicadas, a pesar de que la medición de la presión intraocular se da un momento específico del tiempo, la tonometría repetida está indicada para la monitorización de las enfermedades oculares.

La presión normal en los diferentes animales domésticos oscila entre 15 a 25 mm/Hg, pero este valor es variables en diferentes estudios y condiciones, tal es el caso, de la variación entre especies, donde se ha estimado una presión de 15 a 18 mm/Hg para los perros, 17 a 19 mm/Hg en los gatos, 15 a 20 mm/Hg en los conejos, 17 a 28 mm/Hg en caballos (47), así como también se ha estimado la presión en los camélidos sudamericanos en 16.96 ± 3.51 mm/Hg en llamas y 16.14 ± 3.55 mm/Hg en alpacas (1), además, Willis & Col. (48), han establecido un rango de presión intraocular entre 7 a 18 mm/Hg para llamas y 11 a 21 mm/Hg para las alpacas. Por otro lado, puede existía variación de presión entre ambos de ojos de un mismo animal, que no debe exceder los 8 mm/Hg (49).

2.1.8.1. *Tipos de tonometría*

2.1.8.1.1. Tonometría directa

Podemos definir una primera clasificación como tonometría directa por medio de un manómetro, precisa de la canalización circulatoria, siendo este el método más preciso, pero también el más invasivo y por ello, es poco usado en clínica convencional, mucho más en la práctica experimental (42), por otro lado, existe la tonometría indirecta, que nos permite determinar la presión intraocular, mediante la mensuración de la tensión de la córnea (4).

2.1.8.1.2. Tonometría indirecta

Los métodos de tonometría indirecta se basan en la tensión de la córnea y nos permiten realizar la medición de la presión intraocular de forma sencilla, generando muy poco estrés a los animales y cuyos resultados además de servir para el diagnóstico, nos permiten establecer un pronóstico del padecimiento, son métodos más rápidos y poco invasivos, es por ello, que se utilizan frecuentemente en la clínica diaria. La tonometría indirecta incluye los métodos de tonometría digital y tonometría instrumental (4).

2.1.8.1.3. Tonometría digital

Dentro de la tonometría indirecta contamos con dos alternativas para la medición de la presión intraocular, que divide las técnicas en cuanto a tonometría digital y tonometría instrumental (4). Según Slatter & Col.(42), la tonometría digital puede realizarse mediante la palpación bimanual, pero es un método impreciso y no recomendado en la clínica diaria, ya que está muy relacionado con la casuística y la experiencia del médico que la realice, así como del rango en que se estime y obviamente la cooperación del paciente, depender exclusivamente de este método, puede conllevar un diagnóstico errado y por ende un tratamiento impreciso.

A pesar de ello, este método es utilizado hasta la actualidad y por esta razón debe ser descrito en esta revisión. Para realizar esta técnica las caras de los pulgares deben entrar en contacto con el párpado superior cerrado y debe ejercerse la presión suficiente para poder estimar cuan turgentes se encuentran los globos oculares, es una técnica que nos permite estimar una elevación y disminución de la presión intraocular de forma muy grosera, y debe aislarse solo para aquellas situaciones en las que no se cuente con el instrumental para hacer una medición precisa.

2.1.8.1.4. Tonometría instrumental

La presión intraocular produce cierta tensión en las estructuras del globo ocular, manteniéndolo turgente, en especial sobre la córnea y la esclerótica, la mayoría de métodos de medición de la presión intraocular mediante instrumental se basan en dicha tensión (42).

Para Gelatt (4), el tonómetro ideal debe contar con ciertas características, este debe ser fácil de usar, no producir trauma (atraumático), debe poder usar con mínima sujeción y debe proveer una alta precisión y repetibilidad para poder estimar la presión normal y la

alterada en padecimientos oftalmológicos. La tonometría instrumental y los tonómetros en general han sido construidos de tal forma que considera principios físicos básicos y para que funcionen de forma correcta consideran el grosor de la córnea, así como también la curvatura de esta, la rigidez de la córnea y la esclera, la viscosidad de la película lagrimal y los efectos del anestésico tópico que puede aplicarse para facilitar la técnica.

a. Tonometría por indentación

También es denominada *tonometría por impresión*. El primer tonómetro por indentación fue reportado por von Grafe en el año 1862, pero no fue hasta al año 1905 cuando Schiötz desarrolló y describió el tonómetro por indentación, el tan conocido Tonómetro de Schiötz, rápidamente, este tonómetro se hizo muy popular y no tardó en volverse el método “gold standard” para la medición de la presión intraocular (4).

Gelatt & Col. (4) aportan que este método se basa en la presión ejercida sobre la córnea previamente anestesiada, lo que hace este tonómetro s medica la distancia en que se deprime la córnea, dicha depresión es generada por la varilla del tonómetro y que posteriormente nos brindará un valor que indicará la presión del globo ocular.

Slatter & Col. (42), por su lado, agregan que este método puede comprenderse fácilmente utilizando como referencia un globo lleno de agua, si nosotros utilizamos la porción roma de un lápiz (goma de borrador) y ejercemos presión sobre el globo, inmediatamente se va producir una cavidad en la superficie del mismo y guardando cierta distancia, si la presión ejercida por el lápiz disminuye, la cavidad y por tanto la distancia disminuyen de hendidura también los hacen, por otro lado, si es que la presión de agua del globo aumenta, entonces el lápiz tendrá mayor resistencia y de forma opuesta si la presión de agua del globo disminuye el lápiz generara una cavidad con una mayor distancia de forma más fácil, en palabras sencillas, este el fundamento del tonómetro de Schiötz.

Existen diferentes modelos disponibles en mercado, sin embargo, todos ellos comparten ciertas partes esenciales para su funcionamiento: a) Émbolo (el lápiz metafórico), b) Montaje o platillo de pie y c) Mango, además, existen pesas que

se aplican en la varilla que van de 5.5 g, 7.5 g, 10 g y 15 g, estas pesas son aplicadas visualmente por el clínico, de acuerdo, a si la presión ejercida por el ojo es suficiente para mover la aguja del platillo de pie, a medida que se agregue mayor cantidad de peso, la varilla tendrá una mayor penetración o indentación (4) (42).

El montaje o platillo de pies toma una forma cóncava que se asemeja a la curvatura de la córnea humana y la varilla del embolo sobresale de la superficie de esta. Dependiendo de la rigidez de la córnea el metal de la varilla puede realizar la indentación de forma variable, de manera que por cada 0.05 mm de distancia de profundidad la muesca avanza una escala unitaria, dicha escala es convertida a milímetros de mercurio (mm/Hg) por medio de una tabla de conversión (4). La tabla de conversión es el producto de las mediciones de presión intraocular en gatos y perros mediante tonometría directa.

i. Procedimiento de medición

1. Antes de ser utilizado el tonómetro de Schiotz debe ser debidamente calibrado utilizando la cúpula de acero que normalmente viene en el empaque de este instrumental. El embolo debe encontrarse limpio siempre ya que la acumulación de polvo o partículas en este no permitirá el libre movimiento de la varilla de metal y por ende causar resultados imprecisos (4)(42).
2. Se coloca una gota de anestésico local y el paciente debe ser sujetado de tal manera que la superficie de la córnea quede en un plano horizontal, para esto podemos utilizar la sujeción manual, evitando presionar el cuello y el globo ocular pues esto podría modificar la presión intraocular.
3. El platillo se coloca directamente sobre la córnea, puede aplicarse sin pesas, el émbolo por sí solo tiene un peso de 5.5 g, normalmente a medida que el grado de indentación aumente, menor es la presión intraocular (PIO).

4. Normalmente se recomiendan tres lecturas para sacar un promedio de las dos medidas más cercanas, es esperable que a medida que repetimos la medición, la presión disminuya, por efecto de la presión ejercida sobre la superficie corneal.
5. Finalmente, el valor obtenido mediante la indentación es comparado y convertido con una tabla que viene normalmente con el equipo, esta tabla deberá ser comparada considerando la medida y columna única según el peso aplicado sobre el émbolo (5.5 g, 7.5 g, 10 g, 15g).
6. Los resultados se expresan en milímetros de mercurio (mm/Hg).

Es importante determinar que el tonómetro de Schiötz en sí mismo y también el método de medición y sujeción son el principal problemas, puesto que el animal debe estar completamente quieto con la cabeza mirando hacia arriba, y como es de esperarse, es muy importante que el paciente coopere, es por eso, que está contraindicado en animales mayores, incluidos los camélidos (42).

Otro de los problemas es el hecho de que precisamos que el animal no se mueva en los más mínimo, así como también asegurar el correcto alineamiento del instrumento con la córnea. Además, los resultados de medición de la presión después de un proceso quirúrgico no son precisos, por ello también se encuentra contraindicado en esta situación (4).

La forma y curvatura del platillo fueron diseñados para ojos humanos, por esta razón al ser aplicados en animales con variaciones en la córnea, en especial córneas delgadas y grandes ojos pueden generar falsos resultados o medidas alteradas (4).

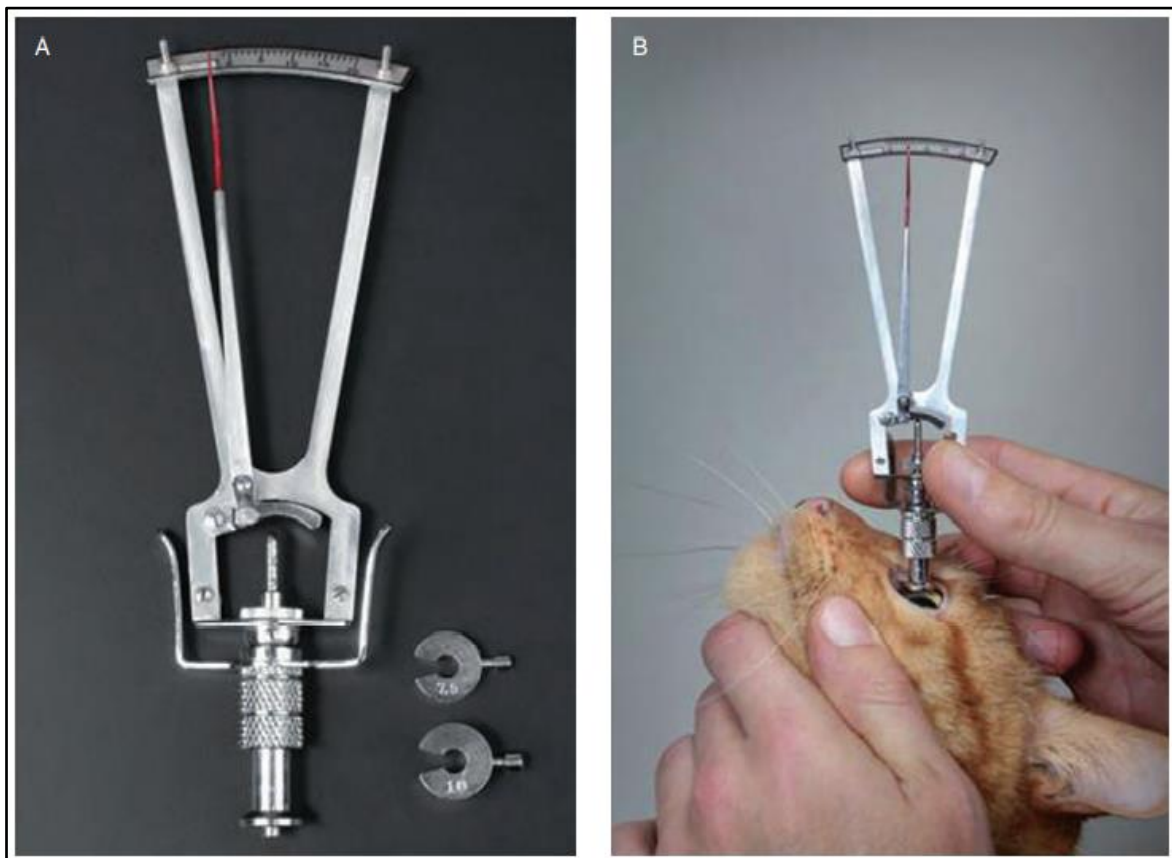
ii. Factores que pueden modificar la medición de la presión intraocular (PIO):

1. Mantenimiento, después de ser utilizados se debe desarmar o desmontar el embolo y el platillo de pie, normalmente el equipo viene con un limpiapipas que nos permite realizar la limpieza interna del instrumental, normalmente, puede empaparse con éter, cualquier material biológico de tipo mucoso e incluso el polvo, pueden generar

una medición imprecisa de la PIO. Si se desea esterilizar el instrumento, puede utilizarse como alternativa el Óxido de etileno (42).

2. Medicación aplicada, es importante conocer perfectamente el historial de los pacientes, pues ciertas sustancias neuro depresoras como los sedantes, anestésicos y tranquilizantes disminuyen la presión intraocular, con excepción de la Ketamina, que por sus efectos estimulantes, produce un incremento de la presión, según Slatter & Col. (42), esto puede deberse al espasmo producido sobre los músculos extraoculares, generando presión sobre el ojo e incrementando la PIO.
3. Docilidad del paciente, durante la sujeción debe evitarse presionar el globo ocular y el cuello del animal, de otra forma, esto incrementaría la presión ejercida sobre el ojo y alteraría los valores de PIO. Es por esta razón que la tonometría por indentación está contraindicada en animales mayores, a menos que se cuente con una anestesia general en decúbito lateral que nos permite realizar la medición (50).
4. Inflamación de las estructuras intraoculares, los procesos de uveítis primaria, anterior y/o posterior, son causa primaria de una disminución en la presión intraocular, incluso llegando a valores por debajo de 5 mm/Hg.
5. Rigidez corneal, esta es otra de los factores que pueden generar un variación en la indentación del ojo, esta rigidez se entiende como la resistencia que posee el ojo gracias a las túnicas fibrosas (esclera y la córnea) que pueden modificar el volumen intraocular, esta característica es propia de cada ojo y genera un cambio en la PIO (4).

Imagen. 5. A) Tonómetro de Schiotz, con pesas de 5.5 g y 7.5 g; B) Tonómetro usado en un gato.



Fuente: Gelatt & Col. 2013. (4)

b. Tonometría por aplanamiento

El primero tonómetro por aplanamiento fue construido en el años 1885 por Maklakoff, posteriormente una modificación de este aparato llamado “Tonomat” fue diseñado por Posner & Inglima en el año 1964, sin embargo, fue en el 1965 cuando Goldman diseño el tonómetro por aplanamiento que fue utilizado ampliamente en la oftalmología humana (4).

El principio de los tonómetro por aplanamiento se basa en la medición de la fuerza requerida para aplanar un área constante de la córnea, y corresponde a la ley de Goldman Imber-Fick, que hace referencia a la fuerza necesaria para aplanar un área determinada en una esfera siendo igual a la presión de esta (42). La presión necesaria para aplanar una superficie estima la presión intraocular PIO (4).

Para poder determinar la presión intraocular, es necesario conocer el área (el tamaño del platillo de medición), además, durante la historia se han diseñado diferentes modelos de tonómetro por aplanamiento, destacando los tonómetros Goldman, Draeger, Perkins, Halberg, Maklakoff y Mackay-Marg, este último y el tonómetro de aplanamiento digital (Tono-Pen) son ampliamente utilizados en medicina de pequeños animales (4) (42).

Todos los tonómetros antes mencionados comparten la característica de poseer una zona de contacto de 3 a 4 mm de diámetro que produce el aplanamiento de un área determinada de la córnea. Con estas medidas la resistencia de la córnea al aplanamiento se contrarresta con la atracción capilar de la película lagrimal que entra en contacto con la cabeza del tonómetro, la fuerza empleada es evaluada de forma óptica o electrónica.

Dentro de los requisitos para una buena toma de medidas destaca el hecho de que el paciente debe mantenerse estático por unos breves segundos para obtener una lectura precisa. Por su lado el tonómetro de Goldman está montado en una tabla con una lámpara biomicroscópica, siendo el tonómetro por aplanamiento más preciso en oftalmología humana.

El Tono-Pen, es un tonómetro digital por aplanamiento que tiene su base en el tonómetro de Mackay-Marg, es el más utilizado en Medicina Veterinaria, funciona a base de baterías, siendo totalmente portátil y muy preciso. La plataforma del instrumento contiene una punta sensible a la presión que sobresale y se encuentra rodeada de un anillo sensible, cuando este tiene contacto con la córnea se aplana y el punto de presión es medido (amplificado, digitalizado y pasado a través de un microprocesador) y finalmente convertido en un resultado de la presión intraocular (PIO).

i. Procedimiento de medición

1. La superficie de contacto es cubierta con una membrana de látex que protege la zona sensitiva y previene la contaminación cruzada.

2. Posteriormente a la aplicación de la anestesia tópica, los párpados deben ser desplazados suavemente con la mano no dominante, tomando en cuenta que no debe ejercerse presión sobre el globo ocular.
3. Con ayuda de nuestra mano dominante debemos colocar el aparato de forma perpendicular (90 grados) a la córnea.
4. La punta del tonómetro entra en contacto de forma muy suave repetidas veces generando cierto grado de indentación, se recomienda tres medidas para obtener un promedio de presión más preciso.
5. La medida de la presión intraocular se muestra en la pantalla digital del tonómetro. Esta medida viene acompañada de tonos individuales que se presentan cuando ya se han registrado las medidas de la PIO y, por otro lado, un sonido continuo nos indica que se ha calculado la media de los valores obtenidos en las múltiples tomas.
6. Finalmente, en la pantalla de cristal se observa el promedio de presión intraocular, y al costado el coeficiente de varianza que va de 5% a más del 20%. Si la varianza excede el 5%, la tonometría deber repetirse (4).

Gracias a su potencial de repetibilidad, portabilidad, costo y facilidad de uso, el Tono-Pen se ha convertido en el tonómetro veterinario más utilizado en animales domésticos y no domésticos (4) (46).

ii. Ventajas de la tonometría por aplanamiento

1. Es muy preciso y sencillo de usar.
2. No precisa que el animal se posicione con la cabeza de forma vertical, únicamente se especifica que el tonómetro esté perpendicular a la superficie de la córnea.
3. El sesgo producido por las diferencias entre las dimensiones y longitud de la córnea son inferiores a la tonometría por indentación.

4. En caso de córneas lesionadas en diferentes zonas, la estrechez de la punta de contacto del tonómetro permite evitar la zona enferma y obtener mediciones más precisas.
5. Cada medición nos permite cambiar el capuchón de látex, evitando así la contaminación y diseminación de enfermedades de origen infeccioso.
6. Se necesita mínima sujeción, por ello, se usa también en animales mayores.

A pesar de ser muy útil los tonómetros por aplanamiento poseen diversas desventajas, entre ellas destaca el costo del instrumento, y la calibración debe realizarse regularmente. Es mucho más preciso y requiere de menos sujeción que en el caso de los tonómetros de Schiötz, y al brindar resultados más precisos, estos están indicados para el control posoperatorio y la monitorización del glaucoma en animales (42).

Imagen. 6. *Tono-Pen Veterinario (Tonómetro por aplanamiento).* A) Tono-Pen de uso veterinario. B) La plataforma contiene una punta central de presión sensitiva que se protruye y es rodeada de un anillo sensitivo. C) La punta es cubierta con una membrana descartable de látex que protege la zona sensitiva y previene el contagio de enfermedades. D) Tono-Pen usado en un perro.



Fuente: Gelatt & Col. 2013. (4)

c. Tonometría por rebote

El primer tonómetro por rebote fue introducido en el año 2004, y desde su creación los fabricantes han creado diferentes curvas de calibración interna del instrumento para poder medir la PIO en animales pequeños, en especial perros y gatos, así como en grandes animales destacando el caballo y algunas otras especies. Este instrumento permite que se tomen rápidamente seis medidas, de las cuales se saca un promedio, y refleja resultados más precisos. En caso de que la varianza entre los valores obtenidos sea muy alta, algún problema con el movimiento de la sonda o un desalineamiento respecto a la parte central de córnea, el mismo equipo advierte de ello, además, las puntas de la sonda son descartables, evitando así la contaminación y contagio de enfermedades.

La tonometría por rebote es la una de las últimas tecnologías diseñadas para la medición de la presión intraocular. El rebote (dinámica del impacto), usa un principio distinto al resto de tonómetros para la medición de la presión intraocular. Una pequeña sonda de forma similar a un alfiler con un extremo esférico, es impulsada rápidamente mediante mecanismos electromagnéticos desde una distancia determinada con la córnea, al entrar en contacto con la superficie de la misma y regresa (efecto de rebote) al instrumento (4).

El tonómetro considera las características del rebote (basándose en la pérdida de aceleración de la sonda) y nos brinda un resultado numérico. Los ojos que poseen una PIO más alta producen una desaceleración más rápida de la sonda y lógicamente toman menor tiempo en regresar al instrumento, de forma contraria, el retorno de la sonda es más tardado en los ojos con una baja PIO.

Una de las principales causas que afectan este método, es la tensión de la superficie ocular y es ideal que dicha medición se realice antes de colocar cualquier colirio tópico, incluso el anestésico, sin embargo, los estudios de Gorig & Col. (51), definen que el anestésico no es causa de variación significativa.

i. Ventajas de la tonometría por rebote

1. No precisa de anestesia tópica.

2. La pequeña sonda con la punta esférica permite realizar medidas en ojos muy pequeños que se presentan en numerosas especies exóticas, así como también en lesiones corneales que impidan los otros métodos de medición de la presión intraocular.
3. La sonda es descartable y, por tanto, previene el contagio de enfermedades infecciosas.

Una de las desventajas de la tonometría por rebote es el hecho de que es necesario que el instrumento se mantenga en posición vertical de tal manera que la sonda sea impulsada horizontalmente y de forma perpendicular a la córnea, por lo tanto, paciente postrados o recostados significan una dificultada en la medida (4).

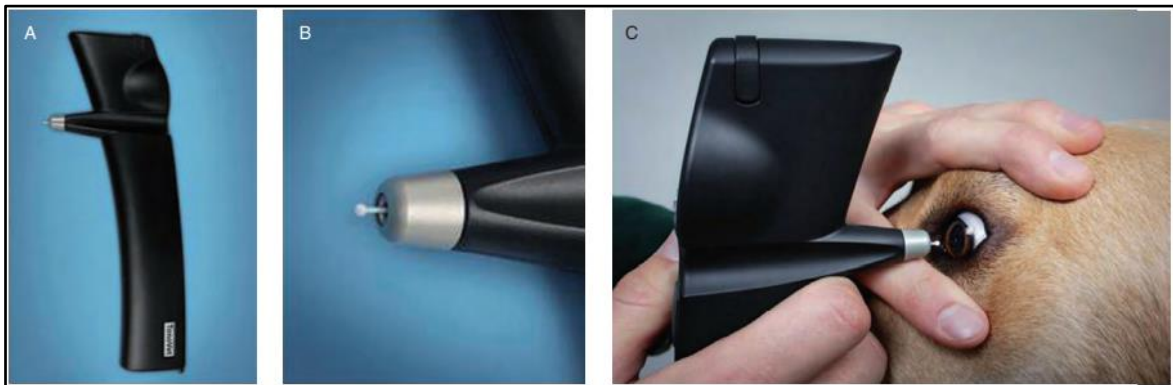
Por otro lado, es lógico pensar, que la distancia entre el instrumento y el globo ocular sea un factor de variación importante, sin embargo, se ha descrito que la precisión de le medida no se vio afectada en un rango de distancia diferencial desde la sonda a la córnea de 3 a 5 m; así como también la distancia lateral en un rango de 0 a 2 mm; si existe variación entre la angulación de la sonda respecto a la superficie ocular, pero esta no es significativa mientras no exceda los 20 grados (52).

El TonoVet es el tonómetro por rebote más utilizado y que últimamente se ha convertido en el más popular en la oftalmología veterinaria. Existe una relación muy estrecha entre la tonometría por rebote y la tonometría directa por manómetro, al menos, en caninos, felinos y caballos (52) (53). Se cree que el “Tono-PenVet” subestima la presión intraocular en el perro en aproximadamente 2 mm/Hg (52) y sobreestima la PIO en 2 a 3 mm/Hg en el caso de los gatos (53).

La tonometría por rebote también ha sido informada en cabras, conejos, aves rapaces, pollos y chichillas, pequeños rumiantes e incluso en camélidos sudamericanos usando la versión más sencilla del instrumento, el TonoVet. Nunca estimada utilizando un TonoVet Plus, el cual es más moderno y confiable.

El TonoVet ha sido calibrado para su uso en perros, gatos y caballos, es importante y recomendable escoger la configuración adecuada para la especie interés, es por ello, que para un estudio en camélidos sudamericanos se recomienda usar la configuración de caballos.

Imagen. 7. Tonómetro por rebote (TonoVet). A) TonoVet. B) Sonda pequeña de metal con una punta plástica descartable de forma esférica. C) TonoVet usado en un perro.



Fuente: Gelatt & Col. 2013. (4)

Imagen. 8. Partes del tonómetro por rebote (TonoVet) diseñado para Medicina Veterinaria.



Fuente: Knollinger, A; 2005. (52)

2.2. Antecedentes de investigación

2.2.1. Análisis de tesis

2.2.1.1. “COMPARACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PRESIÓN INTRAOCULAR OBTENIDAS POR UN TONÓMETRO DE REBOTE Y UN TONÓMETRO DE IDENTACIÓN EN GATOS MESTIZOS ADULTOS APARENTEMENTE SANOS EN LA CLÍNICA VETERINARIA DOCENTE CAYETANO HEREDIA” SALDAÑA, K; 2019.

La presión intraocular (PIO) es la fuerza que ejerce el humor acuoso dentro del ojo. La medida de PIO es importante para la evaluación y el manejo de enfermedades como el glaucoma y la uveítis en gatos. En oftalmología veterinaria, se ha usado por mucho tiempo el tonómetro de Schiøtz® para determinar la PIO; sin embargo, este requiere de anestesia local y una buena sujeción del paciente. Es por esta razón que en los últimos años se ha buscado nuevas tecnologías que posean una buena precisión y sean prácticas al obtener las medidas de PIO, como el tonómetro de rebote (TonoVet®). El objetivo de este estudio fue determinar la precisión del tonómetro de rebote (TonoVet®) en comparación con el tonómetro de Schiøtz al obtener las medidas de PIO en gatos mestizos adultos, de 1 a 5 años, clínicamente sanos, en la Clínica Veterinaria Cayetano Heredia. Se obtuvo una muestra aleatoria de 35 gatos mestizos y todas las medidas fueron obtenidas durante el día en el rango de 9am a 1pm. Antes de tomar las medidas de PIO se realizó un examen físico y una evaluación oftalmológica descartando alteraciones que podrían afectar los resultados. Se midió la PIO con ambos tonómetros en cada uno de los 35 gatos, utilizando primero el tonómetro de rebote, luego se aplicó una gota de tetracaína al 0.5% en cada ojo de los individuos y se procedió a realizar la medida con el tonómetro de identificación. Tras analizar los datos a través del análisis de t de Student para muestras emparejadas no se encontró una diferencia significativa entre los resultados obtenidos con ambos tonómetros.

Palabras claves: tonometría de rebote, tonometría de Schiøtz, presión intraocular, gatos domésticos. (54)

2.2.1.2. “AVANCES EN EL DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DEL GLAUCOMA EN CANINOS. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA (2000-2010)” MORENO, C; 2012.

El glaucoma canino es un aumento de la presión intraocular por encima de los valores normales, la cual provoca daño en la retina y en la papila del nervio óptico, produciendo finalmente ceguera si no recibe tratamiento oportuno. Este estudio corresponde a una revisión bibliográfica de diseño no experimental usando un método descriptivo, cuyo objetivo es recopilar información actualizada sobre el diagnóstico y tratamiento del glaucoma entre los años 2000 al 2010. La presencia de glaucoma en perros puede ser diagnosticada por medio de anamnesis, signos clínicos y exámenes complementarios tales como: tonometría, paquimetría, gonioscopía, oftalmoscopia, retinografía, ecografía y los analizadores de la cabeza del nervio óptico y de las fibras nerviosas de la retina. La tonometría es el principal método utilizado para el correcto diagnóstico de glaucoma en perros siendo la tonometría de aplanación la más utilizada, más fácil de usar y la más precisa. El tratamiento en perros se basa en fármacos capaces de reducir la producción de humor acuoso (Inhibidores de la anhidrasa carbónica); fármacos que reducen la producción y aumentan el drenaje del humor acuoso (Diuréticos osmóticos, agonistas adrenérgicos y antagonistas β adrenérgicos); fármacos que aumentan el drenaje del humor acuoso (Agentes colinérgicos y análogos de prostaglandinas). El tratamiento más utilizado en glaucoma agudo para perros es una combinación de estos fármacos como el manitol asociado a un inhibidor de la anhidrasa carbónica tópico junto con un agente colinérgico. En relación con el tratamiento medicamentoso para el glaucoma crónico en la mayoría de los casos se realiza finalmente una técnica quirúrgica. En el tratamiento quirúrgico, aquellos animales con potencial visual se clasifican según si se debe aumentar el drenaje de humor acuoso (Gonioimplantes, trabeculectomía) o si se debe disminuir la producción de humor acuoso (Ciclo fotocoagulación con láser, ciclocriciurugía e inyecciones de gentamicina intravítrea). La enucleación del globo ocular se efectúa cuando el animal se encuentra ciego.

Palabras clave: Glaucoma, Canino, Diagnóstico de glaucoma, Tratamiento médico de glaucoma, Tratamiento quirúrgico de glaucoma. (55)

2.2.2. Análisis de trabajos de investigación

2.2.2.1. “PRESIÓN INTRAOCULAR EN LLAMAS NORMALES (*Lama glama*) Y ALPACAS (*Vicugna pacos*)”. NUHSBAUM MT, GIONFRIDDO JR, POWELL CC, AUBIN ML; 2000.

Objetivo: Determinar la presión intraocular media en llamas (*Vicugna glama*) y alpacas (*Vicugna pacos*) mediante tonometría de aplanación. Animales estudiados: Diez llamas y 10 alpacas. **Procedimiento:** Se midió la presión intraocular (PIO) con un Tono - Pen™ XL (Mentor Ophthalmics, Inc., Norwell, MA, EE. UU.). Se registraron tres valores, con una varianza del 5%, para cada ojo. Se determinaron las medias de mínimos cuadrados para la PIO para cada ojo de llamas y alpacas. Controlando por edad, las diferencias entre el ojo izquierdo y derecho se analizaron usando anova. Se establecieron dos grupos de edad, menores de 5 años y mayores de 5 años. El efecto de la edad sobre la PIO dentro de cada grupo se analizó mediante regresión lineal. Los valores de probabilidad menores a 0.05 se consideraron significativos. **Resultados:** La comparación de la PIO media entre los ojos derecho ($n = 20$) e izquierdo ($n = 20$), independientemente del tipo de especie, no mostró diferencias en la PIO para llamas y alpacas. La PIO media disminuyó con el aumento de la edad en llamas y alpacas. La PIO media para 20 ojos en 10 llamas fue de $16,96 \pm 3,51$ mmHg. La PIO media para 20 ojos en 10 alpacas fue de $16,14 \pm 3,74$ mmHg. La PIO media para todos los ojos ($n = 40$), independientemente de la especie, fue de $16,55 \pm 3,55$ mmHg. El rango de PIO en llamas y alpacas normales dentro de 2 DE (95% de la población) fue de $14,89 \pm 18,21$ mmHg. **Conclusiones:** No hubo diferencia significativa en la PIO entre alpacas y llamas. La PIO media en ambas especies disminuyó con la edad. (1)

2.2.2.2. “EVALUACIÓN DE LA PRESIÓN INTRAOCULAR EN OJOS DE LLAMAS Y ALPACAS CLÍNICAMENTE NORMALES”. WILLIS & COL; 2000.

Objetivo: Estimar la presión intraocular (PIO) en ojos de camélidos sanos, mediante tonometría de aplanación. **Animales:** Los ojos de 34 camélidos (16 llamas *Vicugna vicugna*) y 18 alpacas (*Vicugna pacos*) que no tenían anomalías importantes de la superficie ocular o anomalías intraoculares. **Procedimiento:** Las mediciones de tonometría se obtuvieron de cada ojo 3 veces durante un período de 24 horas. Cada medida fue la media de varios procesos de aplanamiento corneal, obtenido mediante el uso de un tonómetro de un aplanamiento. Los datos se analizaron mediante un ANOVA para un diseño de medidas repetidas. **Resultados:** PIO media (\pm SEM) de llamas y alpacas fue $13,10 \pm 0,35$ y $14,85 \pm 0,45$ mm Hg, respectivamente. El rango de PIO fue de 7 a 18 mm Hg para llamas y de 11 a 21 mm Hg para las alpacas. La PIO media de llamas fue significativamente menor que la PIO media de las alpacas. No se detectaron diferencias significativas en la PIO entre el ojo derecho e izquierdo de los animales. Las diferencias en la PIO no se atribuyeron al sexo, la edad o tiempo de medición dentro de llamas o alpacas. **Conclusiones y relevancia clínica:** El establecimiento de la media y el rango de la PIO de llamas clínicamente normales y alpacas proporciona un marco de referencia que es importante para su uso en un examen oftálmico completo de camélidos, que puede ayudar a los médicos en el diagnóstico de glaucoma y uveítis. Las razones de la diferencia en la PIO media entre llamas y alpacas son desconocidas. Aunque la diferencia puede ser clínicamente insignificante, este hallazgo reitera el hecho de que se debe tener precaución al extrapolar la PIO entre especies. (48)

- 2.2.2.3. “EVALUACIÓN DE UN TONÓMETRO DE REBOTE PARA MEDIR LA PRESIÓN INTRAOCULAR EN PERROS Y CABALLOS”. KNOLLINGER, A & COL; 2005.

Objetivo: Comparar la presión intraocular (PIO) mediciones obtenidas con un tonómetro de rebote en perros y caballos con valores obtenidos mediante tonometría de aplanación y manometría directa. **Diseño:** Estudio prospectivo. **Animales:** 100 perros y 35 caballos con ojos clínicamente normales, 10 ojos enucleados de 5 perros y 6 ojos enucleados de 3 caballos. **Procedimientos:** En los ojos enucleados, se midió la PIO mediante manometría directa fue secuencialmente aumentó de 5 a 80 mm Hg, y la PIO se midió con el tonómetro de rebote. En los perros y caballos, se compararon los resultados de la tonometría de rebote con resultados de tonometría de aplanación. **Resultados:** Para los ojos enucleados de perro y caballo, hay una fuerte ($r^2 = 0,99$) relación lineal entre presiones obtenidas mediante manometría directa y los datos obtenidos mediante tonometría de rebote. Significativamente \pm de las PIO obtenidas con el tonómetro de rebote fueron $10,8 \pm 3,1$ mm/Hg (rango, 5 a 17 mm Hg) y $22,1 \pm 5,9$ mm Hg (rango, 10 a 34 mm Hg) para los perros y caballos, respectivamente. Las PIOs medias obtenidas con el tonómetro de aplanación fueron $12,9 \pm 2,7$ mm Hg (rango, 8 a 18 mm Hg) y $21,0 \pm 5,9$ mm Hg (rango, 9 a 33 mm Hg), respectivamente. Los valores obtenidos con el tonómetro de rebote fueron, en promedio, 2 mm/Hg más bajos en el perros y 1 mm Hg más alto en los caballos, en comparación con valores obtenidos con el tonómetro de aplanación. **Conclusiones y relevancia clínica:** Los resultados sugieren que el tonómetro de rebote proporciona estimaciones de la PIO en ojos clínicamente normales en perros y caballos. (52)

2.2.2.4. “EVALUACIÓN DE UN TONÓMETRO DE REBOTE (TONOVET) EN OJOS CLINICAMENTE NORMALES DE GATO”. RUSANEN, E & COL; 2010.

Objetivo: Determinar la precisión y establecer valores de referencia para un tonómetro por rebote (TonoVet) en ojos felinos normales, para compararlo con un Tonómetro por aplanamiento (TonoPen Vet) y para evaluar el efecto de la anestesia tópica en el rebote tonometría. **Procedimientos:** Se utilizaron seis ojos enucleados para comparar ambos tonómetros con manometría. Se midió la presión intraocular (PIO) en 100 gatos para establecer valores de referencia para la tonometría de rebote. De estos, se utilizaron 22 gatos para comparar tonometría de rebote con y sin anestesia tópica y 33 gatos para comparar los Tonómetros de rebote y aplanación. Todos los ojos evaluados estaban libres de enfermedad ocular. **Resultados:** Ambos tonómetros se correlacionaron bien con la manometría directa. El mejor acuerdo con el tonómetro de rebote se alcanzó entre 25 y 50 mmHg. El tonómetro por aplanamiento fue preciso a presiones entre 0 y 30 mmHg. La PIO media en gatos clínicamente normales fue de 20,74 mmHg con el tonómetro de rebote y 18,4 mmHg con el tonómetro de aplanación. La anestesia tópica no afectó significativamente tonometría de rebote. **Conclusiones:** Como el tonómetro de rebote se correlacionó bien con la manometría directa en el rango de presión clínicamente importante y fue bien tolerado por los gatos, parece adecuado para el diagnóstico de glaucoma. La PIO media obtenida con el tonómetro de rebote fue 2-3 mm/Hg más alto que el medido con el tonómetro de aplanación. La diferencia está dentro de los límites clínicamente aceptables, pero indica que el mismo tipo de tonómetro debe usarse en exámenes de seguimiento en un gato determinado. (53)

2.2.2.5. “COMPARACIÓN DE LOS NUEVOS TONÓMETROS COMPUTARIZADOS DE MANO Y LOS TONÓMETROS POR APLANAMIENTO ESTABLECIDOS EN PERROS”. GORIG, C & COL; 2006.

Objetivo: Examinar los aspectos prácticos, la precisión y la reproducibilidad de 2 nuevos dispositivos portátiles automáticos tonómetros en perros y compararlos con los resultados para 2 tonómetros de aplanación establecidos. **Animales:** 15 ojos caninos recién enucleados para evaluación manométrica e investigación consciente de 20 perros, 20 perros propiedad del cliente y 12 perros con enfermedades agudas glaucoma para tonometría clínica. **Procedimiento:** Se determinaron las curvas de calibración para los 4 tonómetros en 15 ojos caninos enucleados. La presión intraocular (PIO) se midió con cada tonómetro consecutivamente en perros conscientes, con el Tonómetro de aplanación Mackay-Marg como dispositivo de referencia. Las mediciones se repitieron en 20 perros sedados. Se utilizó un tonómetro de impacto por inducción evaluado clínicamente en perros con glaucoma agudo. Además, las mediciones fueron obtenidas por un examinador experimentado e inexperto y se compararon con y sin el uso de anestesia tópica. **Resultados:** El neumonómetro portátil resultaba molesto y consumía mucho tiempo. Comparado con los resultados para el tonómetro de aplanación de referencia, y confirmado por manometría, el neumonómetro portátil subestimó cada vez más los valores reales de la PIO con el aumento PIO. El tonómetro de impacto por inducción proporcionó precisión y valores de medición reproducibles. Hubo una fuerte correlación significativa entre los valores de PIO obtenida por los 2 examinadores (r^2 , 0.82) y también con o sin anestesia tópica (r^2 , 0,86). En perros con glaucoma, la línea ajustada que compara los valores para la referencia del tonómetro de aplanación y tonómetro de impacto por inducción se parecía mucho a una relación ideal de 1:1. **Conclusiones y relevancia clínica:** El uso del neumonómetro portátil en perros parece tener desventajas. El tonómetro de impacto por inducción parece proporcionar una alternativa prometedora al uso del tonómetro de aplanación en perros. (51)

- 2.2.2.6. “COMPARACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PRESIÓN INTRAOCULAR MEDIANTE REBOTE (TONOVET) Y TONOMETRÍA DE APLANACIÓN (TONOPEN-XL) EN ALPACAS CLÍNICAMENTE NORMALES (*VICUGNA PACOS*)”. MCDONALD & COL; 2016.

Propósito: Evaluar las estimaciones de la presión intraocular (PIO) en ojos de alpacas sanas. (*Vicugna pacos*) utilizando la tonometría de rebote (TonoVet ~) en comparación con la tonometría de aplanación (Tono Pen-XL). **Métodos:** Se realizaron exámenes oftálmicos completos en cuarenta alpacas sanas (80 ojos). Mediciones de la PIO con tonómetros TonoVet y TonoPen-XL se obtuvieron OU. Los datos se analizaron mediante un ANOVA de medidas doblemente repetidas. diseño y prueba t de Student pareada, con $P \leq 0.05$ considerado significativo. **Resultados:** Los valores medios de PIO SD mediante tonometría de rebote fueron 14,20 mm 2,58 mm DE, 14,22 mm 2,90 mm OS y 14,21 2,73 mmHg OU (rango de 8,67 a 20,67 mmHg). Los valores de PIO SD mediante tonometría de aplanación fueron 12,49 2,81 mmHg DE, 12,53 2,79 mmHg OS y 12,51 2,78 mmHg OU (rango 6,00-19,33 mmHg). Hubo una diferencia significativa ($P = 0,002$) en la PIO obtenido entre los tonómetros, con el tonómetro de rebote que tiene un 1,7 mmHg (0,69 a 2,71 mmHg, intervalo de confianza (IC) del 95%) PIO más alta en comparación con el tonómetro de aplanamiento. No se encontraron diferencias significativas en la PIO entre la DO y la SG. La edad, el sexo y la raza no afectaron significativamente los valores de PIO. **Conclusiones:** Las lecturas de la PIO del tonómetro de rebote fueron estadísticamente más altas que las del tonómetro de aplanación; sin embargo, esto no se considera clínicamente significativo. Queda por determinar la precisión de la tonometría de rebote en ojos de alpaca enfermos.

Palabras clave: alpaca, tonometría por aplanación, presión intraocular, tonometría por rebote, TonoPen-XL, TonoVet. (56)



3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Localización del trabajo

3.1.1.1. Espacial

- Este estudio fue realizado en el Centro Internacional de Bio-Ciencia e Innovación Sumbay, Caylloma.
- Sumbay, se encuentra ubicado a 4200 m.s.n.m, a 161 km hacia el noreste desde la ciudad de Arequipa; Con una temperatura promedio de entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ en temporada fría, con los meses de mayor humedad de septiembre hasta abril. Las precipitaciones son mayores durante el mes de febrero alcanzando 64 mm/mes.

3.1.1.2. Temporal

- Este trabajo de investigación fue realizado el día 5 de agosto del año 2021.

3.1.2. Materiales Biológicos

- Alpacas macho y hembra sanos pertenecientes al Centro Internacional de Bio-Ciencia e Innovación Sumbay, en la localidad de Caylloma, Arequipa.

3.1.3. Materiales de campo

- Tabla de registros
- Fichas clínicas
- Tabla para observaciones
- Lapicero para anotaciones
- Plumón indeleble
- Cámara fotográfica

- Sogas para sujeción

3.1.4. Equipos y maquinarias

- Tonómetro por rebote (TonoVet Plus)

3.1.5. Otros materiales

- Pc para procesado y ordenamiento de las muestras
- Memoria USB

3.2. Métodos

3.2.1. Muestreo

- El muestreo fue de tipo probabilístico, precisamente mediante un muestreo aleatorio simple.
- Para ello se definió el tamaño de la muestra deseado y con ayuda de una tabla de números aleatorios se seleccionarán al azar los individuos que formarán parte de la muestra.

3.2.1.1. Universo

- Todas las alpacas que viven en la reserva “Centro internacional de Bio-ciencia e innovación Sumbay”, con una población estimada de 140 ejemplares.

3.2.1.2. Tamaño de la muestra

- De acuerdo con la fórmula de *Daniel's* para cálculo del tamaño de muestra, con un tamaño de población de alpacas de 140, con un error experimental de 7.5% obtenemos como resultado un tamaño muestral de **78 individuos**.

- Para ello, se empleó la fórmula de *Daniel's*: $n = \frac{N}{N(d^2)+1}$, donde:

- n = Tamaño de muestra

- N = Tamaño de la población
- d^2 = Error experimental al cuadrado

<i>FORMULA DE DANIEL'S - TAMAÑO DE MUESTRA FINITA</i>			
			<i>Tamaño de muestra</i>
Parametro	Valor		"n" =
N	140		78.32
d	0.075		
d^2	0.005625		

Imagen. 9. Hoja de calculo en Microsoft Excel para obtener el tamaño de muestra.

- Los animales fueron seleccionados de forma aleatoria y solo dentro de la muestra se conservarán y medirán los individuos que cumplan con las condiciones indicadas posteriormente. Por otro lado, para poder realizar la correlación de las variables independientes con la presión intraocular, se debe realizar una sola segmentación de la muestra, puesto que, si deseáramos comparar solo dos variables, formaríamos más segmentos de la muestra.

3.2.1.3. Procedimiento de muestreo

- Los animales fueron sujetos y muestreados de forma completamente aleatoria, y fueron previamente evaluados, descartando rápidamente patologías oculares que puedan producir una alteración en la presión intraocular.
- Consecuentemente todos aquellos individuos que cumplan con la anterior condición pasaron por una evaluación oftalmológica general, y se realizaron las siguientes pruebas en este mismo orden: 1) Prueba de amenaza, 2) Prueba de Dazzle, 3) Reflejo pupilar directo, 4) Prueba de Schirmer (STT), 5) Prueba de Fluoresceína, estas dos últimas en caso de sospechar de alguna enfermedad presente, como la queratoconjuntivitis seca (QCS) o úlceras corneales. Todas estas particularidades, permitieron

definir si los animales no poseen una enfermedad oftalmológica que modifique los resultados.

3.2.1.4. Formación de Unidades experimentales

- Todos los individuos que cumplieron con las características antes mencionadas formaron parte de las unidades experimentales y se les realizó la medición de presión intraocular mediante tonometría por rebote.
- Antes de realizar la medición los individuos fueron sujetados directamente por el personal encargado, facilitando la medición y soslayando datos erróneos. Es importante destacar que se debe evitar en toda medida ejercer presión sobre el cuello y los ojos de los individuos, de esta forma evitamos modificaciones en la presión intraocular.
- Por último, el TonoVet Plus se aproximó a la superficie corneal de los individuos y se realizó la medición respectiva, es importante mencionar que este tonómetro realiza 6 mediciones y finalmente nos brinda un promedio de aquellas medidas, normalmente, la medida más baja y la más alta son descartadas y las otras cuatro restantes son las que se promedian.
- Este procedimiento fue repetido dos veces, dando en total doce (12) mediciones por cada ojo, los resultados fueron procesados y se tomó en cuenta el promedio de ambas tomas.
- Los datos obtenidos de la tonometría fueron debidamente registrados y anexados a la ficha clínica de cada individuo, para que finalmente puedan ser tabulados y evaluados estadísticamente.

3.2.2. Métodos de evaluación

3.2.2.1. Metodología de la experimentación

3.2.2.1.1. Métodos de investigación

- El método de esta investigación fue de tipo sintética, al incluir la observación de campo de tipo participativa.

3.2.2.1.2. Métodos de experimentación

- El método o técnica de experimentación fue una observación participante que tiene como instrumento un tonómetro de rebote (TonoVet Plus).

3.2.2.2. Recopilación de la información

a. En el campo

- Los resultados obtenidos tras la tonometría por rebote fueron anotados en las tablas de registros y organizados correctamente para su posterior evaluación estadística.

b. En la biblioteca

- A través de la biblioteca virtual de la UCSM se recopiló información acorde al tema. Se revisaron artículos, libros y reviews, discerniendo entre todos los de mayor impacto científico y considerando la fecha de su publicación.
- Revisión de libros y artículos científicos relacionados al tema.
- En otros ambientes generadores de información científica, como las bases de datos: Wiley, SciElo, PubMed, Scopus y Redalyc.
- Intercambio de información con profesionales especialistas en el área de estudio.
- Bases de datos, revistas científicas y repositorios de tesis de diversas universidades de habla hispana y anglosajona.

3.3. Variables de respuesta

3.3.1. Variables independientes

- Hora
- Edad
- Sexo
- Raza
- PIO OD
- PIO OS

3.3.2. Variables dependientes

- Presión intraocular (PIO) en alpacas.

3.4. Evaluación estadística

3.4.1. Diseño experimental

3.4.1.1. Unidades experimentales

- Alpacas macho y hembra de diferentes edades, que hayan pasado el examen físico y sean libres de enfermedades sistémicas y oftalmológicas.

3.4.1.1.1. Distribución de tratamientos

- Para comparar las medias presión intraocular de cada ojo (derecho e izquierdo) se utilizaron estadísticos bivariados para variables cuantitativas con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.
- Para determinar el grado de asociación de la edad, sexo, ojo derecho o izquierdo, hora de medición y latitud, con la variable de respuesta (Presión intraocular), se realizó el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson para buscar explicar la variabilidad de cada variable independiente con la variable de respuesta.
- Para establecer la relación entre raza y sexo, con la presión intraocular, se realizó en primer lugar un análisis de normalidad de los datos, considerando que para muestras superiores a 50 datos debimos utilizar la prueba de Kolmogorov-Smirnov, considerando que si el $P \leq 0.05$ los datos no tienen distribución normal, en este caso sería necesario realizar la prueba de K de Kruskal-wallis para variables politómicas, si por el contrario, el $P \geq 0.05$, la

distribución de los datos es normal, podemos realizar un ANOVA para variables politómicas.

3.4.1.2. Análisis estadístico

a. Pruebas no paramétricas

- Debido al tamaño de la muestra y la distribución normal en un intervalo de los datos obtenibles en esta investigación lo recomendable fue aplicar pruebas paramétricas ya que la muestra sobrepasará $n = 30$.
- Para establecer el grado de relación y la dirección entre las variables independientes y la variable dependiente se realizó el cálculo de correlación de Pearson.

3.4.1.3. Análisis de significancia

- ##### a. El nivel de significancia (P) será de $P \leq 0.05$.



4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.Resultados

Tabla 1 Tabla de frecuencias para variables cuantitativas

		Estadísticos			
		Edad	PIO OD	PIO OS	PIO OU
N	Válido	78	78	78	78
	Perdidos	0	0	0	0
Media		4,38	29,603	28,571	29,0865
Mediana		5,00	29,750	28,000	29,7500
Moda		5	29,0	31,5	26,50 ^a
Desv. Desviación		2,040	6,1282	6,2136	5,38137
Mínimo		1	14,0	14,0	14,00
Máximo		10	45,0	45,0	39,50

Análisis e interpretación: Los datos fueron recolectados en una matriz de datos y posteriormente procesados en el software SPSS 26, obteniendo los resultados de las tablas y gráficos para su interpretación. En total se procesaron 78 muestras, obteniendo como resultado la edad de 4 años en promedio y un rango de edades desde el año hasta los 10 años para las más adultas. En cuanto a la presión intraocular del ojo derecho (PIO OD) se debe mencionar que para cada ojo se realizaron dos mediciones, de las cuales, cada una a su vez resulta del promedio de 6 medidas, es decir, en total, se tomaron 12 mediciones de cada ojo y los promedios fueron anotados en la matriz de datos, para el ojo derecho se obtuvo un valor promedio de 29,6 mmHg con una desviación estándar de $\pm 6,13$ y un valor máximo de 45 mmHg y un mínimo de 14. Para el ojo izquierdo (PIO OS), los resultados indicaron un valor promedio de 28,6 mmHg con una desviación estándar de $\pm 6,21$ con un valor máximo de 45 mmHg y mínimo de 14 mmHg. Por último, el promedio de presión intraocular de cada ojo se consideró para obtener un valor promedio final, obteniendo para ambos ojos (PIO OU) un valor de **29, 08 mmHg** de presión intraocular, una desviación estándar de 5,38 mmHg, y un rango de presión intraocular de **24 a 35 mmHg** de presión intraocular.

Tabla 2 Tabla de frecuencias para la variable edad

		Edad		Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
		Frecuencia	Porcentaje		
Válido	1	7	9,0	9,0	9,0
	2	7	9,0	9,0	17,9
	3	14	17,9	17,9	35,9
	4	10	12,8	12,8	48,7
	5	23	29,5	29,5	78,2
	6	4	5,1	5,1	83,3
	7	7	9,0	9,0	92,3
	8	4	5,1	5,1	97,4
	9	1	1,3	1,3	98,7
	10	1	1,3	1,3	100,0
Total		78	100,0	100,0	

Análisis e interpretación: Los datos de la edad fueron recolectados en una matriz de datos y posteriormente procesados en el software SPSS 26, obteniendo los resultados de las tablas y gráficos para su interpretación. El rango de edades va desde el año (01) de edad en los animales más jóvenes hasta los diez (10) años, a pesar de que la edad promedio fue de cuatro (04) como se observa en la tabla 1. La edad que más se repite en la muestra es de cinco (05) años con una frecuencia de 23 animales, correspondiendo al 29,5 % del total de muestras.

Tabla 3 Tabla de frecuencias para la presión intraocular del ojo derecho

		PIO OD			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	14,0	1	1,3	1,3	1,3
	14,5	1	1,3	1,3	2,6
	16,0	1	1,3	1,3	3,8
	18,0	1	1,3	1,3	5,1
	18,5	1	1,3	1,3	6,4
	20,5	1	1,3	1,3	7,7
	22,5	2	2,6	2,6	10,3
	23,0	5	6,4	6,4	16,7
	23,5	1	1,3	1,3	17,9
	24,0	2	2,6	2,6	20,5
	24,5	2	2,6	2,6	23,1
	25,5	1	1,3	1,3	24,4
	26,0	2	2,6	2,6	26,9
	26,5	2	2,6	2,6	29,5
	27,0	5	6,4	6,4	35,9
	27,5	2	2,6	2,6	38,5
	29,0	7	9,0	9,0	47,4
	29,5	2	2,6	2,6	50,0
	30,0	3	3,8	3,8	53,8
	30,5	2	2,6	2,6	56,4
	31,0	1	1,3	1,3	57,7
	31,5	3	3,8	3,8	61,5
	32,0	2	2,6	2,6	64,1
	32,5	1	1,3	1,3	65,4
	33,0	2	2,6	2,6	67,9
	33,5	2	2,6	2,6	70,5
	34,0	5	6,4	6,4	76,9
	34,5	1	1,3	1,3	78,2
	35,0	3	3,8	3,8	82,1
	35,5	2	2,6	2,6	84,6
	36,0	2	2,6	2,6	87,2
	36,5	1	1,3	1,3	88,5
	37,0	2	2,6	2,6	91,0
37,5	3	3,8	3,8	94,9	
38,0	1	1,3	1,3	96,2	
39,5	1	1,3	1,3	97,4	
40,5	1	1,3	1,3	98,7	

45,0	1	1,3	1,3	100,0
Total	78	100,0	100,0	

Análisis e interpretación: Los datos para presión intraocular del ojo derecho fueron recolectados en una matriz de datos y posteriormente procesados en el software SPSS 26. Se obtuvo como resultado un valor máximo de 45 mmHg y mínimo de 14 mmHg como se observó en la tabla 1. La moda o el valor que más se repite fue de 29 mmHg, con una frecuencia de siete (07) constituye un 9% del total de la muestra.

Tabla 4 Tabla de frecuencias para la presión intraocular del ojo izquierdo

PIO OS

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	14,0	2	2,6	2,6	2,6
	15,5	1	1,3	1,3	3,8
	17,5	1	1,3	1,3	5,1
	18,0	1	1,3	1,3	6,4
	20,0	2	2,6	2,6	9,0
	20,5	1	1,3	1,3	10,3
	21,0	3	3,8	3,8	14,1
	21,5	1	1,3	1,3	15,4
	23,0	4	5,1	5,1	20,5
	24,0	2	2,6	2,6	23,1
	25,0	2	2,6	2,6	25,6
	25,5	1	1,3	1,3	26,9
	26,0	4	5,1	5,1	32,1
	26,5	5	6,4	6,4	38,5
	27,0	4	5,1	5,1	43,6
	27,5	3	3,8	3,8	47,4
	28,0	3	3,8	3,8	51,3
	28,5	1	1,3	1,3	52,6
	29,5	2	2,6	2,6	55,1
	30,0	1	1,3	1,3	56,4
	30,5	3	3,8	3,8	60,3
	31,0	3	3,8	3,8	64,1
	31,5	7	9,0	9,0	73,1
	32,0	1	1,3	1,3	74,4

32,5	3	3,8	3,8	78,2
33,0	1	1,3	1,3	79,5
33,5	1	1,3	1,3	80,8
34,0	1	1,3	1,3	82,1
34,5	2	2,6	2,6	84,6
35,0	1	1,3	1,3	85,9
35,5	1	1,3	1,3	87,2
36,0	1	1,3	1,3	88,5
37,0	2	2,6	2,6	91,0
37,5	2	2,6	2,6	93,6
38,5	1	1,3	1,3	94,9
39,0	2	2,6	2,6	97,4
39,5	1	1,3	1,3	98,7
45,0	1	1,3	1,3	100,0
Total	78	100,0	100,0	

Análisis e interpretación: Los datos para presión intraocular del ojo izquierdo fueron recolectados en una matriz de datos y posteriormente procesados en el software SPSS 26. Se obtuvo como resultado un valor máximo de 45 mmHg y mínimo de 14 mmHg como se observó en la tabla 1. La moda o el valor que mas se repite fue de 31,5 mmHg, con una frecuencia de siete (07) constituye un 9% del total de la muestra.

Tabla 5 Tabla de frecuencias para la presión intraocular de ambos ojos

		PIO OU			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	14,00	1	1,3	1,3	1,3
	14,25	1	1,3	1,3	2,6
	17,00	1	1,3	1,3	3,8
	19,00	1	1,3	1,3	5,1
	20,50	2	2,6	2,6	7,7
	21,00	1	1,3	1,3	9,0
	21,50	1	1,3	1,3	10,3
	22,00	2	2,6	2,6	12,8
	23,50	2	2,6	2,6	15,4
	25,00	2	2,6	2,6	17,9
	25,25	2	2,6	2,6	20,5
	25,75	1	1,3	1,3	21,8
	26,00	1	1,3	1,3	23,1
	26,25	1	1,3	1,3	24,4
	26,50	4	5,1	5,1	29,5
	26,75	2	2,6	2,6	32,1
	27,00	1	1,3	1,3	33,3
	27,50	4	5,1	5,1	38,5
	27,75	2	2,6	2,6	41,0
	28,25	2	2,6	2,6	43,6
	28,50	1	1,3	1,3	44,9
	29,00	3	3,8	3,8	48,7
	29,25	1	1,3	1,3	50,0
	30,25	3	3,8	3,8	53,8
	30,50	3	3,8	3,8	57,7
	30,75	4	5,1	5,1	62,8
	31,00	1	1,3	1,3	64,1
	31,25	2	2,6	2,6	66,7
	31,75	2	2,6	2,6	69,2
	32,00	1	1,3	1,3	70,5
	32,25	3	3,8	3,8	74,4
	32,50	2	2,6	2,6	76,9
	33,00	1	1,3	1,3	78,2
	33,50	1	1,3	1,3	79,5
33,75	2	2,6	2,6	82,1	
34,25	1	1,3	1,3	83,3	
34,75	1	1,3	1,3	84,6	

35,00	1	1,3	1,3	85,9
35,25	1	1,3	1,3	87,2
35,50	2	2,6	2,6	89,7
35,75	1	1,3	1,3	91,0
36,00	2	2,6	2,6	93,6
36,25	1	1,3	1,3	94,9
37,00	1	1,3	1,3	96,2
38,25	1	1,3	1,3	97,4
39,25	1	1,3	1,3	98,7
39,50	1	1,3	1,3	100,0
Total	78	100,0	100,0	

Análisis e interpretación: Los datos para presión intraocular de ambos ojos fueron recolectados en una matriz de datos y posteriormente procesados en el software SPSS 26. Se obtuvo como resultado un valor máximo de 39,5 mmHg y mínimo de 14 mmHg como se observó en la tabla 1. La moda o el valor que más se repite fue de 26,5 mmHg, con una frecuencia de cuatro (04) constituye un 5.1% del total de la muestra.

Tabla 6 Tabla de frecuencias para Raza

Raza de Alpaca

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Huacaya	68	87,2	87,2	87,2
	Suri	10	12,8	12,8	100,0
	Total	78	100,0	100,0	

Análisis e interpretación: Los datos de raza fueron recolectados en una matriz de datos y posteriormente procesados en el software SPSS 26. Se obtuvo como resultado que para la raza Huacaya se consideraron sesenta y ocho (68) constituyendo el 87,2% del total de animales y diez (10) para la raza Suri como el 12,8% del total de la muestra.

Tabla 7 Tabla de frecuencia para Sexo

		Sexo		Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
		Frecuencia	Porcentaje		
Válido	Macho	25	32,1	32,1	32,1
	Hembra	53	67,9	67,9	100,0
	Total	78	100,0	100,0	

Análisis e interpretación: Los datos de raza fueron recolectados en una matriz de datos y posteriormente procesados en el software SPSS 26. Se obtuvo como resultado que para el sexo macho se consideraron veinticinco (25) constituyendo el 31,1% del total de animales y cincuenta y tres (53) para el sexo hembra representando el 67,9% del total de la muestra.

Tabla 8 Correlación de Pearson para Hora y Presión Intraocular

		Correlaciones	
		Hora de medida	PIO OU
Hora de medida	Correlación de Pearson	1	-,121
	Sig. (bilateral)		,289
	N	78	78
PIO OU	Correlación de Pearson	-,121	1
	Sig. (bilateral)	,289	
	N	78	78

Análisis e interpretación: Para establecer el grado de correlación entre variables cuantitativas se utilizó el estadístico de coeficiente de correlación de Pearson mostrando valor de -0,121 expresando una correlación negativa entre la hora de medida y la presión intraocular promedio, esto se interpreta de la siguiente manera: A medida que la hora aumente la presión intraocular disminuye, sin embargo, el valor de significancia (P) es de 0,289, siendo superior a 0.05, por lo tanto, a pesar de existir cierto grado de correlación esta no es estadísticamente significativa.

Tabla 9 Correlación de Pearson para Edad y Presión Intraocular

Correlaciones

		Edad	PIO OU
Edad	Correlación de Pearson	1	-,080
	Sig. (bilateral)		,485
	N	78	78
PIO OU	Correlación de Pearson	-,080	1
	Sig. (bilateral)	,485	
	N	78	78

Análisis e interpretación: Para establecer el grado de correlación entre variables cuantitativas se utilizó el estadístico de coeficiente de correlación de Pearson mostrando valor de -0,080 expresando una correlación negativa entre la edad del animal y la presión intraocular de ambos ojos, esto se interpreta de la siguiente manera: A medida que la edad se vea incrementada la presión intraocular disminuye, sin embargo, el valor de significancia (P) es de 0,485, siendo superior a 0.05, por lo tanto, a pesar de existir un bajo grado de correlación esta no es estadísticamente significativa.

Tabla 10 *Correlación de Pearson para Presión intraocular del ojo derecho y ojo izquierdo*

Correlaciones

		PIO OD	PIO OS
PIO OD	Correlación de Pearson	1	,521**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	78	78
PIO OS	Correlación de Pearson	,521**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	78	78

Análisis e interpretación: Para establecer el grado de correlación entre variables cuantitativas se utilizó el estadístico de coeficiente de correlación de Pearson mostrando valor de 0,521 expresando una correlación positiva entre la presión intraocular del ojo derecho y el ojo izquierdo, esto se interpreta de la siguiente manera: A medida que la presión intraocular de un ojo incrementa, la presión del ojo contralateral incrementará también, en este caso, el valor de significancia (P) es de 0,000, siendo inferior a 0.05, por lo tanto, existe correlación entre el ojo derecho y ojo izquierdo y esta es estadísticamente significativa.

Tabla 11 Medidas descriptivas para Raza

Descriptivos

Raza de Alpaca			Estadístico	Desv. Error		
PIO OU	Huacaya	Media	29,4890	,61018		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	28,2710		
			Límite superior	30,7069		
		Media recortada al 5%	29,6577			
		Mediana	30,2500			
		Varianza	25,318			
		Desv. Desviación	5,03170			
		Mínimo	14,00			
		Máximo	39,50			
		Rango	25,50			
		Rango intercuartil	6,00			
		Asimetría	-,505	,291		
		Curtosis	,698	,574		
		Suri	Suri	Media	26,3500	2,23022
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	21,3049
Límite superior	31,3951					
Media recortada al 5%	26,5000					
Mediana	27,6250					
Varianza	49,739					
Desv. Desviación	7,05258					
Mínimo	14,25					
Máximo	35,75					
Rango	21,50					
Rango intercuartil	12,50					
Asimetría	-,211			,687		
Curtosis	-,842			1,334		

Análisis e interpretación: Los datos fueron recolectados en una matriz de datos y posteriormente procesados en el software SPSS 26, obteniendo los resultados de las tablas y gráficos para su interpretación. Para la raza Huacaya se obtuvo un valor de presión

intraocular promedio de 29,5 mmHg, un valor mínimo de 14 mmHg y máximo de 39,5 mmHg, una desviación estándar de 5,03 y finalmente un rango de presión intraocular de entre 24,47 a 34,5 mmHg. Para la raza Suri se obtuvo un valor de presión intraocular promedio de 26,35 mmHg, un valor mínimo de 14,25 mmHg y máximo de 35,75 mmHg, una desviación estándar de 7,05 y finalmente un rango de presión intraocular de entre 19,3 a 33,4 mmHg.

Tabla 12 Prueba de Normalidad para Raza y PIO

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Raza de Alpaca	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PIO OU	Huacaya	,090	68	,200*	,979	68	,299
	Suri	,165	10	,200*	,943	10	,586

Análisis e interpretación: Para poder establecer si las frecuencias de raza y su valor de presión intraocular tienen una distribución de datos normal se realizaron las pruebas de normalidad, para ello se realizó la prueba de Kolmogórov-Smirnov para muestras mayores a cincuenta datos (50), como es el caso, si la muestra fuera inferior a cincuenta (50) se consideraría la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. La significancia para ambas razas (Huacaya y Suri), fue superior a 0.05, por lo tanto, los datos presentan una distribución normal y para contrastar las variables cualitativas y cuantitativas se debe emplear un ANOVA para variables politómicas y una T de Student para variables dicotómicas. En este caso la variable dependiente es la presión intraocular, siendo una variable politómica se procedió a realizar un ANOVA.

Tabla 13 Medidas descriptivas para Sexo

		Descriptivos			
	Sexo		Estadístico	Desv. Error	
PIO OU	Macho	Media	30,8000	1,02977	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	28,6747	
			Límite superior	32,9253	
		Media recortada al 5%	30,8583		
		Mediana	31,0000		
		Varianza	26,510		

	Desv. Desviación		5,14883	
	Mínimo		21,00	
	Máximo		39,50	
	Rango		18,50	
	Rango intercuartil		7,88	
	Asimetría		-,258	,464
	Curtosis		-,434	,902
Hembra	Media		28,2783	,73419
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	26,8050	
		Límite superior	29,7516	
	Media recortada al 5%		28,5493	
	Mediana		28,5000	
	Varianza		28,569	
	Desv. Desviación		5,34499	
	Mínimo		14,00	
	Máximo		38,25	
	Rango		24,25	
	Rango intercuartil		6,38	
	Asimetría		-,725	,327
	Curtosis		,594	,644

Análisis e interpretación: Los datos fueron recolectados en una matriz de datos y posteriormente procesados en el software SPSS 26, obteniendo los resultados de las tablas y gráficos para su interpretación. Para el Sexo Macho se obtuvo un valor de presión intraocular promedio de 30,8 mmHg, un valor mínimo de 21 mmHg y máximo de 39,5 mmHg, una desviación estándar de 5,14 y finalmente un rango de presión intraocular de entre 25,66 a 35,9 mmHg. Para el sexo hembra se obtuvo un valor de presión intraocular promedio de 28,28 mmHg, un valor mínimo de 14 mmHg y máximo de 38,25 mmHg, una desviación estándar de 5,34 y finalmente un rango de presión intraocular de entre 22,9 a 33,6 mmHg.

Tabla 14 Prueba de Normalidad para Sexo y PIO

		Pruebas de normalidad			Pruebas de normalidad		
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Sexo		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PIO OU	Macho	,097	25	,200*	,966	25	,547
	Hembra	,100	53	,200*	,959	53	,064

Análisis e interpretación: Para poder establecer si las frecuencias de raza y su valor de presión intraocular tienen una distribución de datos normal se realizaron las pruebas de normalidad, para ello se realizó la prueba de Kolmogórov-Smirnov para muestras mayores a cincuenta datos (50), como es el caso, si la muestra fuera inferior a cincuenta (50) se consideraría la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. La significancia para ambos sexos (macho y hembra) fue superior a 0.05, por lo tanto, los datos presentan una distribución normal y para contrastar las variables cualitativas y cuantitativas se debe emplear un ANOVA para variables politómicas y una T de Student para variables dicotómicas. En este caso la variable dependiente es la presión intraocular, siendo una variable politómica se procedió a realizar un ANOVA.

Tabla 15 Estadística descriptiva para Raza

Descriptivos

PIO OU

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
Huacaya	68	29,4890	5,03170	,61018	28,2710	30,7069
Suri	10	26,3500	7,05258	2,23022	21,3049	31,3951
Total	78	29,0865	5,38137	,60932	27,8732	30,2998

Análisis e interpretación: La estadística descriptiva tanto para las razas Huacaya y Suri son las mencionadas en la Tabla 11, siendo importante mencionar la diferencia de medias de la raza Huacaya de 29,5 y Suri 26,4 mmHg.

Tabla 16 Frecuencias máximas y mínimas para Raza

Descriptivos

PIO OU

	Mínimo	Máximo
Huacaya	14,00	39,50
Suri	14,25	35,75
Total	14,00	39,50

Análisis e interpretación: La estadística descriptiva tanto para las razas Huacaya y Suri son las mencionadas en la Tabla 11, siendo importante mencionar los valores máximos y mínimos de 39,5 y 14 mmHg en la raza Huacaya y 35,75 a 14,25 mmHg en la raza Suri.

Tabla 17 Análisis de varianza (ANOVA) para Raza y PIO

ANOVA

PIO OU

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	85,899	1	85,899	3,045	,085
Dentro de grupos	2143,954	76	28,210		
Total	2229,853	77			

Análisis e interpretación: Para establecer la relación que existe entre las medias de presión intraocular (PIO OU) y las razas se realizó un ANOVA (Análisis de varianza), la variable dependiente cuantitativa es la presión intraocular de ambos ojos (PIO OU) y el factor o variable cualitativa es la raza. Para eso entendemos que la hipótesis nula del estadístico refiere que todas las medias son iguales, se trabajó con un nivel de significancia del 0.05 (P), el estadístico de prueba sigue una distribución F (Ronald Fisher), los grupos comparados son 2 y por tanto los grados de libertad toman un valor uno (01) en el numerador y setenta y seis (76) en el denominador con un valor de $F_t = 3,92$ y un valor de $F = 3,045$ entre grupos, es decir, entre las razas Huacaya y Suri, para este caso la significancia toma un valor de 0.085, por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula, es decir, que las medias de presión intraocular para la raza Huacaya y Suri, no difieren entre sí a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 18 Estadística descriptiva para Sexo

Descriptivos

PIO OU

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
Macho	25	30,8000	5,14883	1,02977	28,6747	32,9253
Hembra	53	28,2783	5,34499	,73419	26,8050	29,7516
Total	78	29,0865	5,38137	,60932	27,8732	30,2998

Análisis e interpretación: La estadística descriptiva tanto para el sexo Macho y Hembra son las mencionadas en la Tabla 13, siendo importante mencionar la diferencia de medias entre el sexo Macho de 30,8 y Hembra 28,28 mmHg.

Tabla 19 Frecuencias máximas y mínimas para Sexo

Descriptivos

PIO OU

	Mínimo	Máximo
Macho	21,00	39,50
Hembra	14,00	38,25
Total	14,00	39,50

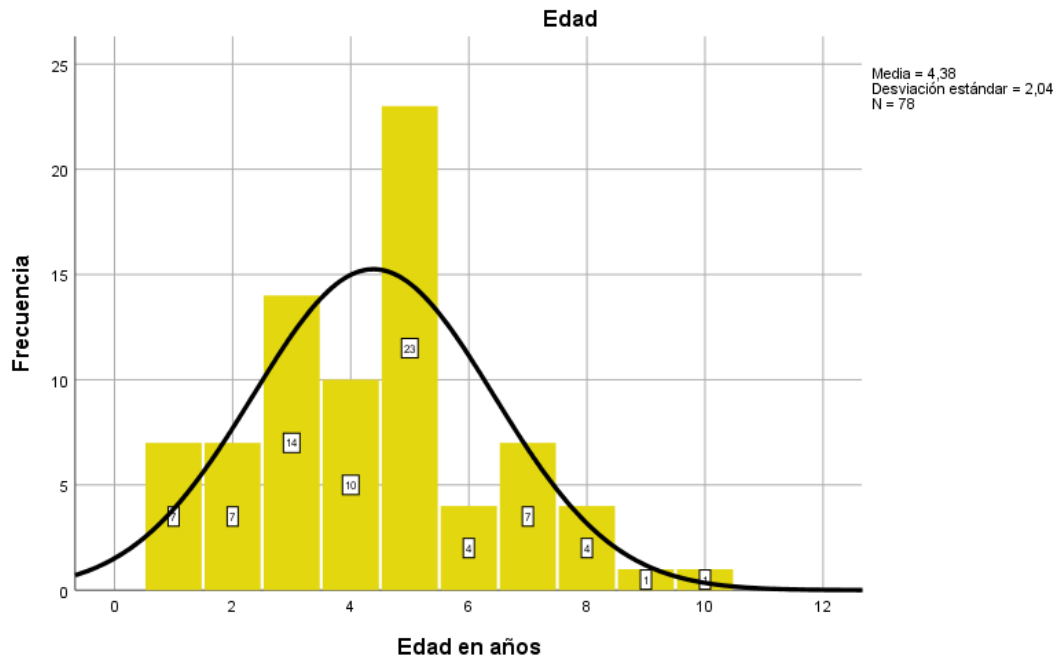
Análisis e interpretación: La estadística descriptiva tanto para el sexo Macho y Hembra son las mencionadas en la Tabla 13, siendo importante mencionar los valores máximos y mínimos de 39,5 y 21 mmHg en los machos y 38,25 a 14,00 mmHg en las hembras.

Tabla 20 Análisis de varianza (ANOVA) para Sexo y PIO

ANOVA					
PIO OU	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	108,021	1	108,021	3,869	,053
Dentro de grupos	2121,833	76	27,919		
Total	2229,853	77			

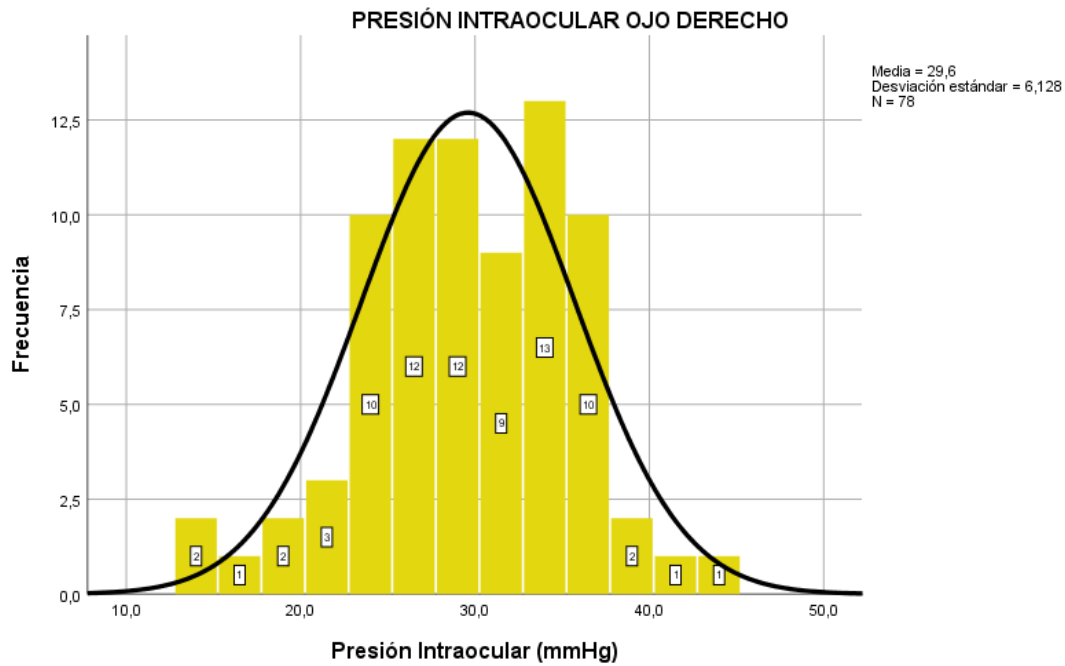
Análisis e interpretación: Para establecer la relación que existe entre las medias de presión intraocular (PIO OU) y los diferentes sexos se realizó un ANOVA (Análisis de varianza), la variable dependiente cuantitativa es la presión intraocular de ambos ojos (PIO OU) y el factor o variable cualitativa es el sexo. Para eso entendemos que la hipótesis nula del estadístico refiere que todas las medias son iguales, se trabajó con un nivel de significancia del 0.05 (P), el estadístico de prueba sigue una distribución F (Ronald Fisher), los grupos comparados son 2 y por tanto los grados de libertad toman un valor uno (01) en el numerador y setenta y seis (76) en el denominador con un valor de $F_t = 3,92$ y un valor de $F = 3,869$ entre grupos. De acuerdo con la norma si $F_t \geq F_c$, se acepta la hipótesis nula, es decir, entre los sexos Macho y Hembra, para este caso la significancia toma un valor de 0.053, por lo tanto, las medias de presión intraocular para los sexos Macho y Hembra, no difieren entre sí a un nivel de significancia del 5%.

Gráfico 1 Histograma de frecuencias para edad y presión intraocular



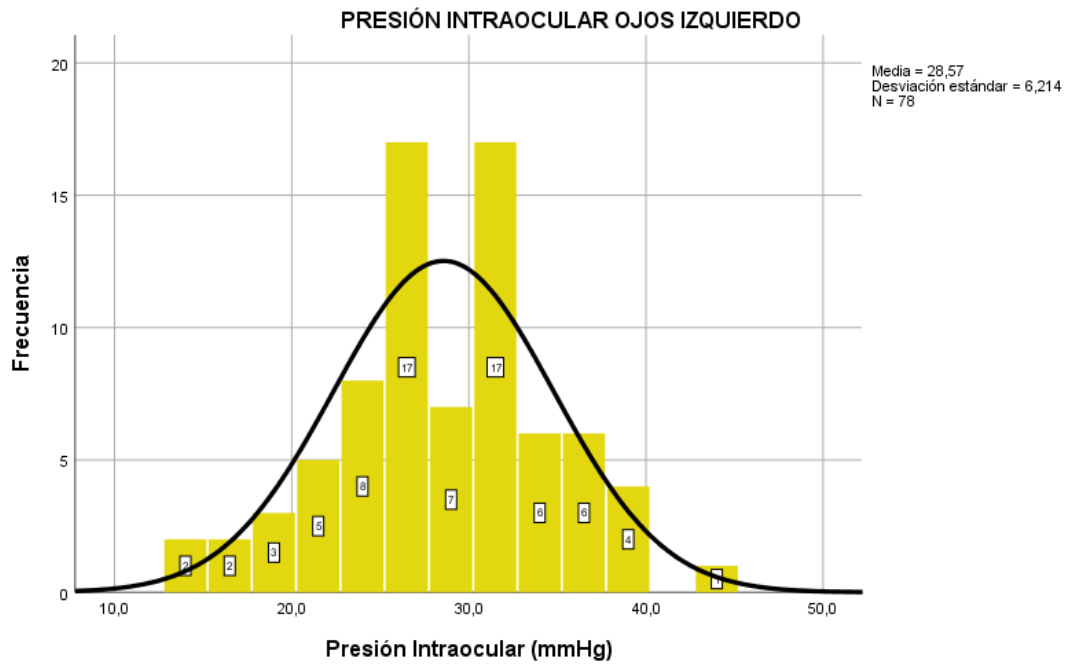
Análisis e interpretación: La edad en promedio de los animales fue de 4 años, con una edad mínima de 1 año y máxima de 10 años. El numero de la muestra fue de 78 animales, y la mayor frecuencia de edad se dio en los 5 años con un número de 23 ejemplares y la menor frecuencia se dio en los 9 a 10 años con solo un individuo por edad.

Gráfico 2 Histograma de frecuencias para presión intraocular del ojo derecho



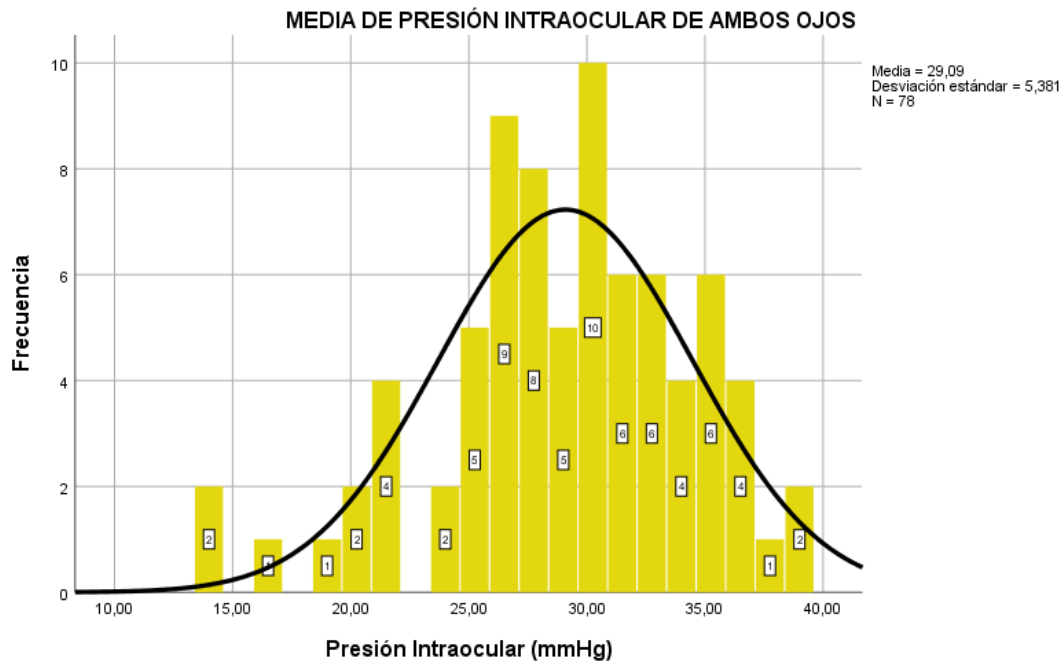
Análisis e interpretación: La distribución de los datos de presión intraocular se mantienen dentro de la curva normal de la campana de Gauss y observamos un valor máximo de presión para el ojo derecho de 45 mm y un valor mínimo de 14 mmHg, el valor promedio fue de 29,6 como se observó en la tabla 1 y una desviación estándar de 6,128 mmHg.

Gráfico 3 Histograma de frecuencias para presión intraocular del ojo izquierdo



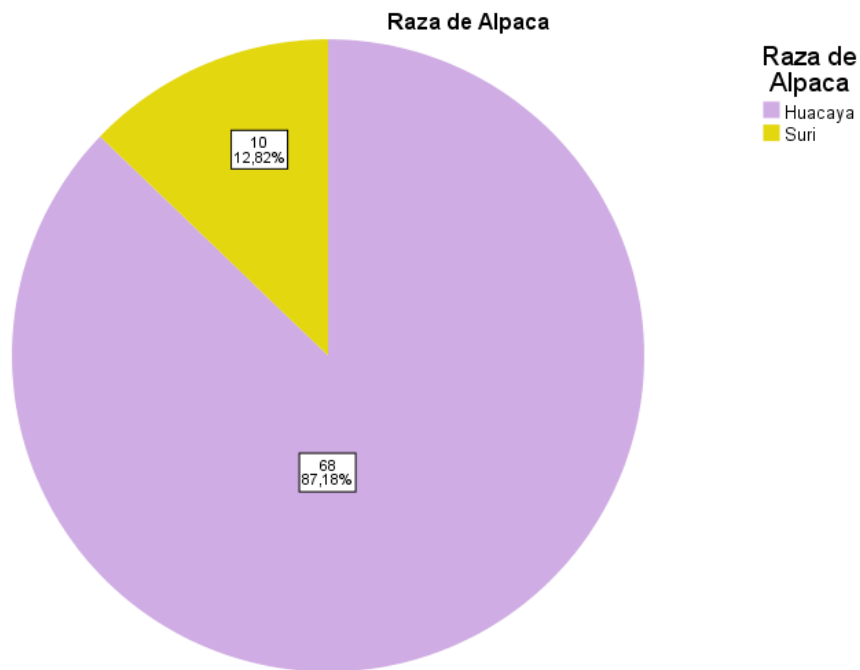
Análisis e interpretación: La distribución de los datos de presión intraocular se mantienen dentro de la curva normal de la campana de Gauss y observamos un valor máximo de presión para el ojo derecho de 45 mm, con una sola repetición de dicho valor y un valor mínimo de 14 mmHg, únicamente con dos repeticiones, el valor promedio fue de 28,57 como se observó en la tabla 1 y una desviación estándar de 6,21 mmHg.

Gráfico 4 Histograma de frecuencias para presión intraocular de ambos ojos



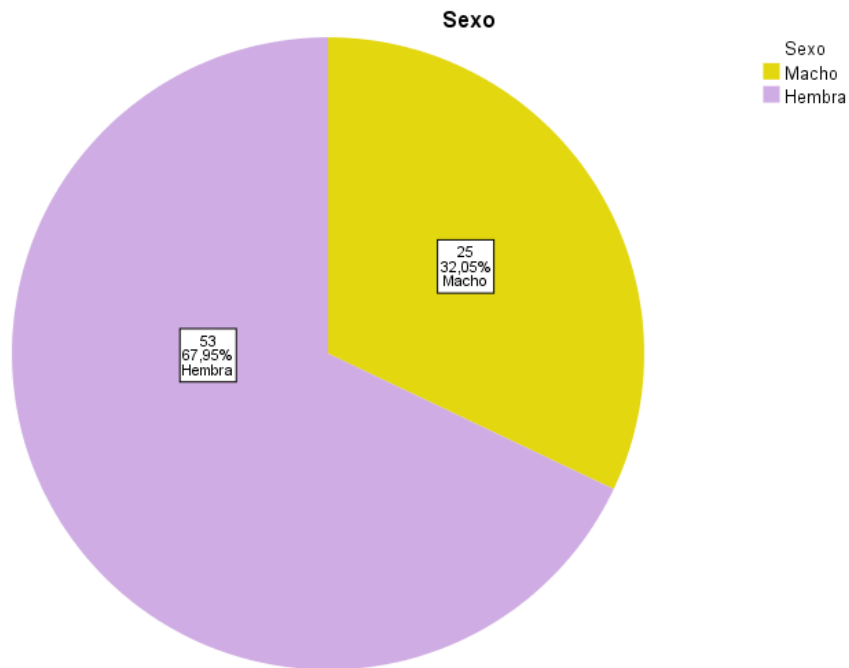
Análisis e interpretación: La distribución de los datos de presión intraocular se mantienen dentro de la curva normal de la campana de Gauss y observamos un valor máximo de presión para ambos ojos de 39,5 mm, con dos repeticiones de dicho valor y un valor mínimo de 14 mmHg, también con dos repeticiones, el valor promedio general fue de 29,09 mmHg como se observó en la tabla 1 y una desviación estándar de 5,38 mmHg.

Gráfico 5 Frecuencias por razas



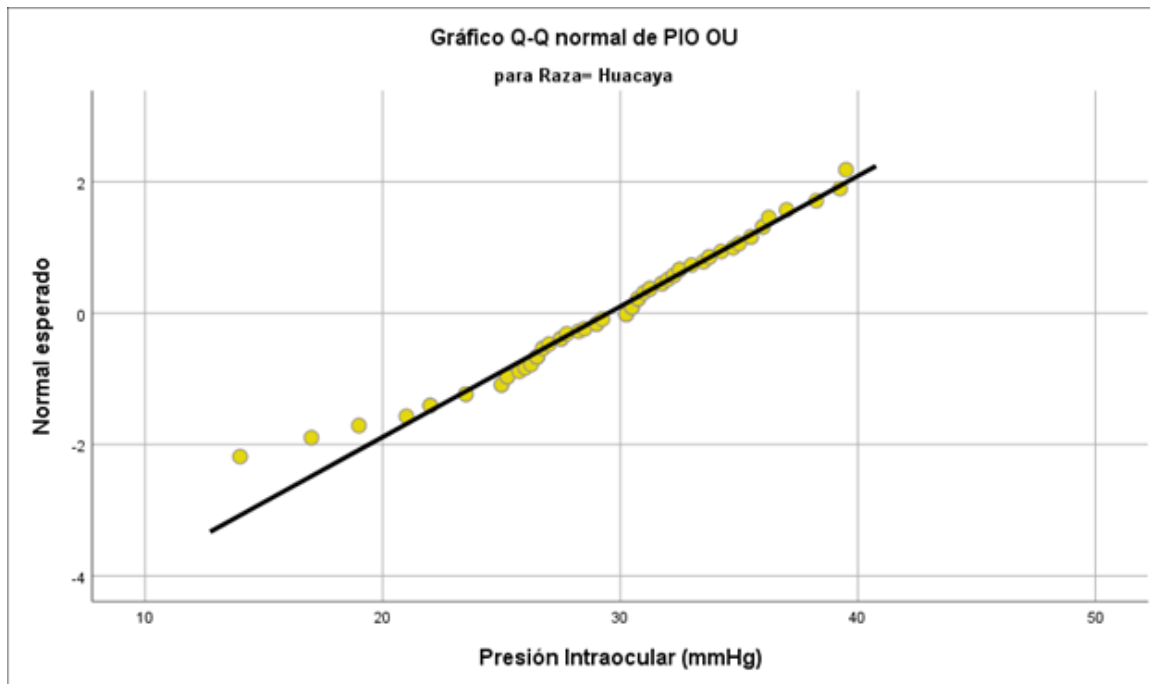
Análisis e interpretación: En cuanto a la distribución de las razas en su mayoría la muestra estuvo compuesta por alpacas de la Raza Huacaya, con una frecuencia de 68 que corresponde al 87,18% de la muestra y únicamente 10 ejemplares de la raza Suri que corresponde al 12,82%.

Gráfico 6 Frecuencias por sexo



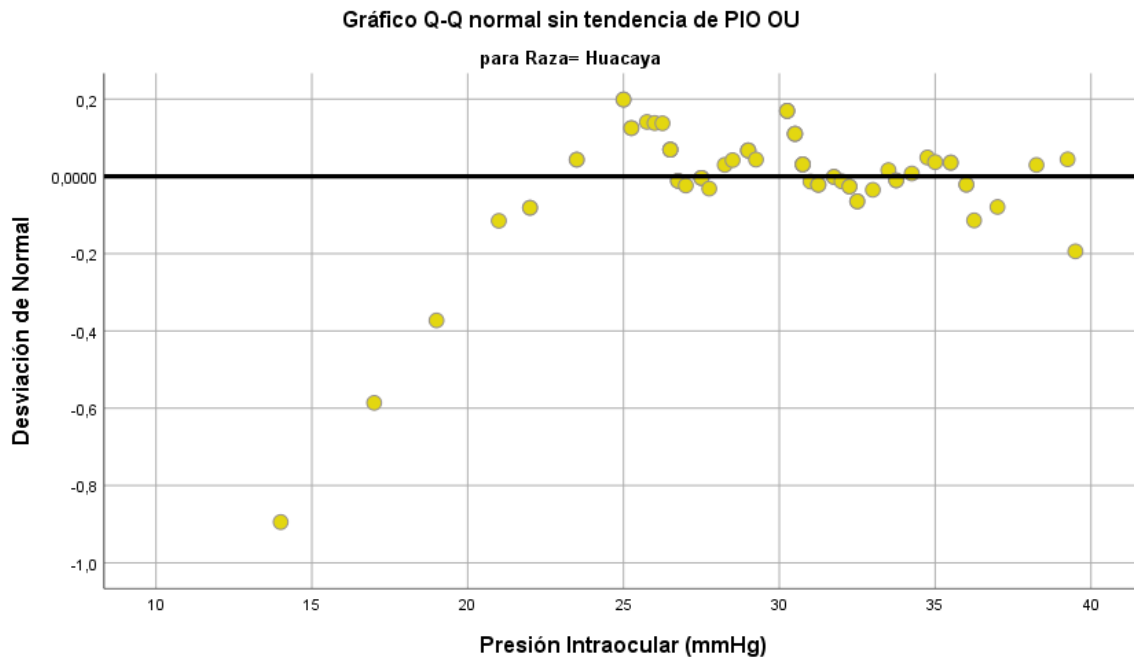
Análisis e interpretación: En cuanto a la distribución del sexo de las alpacas en su mayoría la muestra estuvo compuesta por Hembras, con una frecuencia de 53 que corresponde al 67,95% de la muestra y únicamente 25 ejemplares machos que corresponde al 30,05%.

Gráfico 7 Q-Q normal con tendencia para Raza Huacaya y PIO



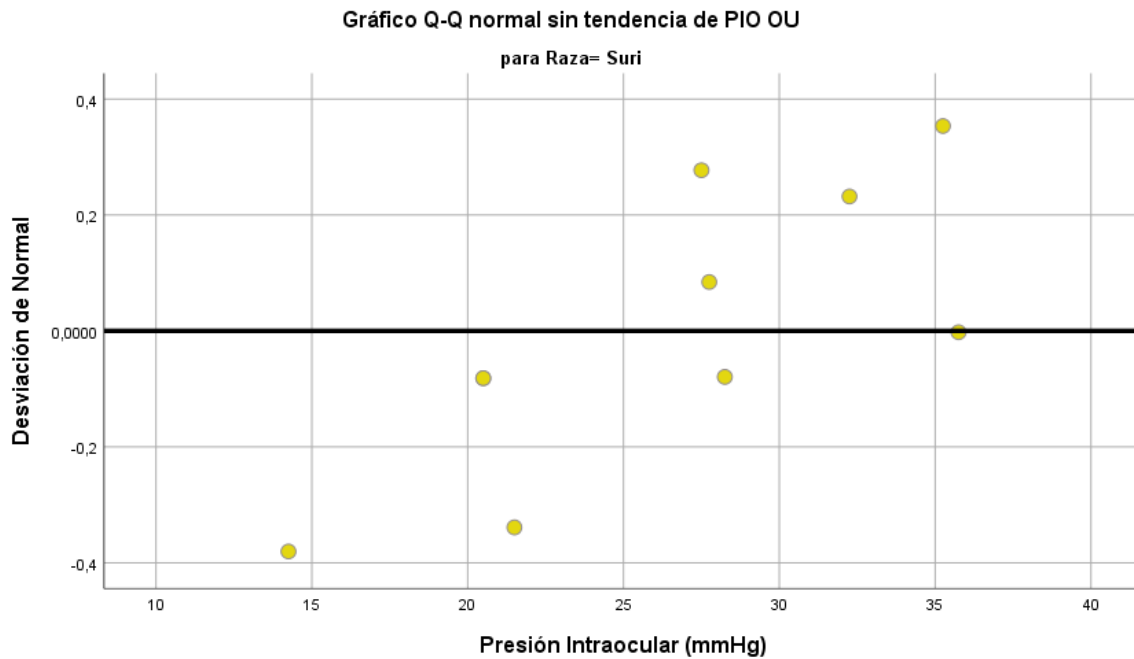
Análisis e interpretación: El gráfico Q-Q Plot o Quantil-Quantil, nos sirve para expresar la normalidad de los datos, para determinar si los mismos presentan una media y varianza conocida, para establecer un estadístico de prueba, que permita comparar dos o más variables. La interpretación del gráfico se da manera que los datos deben mantenerse en la línea de tendencia, para la raza Huacaya los datos mantienen una distribución normal al mantenerse cerca de la línea.

Gráfico 8 Q-Q normal sin tendencia para raza Huacaya y PIO



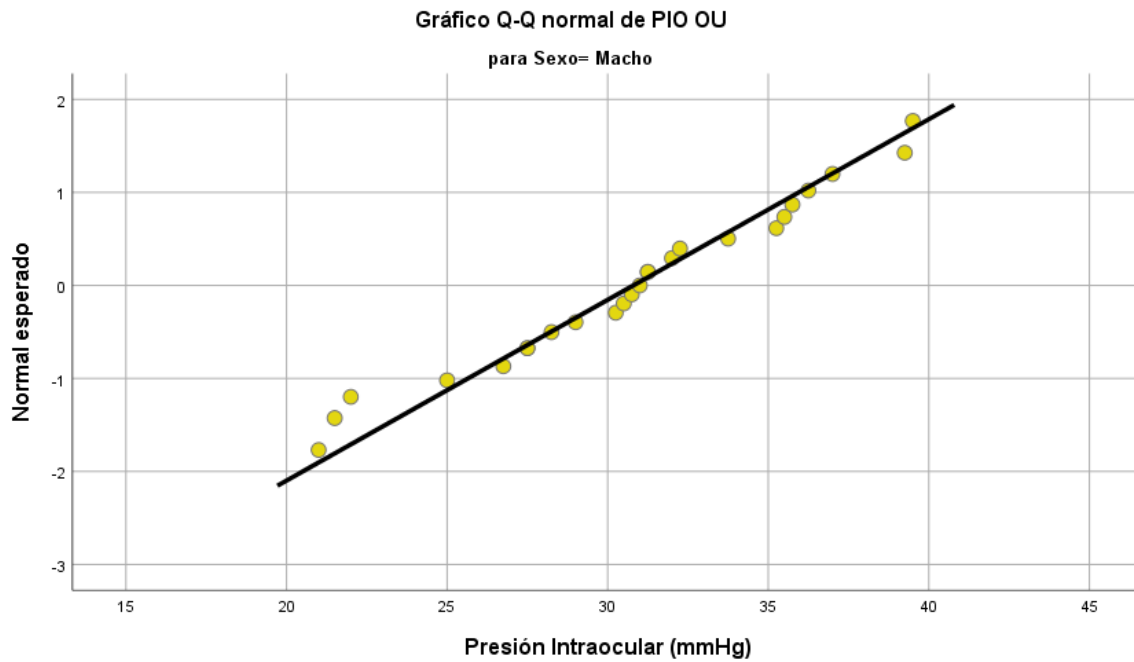
Análisis e interpretación: El gráfico Q-Q Plot o Quantil-Quantil, nos sirve para expresar la normalidad de los datos, para determinar si los mismos presentan una media y varianza conocida, para establecer un estadístico de prueba, que permita comparar dos o más variables. En el gráfico sin tendencia podemos observar la dispersión gráfica de los datos, respecto al valor promedio, para la raza Huacaya la mayoría de los datos se mantiene cerca de la línea media, y se observan medidas dispersas que no son estadísticamente significativas.

Gráfico 9 Q-Q normal sin tendencia para raza Suri y PIO



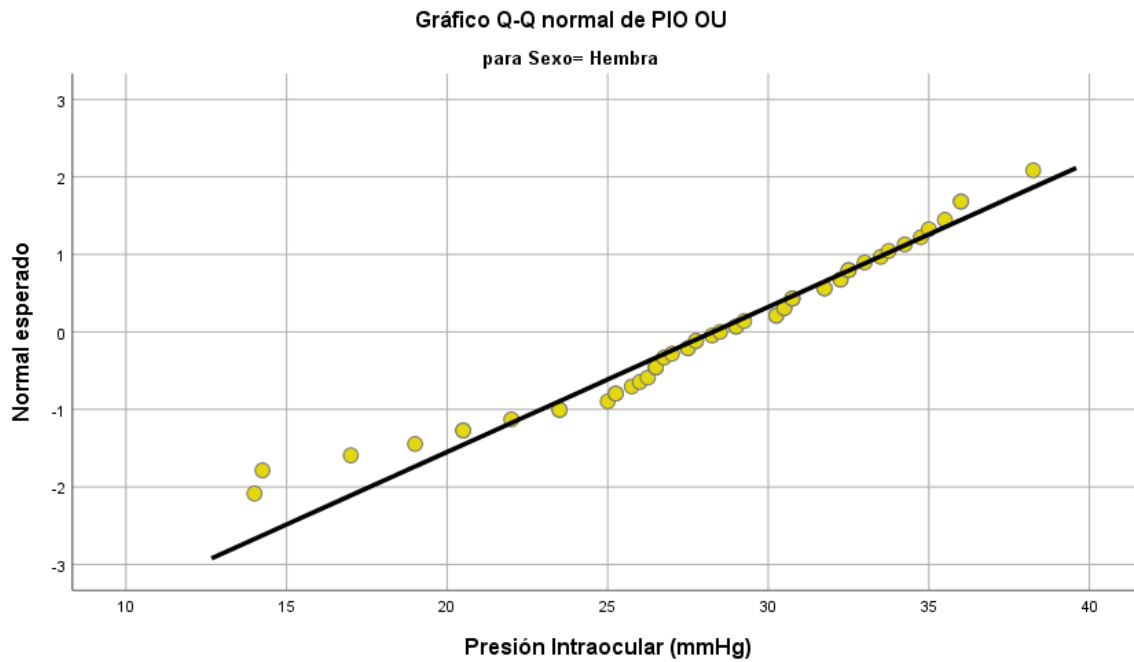
Análisis e interpretación: El gráfico Q-Q Plot o Quantil-Quantil, nos sirve para expresar la normalidad de los datos, para determinar si los mismos presentan una media y varianza conocida, para establecer un estadístico de prueba, que permita comparar dos o más variables. En el gráfico sin tendencia podemos observar la dispersión gráfica de los datos, respecto al valor promedio, para la raza Suri la mayoría de los datos se mantiene cerca de la línea media, y se observan medidas dispersas que no son estadísticamente significativas.

Gráfico 10 Q-Q normal con tendencia para Sexo Macho y PIO



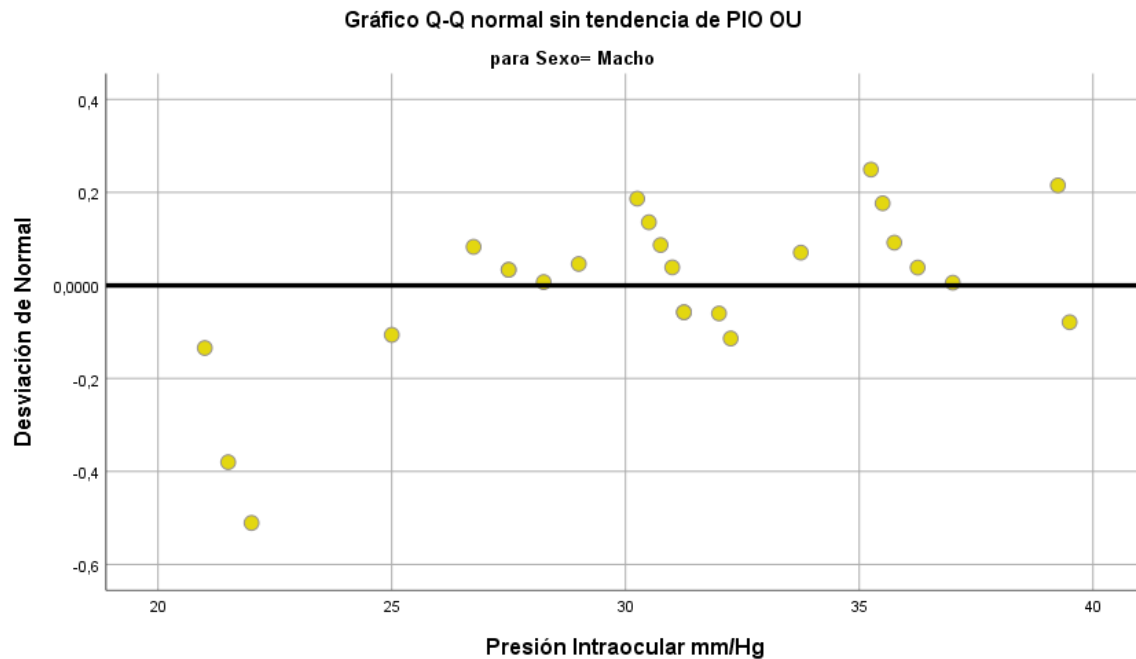
Análisis e interpretación: El gráfico Q-Q Plot o Quantil-Quantil, nos sirve para expresar la normalidad de los datos, para determinar si los mismos presentan una media y varianza conocida, para establecer un estadístico de prueba, que permita comparar dos o más variables. La interpretación del gráfico se da manera que los datos deben mantenerse en la línea de tendencia, para sexo macho los datos mantienen una distribución normal al mantenerse cerca de la línea de tendencia, sin aparecer medidas que sugieran una distribución anormal de los datos.

Gráfico 11 Q-Q normal con tendencia para Sexo Hembra y PIO



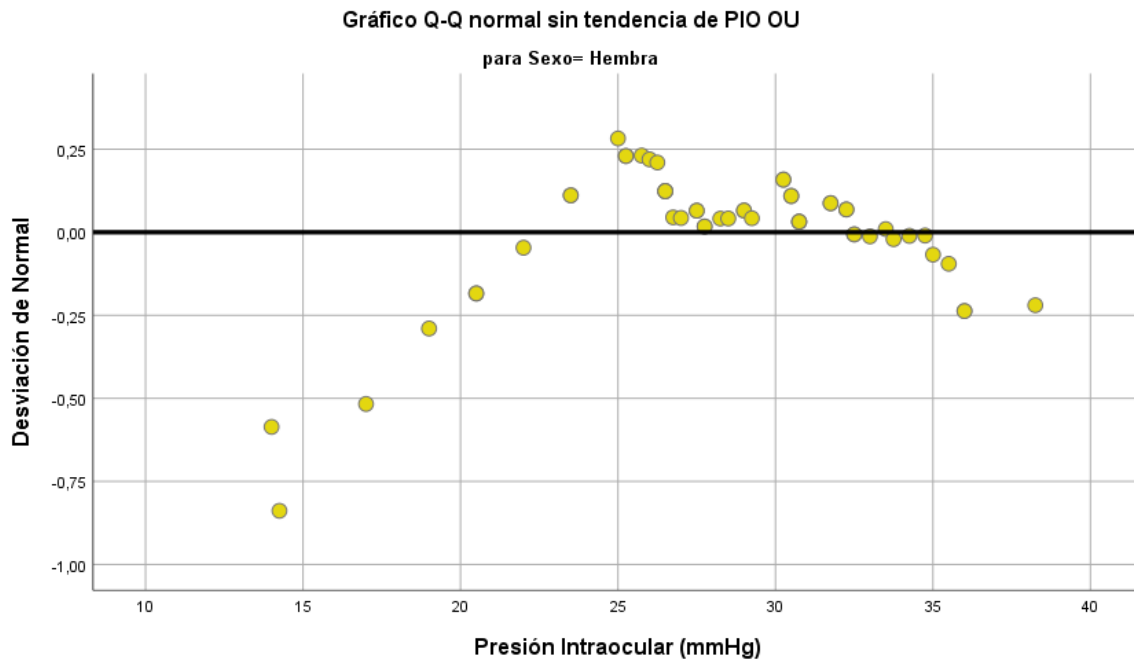
Análisis e interpretación: El gráfico Q-Q Plot o Quantil-Quantil, nos sirve para expresar la normalidad de los datos, para determinar si los mismos presentan una media y varianza conocida, para establecer un estadístico de prueba, que permita comparar dos o más variables. La interpretación del gráfico se da manera que los datos deben mantenerse en la línea de tendencia, para sexo hembra los datos mantienen una distribución normal al mantenerse cerca de la línea de tendencia, sin aparecer medidas que sugieran una distribución anormal de los datos.

Gráfico 12 Q-Q normal sin tendencia para Sexo Macho y PIO



Análisis e interpretación: El gráfico Q-Q Plot o Quantil-Quantil, nos sirve para expresar la normalidad de los datos, para determinar si los mismos presentan una media y varianza conocida, para establecer un estadístico de prueba, que permita comparar dos o más variables. En el gráfico sin tendencia podemos observar la dispersión gráfica de los datos, respecto al valor promedio, para sexo Macho la mayoría de los datos se mantiene cerca de la línea media, y se observan medidas dispersas que no son estadísticamente significativas.

Gráfico 13 Q-Q normal sin tendencia para Sexo Hembra y PIO



Análisis e interpretación: El gráfico Q-Q Plot o Quantil-Quantil, nos sirve para expresar la normalidad de los datos, para determinar si los mismos presentan una media y varianza conocida, para establecer un estadístico de prueba, que permita comparar dos o más variables. En el gráfico sin tendencia podemos observar la dispersión gráfica de los datos, respecto al valor promedio, para sexo Hembra la mayoría de los datos se mantiene cerca de la línea media, y se observan medidas dispersas que no son estadísticamente significativas.

4.2. Discusión

La presente investigación tuvo como objetivo principal establecer un valor promedio de presión intraocular, además, se pretendió establecer un rango de presión como se cuenta en otras especies, con información actualizada y mediante tonometría por rebote con ayuda del instrumento “TonoVet Plus”, como objetivos secundarios, se buscó establecer la relación existente entre las variables raza, edad, sexo, y si existen diferencias estadísticamente significativas entre la presión intraocular del ojo derecho y del ojo izquierdo.

La media para presión intraocular del ojo derecho dio un resultado de 29,6 mmHg con una desviación estándar de 6,1 mmHg, el valor que más se repitió fue de 29 mmHg y un valor máximo de 45 mmHg y mínimo de 14 mmHg, a pesar de ello, los datos tienen una distribución normal.

La media para presión intraocular del ojo izquierdo dio un resultado de 28,6 mmHg con una desviación estándar de 6,2 mmHg, el valor que más se repitió fue de 31,5 mmHg y un valor máximo de 45 mmHg y mínimo de 14 mmHg, a pesar de ello, los datos tienen una distribución normal.

Por último, el valor promedio de presión intraocular resultó en 29 mmHg, una desviación estándar de 5,4 mmHg, el valor que más se repitió fue de 26,5 mmHg y un valor máximo de 39,5 y mínimo de 14 mmHg, finalmente el rango promedio de presión intraocular para alpacas (*Vicugna pacos*) según los resultados de este estudio son de 24 a 34 mmHg. Los valores de presión intraocular fueron significativamente superiores al trabajo de Willis & Col (48), que mostraron un valor promedio de presión intraocular de 14,85 mmHg y un desviación estándar de 0,45 mmHg, es importante mencionar que este estudio utilizó únicamente 18 ejemplares, finalmente se concluyó que el rango de presión intraocular en alpacas es de 11 a 21 mmHg.

De la misma forma en el trabajo de McDonald & Col (56), el promedio de presión intraocular dio un resultado de 14,21 mmHg con un desviación estándar de 2,73 mmHg con un rango final de 8,67 a 20,67 mmHg, estos valores fueron obtenidos también por un tonómetro de rebote (TonoVet), y este estudio es el más reciente documentado sobre presión intraocular en alpacas (*Vicugna pacos*), sin embargo, el tonómetro utilizado en esta tesis (TonoVet Plus) se considera mediante sus comparación con valores obtenidos para presión intraocular con tonometría directa mediante el uso de un manómetro, como el instrumento más preciso para

medir presión intraocular en animales, en efecto la precisión de un instrumento se compara directamente con los valores obtenidos mediante tonometría directa (42). Cabe destacar que en el estudio de McDonald & Col (36), se trabajaron con cuarenta alpacas y 80 muestras en total.

En el tercer estudio registrado para presión intraocular realizado por Nuhsbaum & Col (1), registró una media de presión intraocular de 16,14 mmHg y un valor de desviación estándar de 3,74 mmHg, con un rango promedio de 14,89 a 18,21, con un desviación estándar de 2.

Por lo tanto, el promedio de presión intraocular resultante fue de 29 mmHg respecto a un 14,85 mmHg, 14,21 mmHg y 16,14 mmHg, el valor obtenido fue considerablemente mayor, así como también la población utilizada que excede notablemente la de los estudios mencionados, es por ello, que la diferencia de presiones puede estar asociada a diversos factores, sin excepción, los estudios fueron realizados en los Estados Unidos de América, en condiciones de laboratorio, control ambiental, humedad y a latitudes que no fueron mencionadas, se cree por lo tanto que los datos obtenidos en el “Centro internacional de Bio-ciencia e innovación Sumbay” en la localidad de Caylloma, a una altura promedio de 4200 m.s.n.m, bajo un sistema de pastoreo y una crianza no tecnificada brindan un resultado más apegado a la realidad y a lo esperado en relación a la presión intraocular en alpacas en su hábitat natural, sin embargo, es recomendable realizar nuevas mediciones, probablemente con una población más homogénea que permita establecer una comparación directa con los resultados de esta investigación y contrastar los resultados obtenidos.

Para establecer la relación existe entre la edad y la presión intraocular se realizó el coeficiente de Correlación de Pearson, el resultado mostró una correlación negativa, que no es estadísticamente significativa, esto quiere decir, que se cree que a medida que la edad aumente, la presión intraocular promedio tiende a disminuir, lo cual coincide con la bibliografía general, como es el caso del trabajo de Willis & Col (48) donde además comparan el peso y la presión intraocular, también con una correlación no estadísticamente significativa. En el trabajo de McDonald & Col (56), tampoco se estableció una relación estadísticamente significativa entre la edad y la presión intraocular. La investigación de Nuhsbaum & Col (1), muestra una correlación negativa entre la presión intraocular y la edad, por ello, se define que la presión decrece a medida que la edad aumenta, esto se debe a una atrofia progresiva del cuerpo ciliar, que afecta considerablemente la producción de humor acuoso y probablemente un consecuente disminución de presión intraocular (27). Por otro

lado, el trabajo de Nuhsbaum & Col (1), mostró una correlación negativa estadísticamente significativa entre la presión intraocular y la edad del animal, por ello, se define que la presión decrece a medida que la edad aumenta, esto se debe a una atrofia progresiva del cuerpo ciliar, que afecta considerablemente la producción de humor acuoso y probablemente un consecuente disminución de presión intraocular (27). Este efecto, también se ha reportado en humanos, monos, cocodrilos y algunas razas selectas de perros (1).

Siguiendo con la discusión los resultados obtenidos en esta investigación mostraron que existe una correlación positiva entre la presión intraocular del ojo derecho y del ojo izquierdo, mediante un coeficiente de correlación de Pearson, podemos definir que a medida que la presión de un ojo aumente, la del ojo contralateral incrementará también, esta correlación fue estadísticamente significativa y se define que no existen diferencias entre la presión del ojo derecho y el ojo izquierdo, este resultado coincide con lo establecido por Willis & Col (48), que tampoco mostró una diferencia estadísticamente significativa entre la presión de ambos ojos, McDonald & Col (56), tampoco encontraron diferencias de presión entre ambos ojos y finalmente, Nuhsbaum & Col (1), también establecieron que no existe diferencia estadísticamente significativa entre la presión intraocular del ojo derecho y ojo izquierdo.

Para establecer el efecto de la hora de medición y la presión intraocular también se planteó un coeficiente de correlación de Pearson, el estadístico mostró que existe un correlación negativa no estadísticamente significativa, por lo tanto, se define que dicha correlación dicta que a medida que la hora incremente la presión intraocular tiende a disminuir, sin embargo, esta reducción no puede considerarse al no ser estadísticamente significativa, esta determinación tiene un fundamento teórico, pues la bibliografía define que la producción de humor acuoso presenta un ciclo circadiano, es decir, que la mayor producción de humor acuoso se produce durante las horas de poca luz, es por ello, que la terapia para glaucoma en humanos se aplica durante la noche, ya que se espera un pico de presión en estas horas, por lo tanto, se esperaba que a medida que la hora durante la mañana incremente, la presión intraocular disminuiría. Los resultados obtenidos coinciden con el trabajo de Willis & Col (48), donde tampoco encontraron una diferencia estadísticamente significativa en la hora de medida.

Se buscó establecer el efecto de la raza sobre la presión intraocular, para ello se planteó inicialmente una prueba de normalidad para corroborar la normalidad de los datos, donde se observó una distribución normal en base a las líneas de tendencia y la prueba de

Kolmogorov-Smirnof, una vez establecida la normalidad de los datos sobre raza, se procedió a realizar un ANOVA, donde finalmente se aceptó la hipótesis nula que confirma la igualdad de las medias a un nivel de significancia del 5%, por lo tanto, se llegó a la conclusión de que no existen diferencias estadísticamente significativas entre la presión intraocular de la raza Huacaya y la raza Suri. Estos resultados coinciden con los trabajos mencionados anteriormente, donde se estableció que no existe diferencia entre razas.

Finalmente para determinar el efecto del sexo sobre la presión intraocular, también se planteó inicialmente una prueba de normalidad para corroborar la normalidad de los datos, donde se observó una distribución normal en base a las líneas de tendencia y la prueba de Kolmogorov-Smirnof, una vez establecida la normalidad de los datos sobre raza, se procedió a realizar un ANOVA, donde finalmente se aceptó la hipótesis nula que confirma la igualdad de las medias a un nivel de significancia del 5%, por lo tanto, se llegó a la conclusión de que no existe diferencias estadísticamente significativas entre la presión intraocular de las alpacas macho y hembra. Estos resultados coinciden con los trabajos mencionados anteriormente, donde se estableció que no existe diferencia entre razas.

Por último, el valor promedio de presión intraocular resultó en 29 mmHg, una desviación estándar de 5,4 mmHg, el valor que más se repitió fue de 26,5 mmHg y un valor máximo de 39,5 y mínimo de 14 mmHg, finalmente el rango promedio de presión intraocular para alpacas (*Vicugna pacos*) según los resultados de este estudio son de 24 a 34 mmHg. Los valores de presión intraocular fueron significativamente superiores al trabajo de Willis & Col (48), que mostraron un valor promedio de presión intraocular de 14,85 mmHg y un desviación estándar de 0,45 mmHg, es importante mencionar que este estudio utilizó únicamente 18 ejemplares, finalmente se concluyó que el rango de presión intraocular en alpacas es de 11 a 21 mmHg

V CONCLUSIONES

Primera. - La presión intraocular en alpacas tiene promedio de 29 mmHg con una desviación de estándar de 5,4 mmHg.

Segunda. - El rango de presión intraocular para Alpacas (*Vicugna pacos*) dio un resultado de 24 a 34 mmHg.

Tercera. - Las diferencias de presión intraocular con la bibliografía existente se asocia a las condiciones de medición, el instrumento utilizado, las condiciones geográficas y ambientales y el tamaño de la muestra.

Cuarta. - No existen diferencias estadísticamente significativas entre la hora de medición y la presión intraocular.

Quinta. - No existen diferencias estadísticamente significativas en la edad de las alpacas en cuanto a presión intraocular, pero sí una tendencia a disminuir la presión intraocular conforme la edad incrementa.

Sexta. - No existen diferencias estadísticamente significativas entre el sexo de la alpaca (Macho y Hembra) y la presión intraocular.

Séptima. - No existen diferencias estadísticamente significativas entre la raza de alpaca (Huacaya o Suri) y la presión intraocular.

Octava. - No existen diferencias estadísticamente significativas entre la presión intraocular del ojo derecho y el ojo izquierdo.

VI RECOMENDACIONES

Primero. – De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación y la bibliografía previa existe una diferencia considerable en la media de presión intraocular, es por ello que recomiendo realizar un nuevo estudio bajo condiciones tecnificadas de crianza y contrastar los valores de presión intraocular obtenidos en esta investigación.

Segundo. – Realizar sujeción física del animal, evitando al máximo la presión sobre el cuello de los ejemplares, puesto en que mi experiencia una mínima tensión, generó un incremento muy marcado en la presión intraocular.

Tercero. – En caso de realizar un estudio similar con un instrumento digital, es importante mencionar que el polvo y las condiciones ambientales pueden afectar considerablemente sobre el tonómetro y provocar variaciones en las medidas, si fuese posible, debe evitarse realizar las medidas en el mismo corral de los ejemplares.

Cuarto. – Con base en los resultados obtenidos en camélidos sudamericanos, se recomienda realizar más estudios oftalmológicos en cuanto a presión intraocular especialmente en los centros de crianza en zonas altoandinas.

VII REFERENCIA

1. Nuhsbaum MT, Gionfriddo JR, Powell CC, Aubin ML. Intraocular pressure in normal llamas (*Lama glama*) and alpacas (*Vicugna pacos*). *Vet Ophthalmol*. Marzo de 2000;3(1):31-4.
2. Vilá B, Arzamendia Y. South American Camelids: their values and contributions to people. *Sustain Sci* [Internet]. 26 de octubre de 2020 [citado 18 de agosto de 2021]; Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00874-y>
3. Enciclonet 3.0. Lamoides [Internet]. [citado 10 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://www.enciclonet.com/articulo/lamoides/>
4. Gilger BC, Kern TJ, Gelatt KN. *Veterinary Ophthalmology*. Fifth edition. Wiley-Blackwell. 2013.
5. Bohlken H. Remarks on the stomach and the systematic position of the tylopoda. *Proc Zool Soc Lond*. 20 de agosto de 2009;134(2):207-15.
6. Wheeler J. South American camelids - past, present and future. *Wheeler/ Journal of Camelid Science*. 2012; (5): 1-24.
7. Huanca T. Manual del alpaquero [Internet]. Lima. 2015. [citado 10 de mayo de 2021]. Disponible en: https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/978/1/Huanca-manual_del_alpaquero.pdf
8. Quispe Coaquira JE, Bustinza Choque V, Jahuira Huarcaya F. Características del vellón de vicuñas (*Vicugna vicugna mensalis*) de Cala Cala y Picotani (Puno-Perú) criadas en semicautiverio. *Rev Investig Vet Perú*. abril de 2019; 30(2):523-36.
9. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Manual de prácticas de manejo de alpacas y llamas. Roma: FAO; 2015.
10. Kuhn U. Manual de crianza y manejo de alpacas y llamas [Internet]. La Paz: Suyana fundación. 2015 [citado 10 de mayo de 2021]. Disponible en: https://www.suyana.ch/wp-content/uploads/2017/08/Suyana_MaterialDidactico_ManualManejoAlpacaLlama.pdf

11. Wheeler J. On the origin and early development of camelid pastoralism in the Andes [Internet]. Gainesville, Florida. 2001 [citado 10 de mayo de 2021]. Disponible en: https://www.academia.edu/11957248/On_the_origin_and_early_development_of_camelid_pastoralism_in_the_Andes
12. Barrantes C. Caracterización de planteles en los sistemas de producción alpaquera de la sierra central [Tesis para optar el grado de magister ciencia]. Lima. Universidad Nacional Agraria la Molina. 2012 [citado 10 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1229/L01-B26-T.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
13. Barrantes C, Flores E, Ruiz J. Caracterización de planteles de los sistemas de producción alpaquera de la sierra central del Perú. Rev Investig Vet Perú. Octubre de 2018;29(4):1335-48.
14. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Situación actual de los camélidos Sudamericanos en Perú [Internet]. Roma. FAO. Junio de 2005 [citado 10 de mayo de 2021]. Disponible en: https://tarwi.lamolina.edu.pe/~emellisho/zootecnia_archivos/situacion%20alpcas%20peru.pdf
15. Ministerio de Agricultura (MINAGRI). El Perú es la primera potencia mundial en producción de fibra de alpaca [Internet]. Lima. 3 de Julio de 2019 [citado 10 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/49289-el-peru-es-la-primera-potencia-mundial-en-produccion-de-fibra-de-alpaca>
16. Agrónomes Vétérinaires Sans Frontières. Comportamiento del mercado mundial de la fibra de alpaca [Internet]. La Paz. 2010 [citado 10 de mayo de 2021]. Disponible en: https://www.avsf.org/public/posts/1559/folleto_mercado_mundial_alpacas_feb2013_avsf.pdf
17. Cardozo A. Especies zootécnicas nativas de los andes altos. Recursos genéticos animales en américa latina. FAO. 1981 [citado 10 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ah223s/AH223S10.htm>

18. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Análisis del impacto de los eventos fríos (friaje) del 2008 en la agricultura y la ganadería altoandina en el Perú [Internet]. Lima. 2008 [citado 10 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://reliefweb.int/report/peru/an%C3%A1lisis-del-impacto-de-los-eventos-fr%C3%ADos-friaje-del-2008-en-la-agricultura-y-la>
19. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). IV Censo Nacional Agropecuario 2012 - Cuadros Estadísticos [Internet]. 2012 [citado 10 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>
20. Harman A, Dann J, Ahmat A, Macuda T, Johnston K, Timneyb B. The Retinal Ganglion Cell Layer and Visual Acuity of the Camel. *Brain Behav Evol.* 2001;58(1):15-27.
21. Baloh RW & Jen J. Neuro-Ophthalmology [Internet]. Goldman's Cecil Medicine. Elsevier; 2012;432(2443-2448) Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9781437716047004322>
22. Gionfriddo JR. Ophthalmology of South American Camelids. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* noviembre de 2010;26(3):531-55.
23. Maggs D, Miller P, Ofri R. Slatter's Fundamental of Veterinary Ophthalmology. Fifth Edition. El Servier. 2013.
24. Gelatt KN, Otzen Martinic GB, Flaneig JL, Schein OD, Muñoz B, West SK, et al. Results of ophthalmic examinations of 29 alpacas. *J Am Vet Med Assoc.* 15 de abril de 1995;206(8):1204-7.
25. Webb AA, Cullen CL, Lamont LA. Brainstem auditory evoked responses and ophthalmic findings in llamas and alpacas in eastern Canada. *Can Vet J.* Enero de 2006;47(1):74-7.
26. Gionfriddo JR. Ophthalmology. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* Julio de 1994;10(2):371-82.
27. Gionfriddo JR. Ophthalmology of South American Camelids. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* Noviembre de 2010;26(3):531-55.

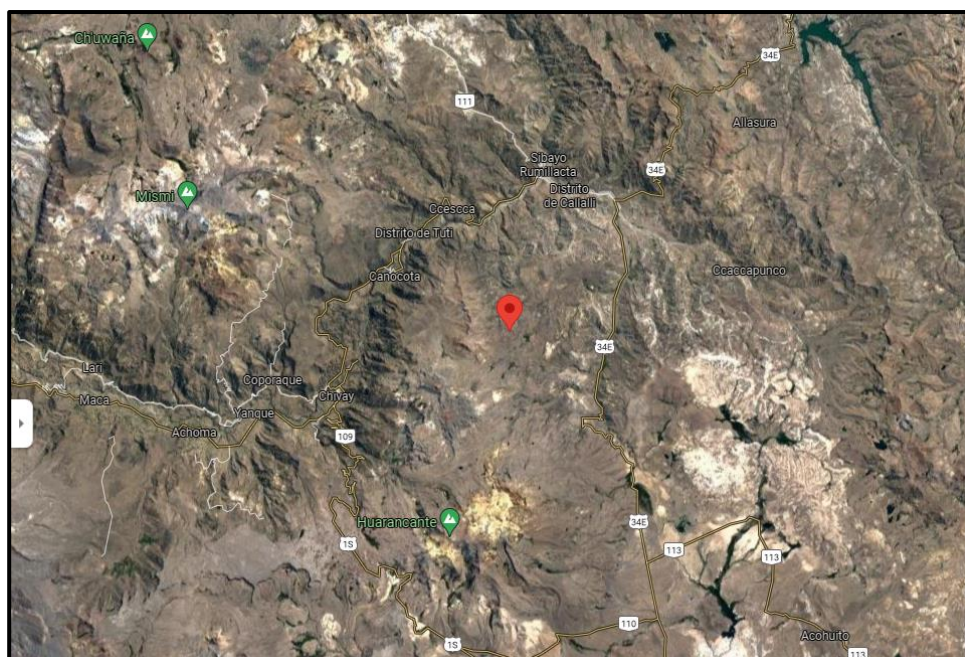
28. Stades C. Ophthalmology for the Veterinary Practitioner, Second, Revised and Expanded Edition [Internet]. Segunda edición. Schluetersche; 2007 [citado 12 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/books/9783899930955>
29. Trbolova A, Gionfriddo JR, Ghaffari MS. Results of Schirmer tear test in clinically normal llamas (Vicugna llama): STT in llamas. Vet Ophthalmol. Noviembre de 2012;15(6):383-5.
30. Crispin SM. Notes on veterinary ophthalmology. Oxford, OX, UK ; Ames, Iowa, USA: Blackwell Pub; 2005. 371 p.
31. Stephen RP. The Alpaca Eye Study DVM [Internet]; 2000 [citado 18 de agosto de 2021]. Disponible en: https://www.rmla.com/html/-alpaca_eye_study_stephen_r.htm
32. Moore CP, Shaner JB, Halenda RM, Rosenfeld CS; Suedmeyer WK. Congenital ocular anomalies and ventricular septal defect in a dromedary camel (Camelus dromedarius). J Zoo Wildl Med Off Publ Am Assoc Zoo Vet. Septiembre de 1999;30(3):423-30.
34. Gould DJ, Papisouliti K. Clinical Microbiology and Parasitology. Gelatts Vet Ophthalmol. 2013;300-50.
35. Storms G, Meersschaert C, Farnir F, Grauwels M. Normal bacterial conjunctival flora in the Huacaya alpaca (*Vicugna pacos*). Vet Ophthalmol. Enero de 2016;19(1):22-8.
36. McDonald JE, Knollinger AM, Dees DD, MacLaren NE. Determination of Schirmer tear test-1 values in clinically normal alpacas (*Vicugna pacos*) in North America. Vet Ophthalmol. Enero de 2018;21(1):101-3.
37. Andrew SE, Willis AM, Anderson DE. Density of corneal endothelial cells, corneal thickness, and corneal diameters in normal eyes of llamas and alpacas. Am J Vet Res. Marzo de 2002;63(3):326-9.
38. Slatter D, Taibo RA. Fundamentos de oftalmología veterinaria. Buenos Aires. Inter-Médica Editorial; 2004.
39. Welihozkiy A, Bedenice D, Price LL, Pizzirani S, Pirie CG. Measurement of corneal sensitivity in 20 ophthalmologically normal alpacas: Corneal Sensitivity in Normal Alpacas. Vet Ophthalmol. Septiembre de 2011;14(5):333-6.

40. Gaulty M, Vaughan J, Hogreve SK, Erhardt G. Brainstem auditory-evoked potential assessment of auditory function and congenital deafness in llamas (*Lama glama*) and alpacas (*L. pacos*). J Vet Intern Med. Octubre de 2005;19(5):756-60.
42. Slatter D, Taibo RA. Fundamentos de oftalmología veterinaria. Buenos Aires. Inter-Médica Editorial; 2004.
43. Gionfriddo JR, Gionfriddo JP, Krohne SG. Ocular diseases of llamas: 194 cases (1980-1993). J Am Vet Med Assoc. 15 de junio de 1997;210(12):1784-7.
44. Gionfriddo JR, Blair M. Congenital cataracts and persistent hyaloid vasculature in a llama (*Lama glama*). Vet Ophthalmol. Marzo de 2002;5(1):65-70.
45. Middleton JR, Moody MM, Parish SM. Diabetes mellitus in an adult alpaca (*Lama pacos*). Vet Rec. Octubre de 2005;157(17):520-2.
46. Bito LZ, Salvador EV. Intraocular fluid dynamics: II. Postmortem changes in solute concentrations. Exp Eye Res. 1 de octubre de 1970;10(2):273-87.
47. Peche N, Eule JC. Intraocular pressure measurements in cattle, sheep, and goats with 2 different types of tonometers. Can J Vet Res. Julio de 2018;82(3):208-15.
48. Willis AM, Anderson DE, Gemensky AJ, Wilkie DA, Silveira F. Evaluation of intraocular pressure in eyes of clinically normal llamas and alpacas. Am J Vet Res. diciembre de 2000;61(12):1542-4.
49. Komáromy AM, Bras D, Esson DW, Fellman RL, Grozdanic SD, Kagemann L, et al. The future of canine glaucoma therapy. Vet Ophthalmol. Septiembre de 2019;22(5):726-40.
50. Themes UFO. Equine Ocular Examination: Routine and Advanced Diagnostic Techniques [Internet]. Veterian Key. 2016 [citado 17 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://veteriankey.com/equine-ocular-examination-routine-and-advanced-diagnostic-techniques/>
51. Görig C, Coenen RTI, Stades FC, Djajadiningrat-Laanen SC, Boevé MH. Comparison of the use of new handheld tonometers and established applanation tonometers in dogs. Am J Vet Res. Enero de 2006;67(1):134-44.

52. Knollinger AM, La Croix NC, Barrett PM, Miller PE. Evaluation of a rebound tonometer for measuring intraocular pressure in dogs and horses. *J Am Vet Med Assoc*. Julio de 2005;227(2):244-8.
53. Rusanen E, Florin M, Hässig M, Spiess BM. Evaluation of a rebound tonometer (Tonovet[®]) in clinically normal cat eyes. *Vet Ophthalmol*. Enero de 2010;13(1):31-6.
54. Saldaña K. Comparación de las medidas de presión intraocular obtenidas por un tonómetro de rebote y un tonómetro de indentación en gatos mestizos adultos aparentemente sanos en la Clínica Veterinaria Docente Cayetano Heredia [Tesis para obtener el grado de bachiller]. Lima. 2019. Disponible en: https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/5011/Comparacion_SaldanaMorales_Katherine.pdf?sequence=1&isAllowed=y
55. Moreno C. Avances en el diagnóstico y tratamiento del glaucoma en caninos, revisión bibliográfica (2000-2010). Universidad Austral de Chile. Instituto de Ciencias Clínicas Veterinarias. [Tesis de grado]. 2012 [citado 18 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/fvm843a/doc/fvm843a.pdf>
56. McDonald JE, Knollinger AM, Dustin Dees D, MacLaren NE. Comparison of intraocular pressure measurements using rebound (TonoVet[®]) and applanation (TonoPen-XL[®]) tonometry in clinically normal alpacas (Vicugna pacos). *Vet Ophthalmol*. marzo de 2017;20(2):155-9.

ANEXOS

Anexo 1 Ubicación del Centro internacional de bio-ciencia e innovación Sumbay



Fuente: Google Maps

Anexo 2 Ruta Arequipa – Sumbay, ambos puntos se encuentran a un tiempo estimado en automóvil de 2 h desde la ciudad de Arequipa.



Fuente: Google Maps

Anexo 4 Matriz de datos de Presión Intraocular

Arete	Datos										
	Hora	Raza	Edad	Sexo	OP	PD	RP	PIO OD	PIO OS	PIO OU	Observaciones
-	06:51:00	1	2	1	1	1	1	37	37	37	
-	06:54:00	1	5	2	1	1	1	30	23	26.5	
400	06:57:00	1	3	2	1	1	1	35	23	29	
-	06:58:00	1	5	2	1	1	1	30.5	33	31.75	
-	07:01:00	2	4	2	1	1	1	20.5	20.5	20.5	
353	07:02:00	1	4	1	1	1	1	27	26.5	26.75	
403	07:04:00	1	4	2	1	1	1	26	27	26.5	
183	07:07:00	1	6	1	1	1	1	23.5	38.5	31	
404	07:08:00	1	2	2	1	1	1	37.5	39	38.25	
123	07:10:00	1	5	1	1	1	1	34	45	39.5	
300	07:14:00	1	3	2	1	1	1	34	36	35	
500	07:17:00	1	3	1	1	1	1	24.5	17.5	21	
-	07:19:00	1	4	2	1	1	1	35.5	26	30.75	
265	07:22:00	1	8	2	1	1	1	31.5	34.5	33	
-	07:23:00	1	2	2	1	1	1	30.5	21	25.75	
-	07:25:00	2	3	1	1	1	1	29.5	25.5	27.5	
281	07:27:00	2	3	2	1	1	1	37.5	27	32.25	
-	07:29:00	1	1	2	1	1	1	29	31.5	30.25	
506	07:32:00	1	2	1	1	1	1	29	26	27.5	Queratitis
-	07:39:00	1	1	1	1	1	1	29	31.5	30.25	
-	07:41:00	1	1	2	1	1	1	26.5	30	28.25	
-	07:53:00	1	1	2	1	1	1	22.5	31.5	27	
-	07:55:00	1	3	1	1	1	1	23	21	22	
287	08:16:00	2	5	2	1	1	1	29	26.5	27.75	
354	08:17:00	2	6	1	1	1	1	33	37.5	35.25	
212	08:18:00	1	7	2	1	1	1	16	34.5	25.25	
351	08:20:00	1	3	1	1	1	1	32	39	35.5	
-	08:22:00	1	5	2	1	1	1	40.5	31.5	36	
-	08:24:00	1	5	1	1	1	1	33	39.5	36.25	
278	08:25:00	1	7	2	1	1	1	34.5	30.5	32.5	
224	08:26:00	2	5	2	1	1	1	14.5	14	14.25	
177	08:28:00	1	5	1	1	1	1	35	23	29	
279	08:30:00	1	5	2	1	1	1	29	31.5	30.25	
271	08:31:00	1	7	2	1	1	1	14	14	14	
238	08:32:00	1	7	2	1	1	1	27.5	27.5	27.5	
191	08:33:00	1	7	2	1	1	1	37	35	36	
-	08:35:00	1	1	1	1	1	1	29	32.5	30.75	
-	08:37:00	2	8	1	1	1	1	23	20	21.5	
554	08:38:00	1	2	1	1	1	1	35.5	27	31.25	
352	08:38:00	1	5	1	1	1	1	38	26	32	
-	08:39:00	1	4	1	1	1	1	31.5	31	31.25	

187	08:41:00	1	8	2	1	1	1	32.5	37	34.75	
353	08:43:00	1	5	1	1	1	1	39.5	28	33.75	
263	08:41:00	1	4	2	1	1	1	31	30.5	30.75	
137	08:45:00	2	5	1	1	1	1	36	35.5	35.75	
216	08:46:00	1	6	2	1	1	1	27.5	23	25.25	
505	08:47:00	1	2	1	1	1	1	22.5	27.5	25	
307	08:48:00	1	4	2	1	1	1	30	31.5	30.75	
-	08:49:00	1	1	2	1	1	1	36	32.5	34.25	
-	08:50:00	1	5	2	1	1	1	27	31.5	29.25	
260	08:52:00	1	6	2	1	1	1	27	28	27.5	
235	08:55:00	1	9	2	1	1	1	32	25	28.5	
-	08:57:00	1	3	2	1	1	1	25.5	21.5	23.5	
-	08:59:00	1	3	1	1	1	1	45	33.5	39.25	Posible glaucoma
221	09:02:00	1	5	2	1	1	1	23	21	22	
308	09:04:00	1	4	2	1	1	1	31.5	32	31.75	
356	09:05:00	1	8	1	1	1	1	27	34	30.5	
262	09:07:00	2	5	2	1	1	1	23	18	20.5	
258	09:10:00	1	5	2	1	1	1	18.5	15.5	17	
226	09:12:00	1	5	2	1	1	1	27	25	26	
228	09:13:00	1	5	2	1	1	1	34	30.5	32.25	
-	09:15:00	1	6	2	2	2	2			0	Patológica
-	09:18:00	1	1	2	1	1	1	33.5	27.5	30.5	
305	09:19:00	1	4	2	1	1	1	24	29.5	26.75	
301	09:20:00	1	3	2	1	1	1	33.5	37.5	35.5	
-	09:22:00	1	3	1	1	1	1	36.5	28	32.25	
-	09:23:00	1	3	2	1	1	1	26	26.5	26.25	
190	09:30:00	1	10	2	1	1	1	35	32.5	33.75	
353	09:31:00	1	5	2	1	1	1	29.5	28.5	29	
269	09:32:00	1	4	2	1	1	1	37.5	29.5	33.5	
245	09:33:00	1	5	2	1	1	1	24	26	25	
201	09:34:00	1	5	2	1	1	1	18	20	19	
405	09:36:00	1	2	2	1	1	1	34	27	30.5	
-	09:37:00	1	5	2	1	1	1	24.5	31	27.75	
357	09:39:00	2	3	1	1	1	1	30	26.5	28.25	
-	09:41:00	1	5	2	1	1	1	26.5	26.5	26.5	
-	09:43:00	1	3	2	1	1	1	29	24	26.5	
-	09:45:00	1	7	2	1	1	1	34	31	32.5	
-	09:48:00	1	7	2	1	1	1	23	24	23.5	

OD= Oftalmoscopia directa

PD = Prueba de Dazzle

RP = Reflejo pupilar

OD = Ojo derecho

OS = Ojo izquierdo

OU = Ambos ojos

Anexo 5 Dictamen de compromiso de asesoría

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

**DECLARACIÓN DE COMPROMISO DE ASESORÍA DE TRABAJOS DE
INVESTIGACIÓN, TRABAJOS ACADÉMICOS Y/O TESIS**

Arequipa, 25 de Junio del 2021

Mediante el presente documento doy conformidad y soy responsable de la asesoría de tesis y/o trabajo de investigación y/o trabajo académico cumpliendo las normas vigentes establecidas por la Universidad Católica de Santa María

Título:

**MEDICIÓN DE PRESIÓN INTRAOCULAR EN ALPACAS (VICUGNA PACOS)
MEDIANTE TONOMETRIA POR REBOTE EN EL CENTRO INTERNACIONAL DE
BIO-CIENCIA E INNOVACIÓN SUMBAY, CAYLLOMA - 2021**

Autor(es):

**2016200131 - 70401058
ORTIZ SALAZAR JOSE IGNACIO
70401058@ucsm.edu.pe**

Escuela Profesional, Segunda Especialidad, Maestría o Doctorado

MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Datos del Asesor:

**16423061
1884
FERNANDEZ FERNANDEZ FERNANDO**



Anexo 6 Fotos



Foto 1 Mi persona en el cartel del Centro Internacional de Bio-ciencia e innovación Sumbay



Foto 2 Alpacas en su corral, en su mayoría de la raza Huacaya.



Foto 3 Mi persona y el Dr. Rodrigo Melgar, en el corral de alpacas después de realizar el estudio.



Foto 4 Medición de presión intraocular mediante tonometría por rebote



Foto 5 TonoVet Plus, tonómetro por rebote digital, nótese la sujeción de los ejemplares por las orejas evitando la presión sobre el cuello.



Foto 6 TonoVet Plus, nótese la sonda que entra en contacto con la córnea y permite la medición de presión intraocular