



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia

## **Comparación de la presión intraocular (PIO) con ®Tonovet Plus en perros adultos clínicamente sanos en dos pisos altitudinales**

Trabajo de titulación previo a la  
obtención del título de Médica Veterinaria  
Zootecnista

### **Autoras:**

Arelis Itzel Rodas Zambrano

C. I.: 2300285554

[arelis.itzel.rodas@gmail.com](mailto:arelis.itzel.rodas@gmail.com)

Samantha Lucía Peralta Bojorque

C. I.: 0105703029

[samy\\_peralta@hotmail.es](mailto:samy_peralta@hotmail.es)

### **Directora:**

María Katherine Solano León, M.V.Z.

C. I.: 0104790548

**Cuenca, Ecuador**

25-abril-2022



## Resumen

La presión intraocular (PIO) es el resultado del equilibrio entre la producción y eliminación del humor acuoso dentro del globo ocular. La tonometría de rebote mide la PIO y permite el diagnóstico temprano y el tratamiento oportuno de enfermedades oculares, principalmente: glaucoma, la uveítis, entre otras. Los valores basales de PIO pueden variar por factores intrínsecos como edad, sexo o raza del perro y factores extrínsecos como: altitud o presión atmosférica del ambiente tomados a partir de los metros sobre el nivel del mar (msnm). El presente estudio tiene como objetivo evaluar la PIO mediante el uso de tonómetro (®Tonovet Plus) en perros adultos con edad comprendida entre los 2 a 6 años y que no evidencien alteraciones oculares en dos pisos altitudinales (2525msnm y 319msnm). Se incluyó a 45 perros clínicamente sanos de dos ciudades del Ecuador, agrupados de acuerdo al sexo y tamaño. Se analizó de manera separada los valores de PIO del ojo derecho (PIOD) e izquierdo (PIOI). Se encontró una correlación positiva de 0.71 entre la PIOD y PIOI. La lectura media de la PIOD fue de  $20.72 \pm 2.34$  mmHg (media  $\pm$  DE) y de la PIOI fue de  $20.33 \pm 2.68$  mmHg (media  $\pm$  DE). La PIO a 2525msnm fue de  $21.84 \pm 0.32$  (media $\pm$ E.E.), mientras que a 319 msnm fue de  $19.55 \pm 0.31$  (media $\pm$ E.E.). La PIO de los perros evaluados en nuestro estudio es estadísticamente significativo y se relaciona con el piso altitudinal ( $P < 0.05$ ), sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas con relación a sexo o tamaño. Nuestro estudio demostró que existe una relación directa entre la PIO y la altitud, con una diferencia de casi 2mmHg entre los pisos altitudinales.

**Palabras claves:** Presión intraocular. Tonómetro. Altitud. mmHg. Uveítis. Glaucoma.



## Abstract

Intraocular pressure (IOP) is the result of the balance between the production and elimination of aqueous humor within the eyeball. Rebound tonometry measures IOP and allows early diagnosis and proper treatment of eye diseases, mainly: glaucoma or uveitis. Basal IOP values can vary due to intrinsic factors such as age, sex or breed of the dog and extrinsic factors such as: altitude or atmospheric pressure of the environment taken from meters above sea level (m.a.s.l). The objective of this study is to evaluate IOP using a tonometer (Tonovet Plus ®) in adult dogs between 2 to 6 years without ocular alterations in two altitude floors (2525msnm and 319msnm). We included 45 healthy dogs from two cities of Ecuador and grouped according to sex and size. IOP values of the right eye (IOPRE) and IOP of the left eye (IOPLE) were analyzed separately. A positive correlation of 0.71 was found between IOPRE and IOPLE. The mean IOP of the right eye was  $20.72 \pm 2.34$  mmHg (mean  $\pm$  SD) and the IOP in left eye was  $20.33 \pm 2.68$  mmHg (mean  $\pm$  SD). IOP at 2525 masl was  $21.84 \pm 0.32$  (mean $\pm$ S.E.), while at 319 masl was  $19.55 \pm 0.31$  (mean $\pm$ S.E.). The IOP of the dogs evaluated in our study is statistically significant and is related to the altitude floor ( $P < 0.05$ ), however, there is no differences in relation to sex or size. Our study showed that there is a direct relationship between IOP and altitude, with a difference of almost 2mmHg between altitude floors.

**Keywords:** Intraocular pressure. Tonometer. Altitude. mmHg. uveitis. Glaucoma.



## Índice del Trabajo

Resumen .....	2
Abstract .....	3
Índice de figuras.....	6
Índice de tablas.....	7
Índice de anexos .....	8
Cláusula de licencia y autorización para publicación en el repositorio institucional.....	9
Cláusula de propiedad intelectual .....	11
Agradecimientos .....	13
Dedicatoria .....	14
Acrónimos.....	16
Capítulo 1: Introducción .....	17
1.1 Objetivos.....	18
1.1.1 Objetivo General.....	18
1.1.2 Objetivos Específicos.....	18
Capítulo 2: Revisión de Literatura .....	19
2.1 Anatomía y Fisiología del ojo .....	19
2.1.1 Órbita.....	19
2.1.2 Musculatura del ojo .....	20
2.1.3 Párpados .....	20
2.1.4 Glándulas anexas al ojo.....	21
2.1.5 Conjuntiva.....	22
2.1.6 Sistema nasolagrimal del ojo .....	22
2.1.7 Córnea.....	23
2.1.8 Esclerótica.....	23
2.1.9 Úvea.....	24
2.1.10 Tapetum.....	24
2.1.11 Humor Acuoso .....	24
2.1.12 El Cristalino .....	25
2.1.13 Humor vítreo.....	26
2.1.14 Retina.....	26
2.2 Presión Intraocular.....	26
2.3 Factores que afectan la PIO .....	28



2.4 Hipertensión e hipotensión intraocular .....	28
2.5 Presión Atmosférica y su relación con la PIO .....	29
2.6 Examen Clínico Oftalmológico .....	29
2.6.1 Prueba de respuesta a la amenaza .....	30
2.6.2 Prueba de reflejo Palpebral .....	30
2.6.3 Reflejo de Deslumbramiento .....	30
2.6.4 Reflejo Fotomotor Pupilar.....	31
2.6.5 Test de Schirmer .....	31
2.7 Tonometría .....	31
2.7.1 Tipos de Tonometría .....	32
Capítulo 3: Materiales y Métodos.....	34
3.1 Materiales.....	34
3.1.1 Materiales Físicos.....	34
3.1.2 Materiales Biológicos .....	34
3.2 Métodos.....	34
3.2.1 Área de estudio.....	34
3.2.2 Procedimiento para la obtención de PIO .....	35
3.2.3 Análisis de investigación .....	36
Capítulo 4: Resultados .....	38
Capítulo 5: Discusión.....	41
Capítulo 6: Conclusiones.....	45
Capítulo 7: Recomendaciones.....	45
Capítulo 8: Referencias .....	46
Capítulo 9: Anexos .....	52



## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Anatomía esquemática del ojo canino. En la ilustración se representa la organización de las estructuras internas y externas del ojo de un perro (Esson, 2015).....	19
<b>Figura 2.</b> Esquema de ubicación de los músculos extraoculares (inervación de cada uno) (Turner, 2010).....	20
<b>Figura 3.</b> Esquema de ubicación de los músculos de los párpados. A: Ligamento medial palpebral; B: m. orbitario; C: m. elevador angular ocular medial; D: m. elevador palpebral ; E: m frontal; F: m. orbicular; G: m. retractor angular; H: m. malar (Murphy et al., 2012; Tista et al., 2020). ....	21
<b>Figura 4.</b> Esquema anatomía de los párpados y estructuras del ojo (Turner, 2010).....	22
<b>Figura 5.</b> Esquema del sistema nasolagrimal del ojo canino. En la ilustración las flechas representan el mecanismo de producción, distribución y eliminación de la lágrima; a: glándula lágrima; b: túbulos hidroftálmicos; c: punctus; d: ductus; e: seno lagrimal; f: conducto nasolagrimal (Peiffer y Petersen, 1998).....	23
<b>Figura 6.</b> Esquema de corte transversal de una córnea normal del ojo canino (Turner, 2010). ....	23
<b>Figura 7.</b> Esquema circulación del humor acuoso en el interior del ojo. A: Las flechas representan el mecanismo de producción, distribución y eliminación del humor acuoso. B: Ampliación del ángulo iridocorneal muestra las estructuras de drenaje del humor acuoso (Romera, 2018).....	25
<b>Figura 8.</b> Esquema de mecanismos de formación de humor acuoso para PIO. Las flechas representan el mecanismo de producción, distribución y eliminación del humor acuoso (Kaufman y Tan, 2009). ....	27
<b>Figura 9.</b> Mapa de la clínica veterinaria “Bojorque” Google Maps, 2021 .....	35
<b>Figura 10.</b> Mapa de la clínica veterinaria “Scooby Doo” Google Maps, 2021 .....	35
<b>Figura 11.</b> Comparación de la PIOD (eje x) y PIOI (eje y) de las lecturas obtenidas con el Icare TonoVet Plus en los 180 ojos de los 90 perros del estudio; los puntos indican las lecturas tomadas en los perros y la línea indica la tendencia de dependencia positiva de las variables, cuando la una aumenta la otra también.....	39



## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Tabla de los pesos a tomar en cuenta para clasificación de los pacientes que entren en el estudio .....	37
<b>Tabla 2.</b> Estadísticos descriptivos de los 180 ojos en los 90 perros en los dos pisos altitudinales (Santo Domingo, Cuenca) del estudio según la edad, peso, PIOD y PIOI .....	38
<b>Tabla 3.</b> Estadísticos descriptivos de la presión intraocular (mmHg) en los 90 perros según la ciudad de Santo Domingo y en la ciudad de Cuenca.....	38
<b>Tabla 4.</b> Análisis de varianza de la presión intraocular según la ciudad (altitud), el sexo y tamaño.....	39
<b>Tabla 5.</b> Media y Error estándar de los valores de PIO en ambos ojos según el piso altitudinal .....	40



## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Hoja de campo (ficha de registro) empleada en los pacientes del estudio.....	52
<b>Anexo 2.</b> Estadísticos descriptivos de la PIOD y PIOI con respecto al sexo en los perros de los dos pisos altitudinales.....	53
<b>Anexo 3.</b> Estadísticos descriptivos de la PIOD y PIOI con respecto al sexo y pisos altitudinales de los perros.....	53
<b>Anexo 4.</b> Estadísticos descriptivos de la PIOD y PIOI con respecto al tamaño en los perros de los dos pisos altitudinales.....	53





Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio  
Institucional

---

Yo, Arelis Itzel Rodas Zambrano en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**Comparación de la presión intraocular (PIO) con Tonovet Plus en perros adultos clínicamente sanos en dos pisos altitudinales**", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita e intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto al Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 25 de abril del 2022.

---

Arelis Itzel Rodas Zambrano

C.I.: 2300285554



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio  
Institucional

---

Yo, Samantha Lucía Peralta Bojorque en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**Comparación de la presión intraocular (PIO) con <sup>®</sup>Tonovet Plus en perros adultos clínicamente sanos en dos pisos altitudinales**", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita e intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto al Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 25 de abril del 2022.

---

Samantha Lucía Peralta Bojorque

C.I.: 0105703029



## Clausula de Propiedad Intelectual

---

Yo, Arelis Itzel Rodas Zambrano en calidad de autora y titular del trabajo de titulación **“Comparación de la presión intraocular (PIO) con <sup>®</sup>Tonovet Plus en perros adultos clínicamente sanos en dos pisos altitudinales”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Cuenca, 25 de abril del 2022.

---

Arelis Itzel Rodas Zambrano

C.I.: 2300285554



## Clausula de Propiedad Intelectual

---

Samantha Lucía Peralta Bojorque en calidad de autora del trabajo de titulación **“Comparación de la presión intraocular (PIO) con <sup>®</sup>Tonovet Plus en perros adultos clínicamente sanos en dos pisos altitudinales”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Cuenca, 25 de abril del 2022.

---

Samantha Lucía Peralta Bojorque

C.I.: 0105703029



## **Agradecimientos**

A lo largo de nuestras vidas, con la bendición de Dios, nos hemos encontrado, con personas que fundamentalmente incidieron en nuestro desarrollo, en lo personal y profesional; por ello, queremos agradecer por habernos guiado en cada paso y ayudado a vencer dificultades, de manera particular en el periodo universitario.

A nuestras familias, padres, madres y hermanas por acompañarnos en todo momento y por el sostén incondicional que nos brindaron, para convertirnos en médicos veterinarios zootecnistas.

Un agradecimiento especial para los profesionales Mvz. Priscila Bojorque y Mvz. Ángel Narváez, quienes nos abrieron las puertas de sus clínicas veterinarias: “Bojorque” y “Scooby Doo” para el desarrollo de esta investigación, ya que, con su disposición y tiempo, fue posible dar este, primer gran, paso en nuestras carreras.

A los docentes que nos formaron, con el generoso y calificado aporte de sus conocimientos, los que aplicaremos en nuestra vida profesional, quedamos de ustedes muy reconocidas.

**Arelis y Samantha**



## **Dedicatoria**

Esta tesis está dedicada a los pilares fundamentales de mi vida, mi madre y mi tía, Temis y Teresa, por su guía y apoyo incondicional en mis decisiones, en mis pequeños y grandes logros.

A mis hermanas y familia, quienes han estado a mi lado y me han brindado el soporte emocional idóneo, para afrontar con éxito cada situación.

Sin el amor y la paciencia de todos no sería posible este mérito, así que simplemente gracias.

**Arelis Rodas Zambrano**



## **Dedicatoria**

Dedico con todo mi corazón mi tesis a Dios y a mi familia, en especial a mis padres Miguel y Priscila quienes con su amor y paciencia me apoyaron incondicionalmente y me acompañaron a lo largo del camino para culminar mi carrera.

**Samantha Peralta B.**



**Acrónimos.**

**PIO:** Presión intraocular

**PIOD:** Presión intraocular en ojo derecho

**PIOI:** Presión intraocular en ojo izquierdo

**mmHg:** Milímetros de mercurio

**msnm/ mals:** Metros sobre el nivel del mar / Meters above sea level

**Hr:** Humedad relativa

**°C:** Grados Celsius

**SLA:** Sin lesiones aparentes

**TLLC:** Tiempo de llenado capilar





## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Un principio fundamental para la supervivencia de los seres vivos recae en el funcionamiento adecuado de los órganos de los sentidos (Tista et al., 2020). En los animales, la visión es un instrumento indispensable para la alimentación, desplazamiento de un lugar a otro y para la protección de sus crías (G. Cattaneo, 2007). En el perro el órgano de la visión es un complejo neuroanatómico que está diseñado para la caza, aunque no tiene gran agudeza visual de detalles, la percepción de movimientos resulta útil para la relación con el entorno (Maggs et al., 2013). Las mascotas no muestran signos de afección visual o de ceguera hasta que es demasiado tarde, es decir, se detecta cuando ya han perdido un 80% de su capacidad visual, por lo que realizar estudios aplicando técnicas diagnósticas actuales se vuelve una necesidad y es una contribución enorme en la clínica diaria (Del Sole, 2014).

La medición de la PIO es una técnica esencial para el diagnóstico y monitoreo de enfermedades oculares, además contribuye en el tratamiento y pronóstico de las mismas. Las variaciones de la PIO se asocian a un curso agudo o crónico de enfermedades oculares o sistémicas, que de alguna manera han afectado la funcionalidad del órgano (Clode, 2019; Grozdanic et al., 2007; Jayson et al., 2014; Nebbioso et al., 2014; Pumphrey, 2015). Enfermedades de alta casuística como el glaucoma y uveítis surgen a partir de una alteración prolongada en la PIO.

Por un lado, el glaucoma se asocia a una PIO más alta, por lo que se contempla como una urgencia médica que causa daños irreversibles si no se recibe tratamiento oportuno. El glaucoma en Norteamérica afecta al 1,7% de los perros (Gelatt y Mackay, 2004), en Reino Unido afecta a un 0,89% de la población canina que acude a consulta oftalmológica (Gelatt y Mackay, 1998), y hoy por hoy su prevalencia va en aumento. Esta enfermedad puede asociarse con el tamaño del perro en un 5,12% a razas grandes, 2,85% a razas medianas y 1,5% a razas pequeñas (Gelatt y Mackay, 2004; Zibura et al., 2020). Por otro lado, la uveítis, según Maruri por sí sola representa el 50% de los casos de patologías oftalmológicas no corneales que se atienden en la clínica diaria, en pacientes de edad avanzada y asociada a una PIO más baja (Maruri, 2020).

La variabilidad en parámetros entre individuos es algo inherente en los seres vivos, y el globo ocular no es la excepción, que pueden presentar amplias diferencias dentro de una misma



población, como pueden ser la PIO, el diámetro corneal o la profundidad de la cámara anterior (Maggs et al., 2013). Estos parámetros son susceptibles a variar en función a factores individuales como la edad o la raza, variables externas o ambientales como la luz o el estrés, entre otros (Alvarado et al., 2018; Garzón, 2019). Las variaciones de PIO debido a factores externos como temperatura, humedad relativa y presión atmosférica propias de la zona en la que habita el perro, no han sido muy estudiadas, aunque se reconoce que bajo estas condiciones existe una variación de presión sanguínea arterial y venosa que puede relacionarse con la PIO (Garzón, 2019; Saavedra, 2012).

Considerando que actualmente, no hay antecedentes de tonometría en la especie canina dentro de las regiones del Ecuador, el objetivo de este estudio es establecer valores referenciales de PIO bajo nuestras condiciones atmosféricas, en caninos que habiten en diferentes pisos altitudinales, para utilizarlo como una fuente de información para el diagnóstico temprano y oportuno de enfermedades oculares.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

Analizar la presión intraocular en perros adultos sin alteraciones oculares aparentes a diferentes alturas sobre el nivel del mar, a través del uso del tonómetro (@Tonovet Plus).

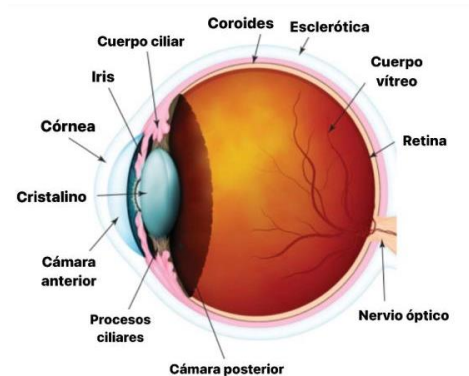
### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar la presión intraocular promedio de caninos de entre 2 a 6 años sin alteraciones oculares con tonometría de rebote, según el sexo, el tamaño a 2525 msnm y 319msnm
- Comparar el resultado de las mediciones de presión ocular en perros sanos de entre 2 a 6 años en dos pisos altitudinales (2525 y 319 msnm)

## CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Anatomía y Fisiología del ojo

El ojo canino está compuesto por diversas estructuras (figura 1), las cuales se encargan de la protección, acomodamiento, nutrición y guía ante cualquier estímulo para interactuar con el medio que lo rodea (Lau-Choleón, 2002).



**Figura 1.** Anatomía esquemática del ojo canino. En la ilustración se representa la organización de las estructuras internas y externas del ojo de un perro (Esson, 2015).

#### 2.1.1 Órbita

La órbita o cavidad orbitaria es en donde se alojan los tejidos blandos que rodean al ojo, actúa como una cueva protectora que contiene a los globos oculares y sus anexos. En la mayoría de perros el campo visual es aproximadamente de 250 grados y la visión binocular se limita a los 60 grados centrales (Murphy et al., 2012). La ubicación del ojo en el cráneo de los animales suele estar correlacionada con la evolución de su dieta a través de los siglos, ya que por naturaleza los animales son cazadores y presas. En los herbívoros los ojos son laterales lo que restringe su visión binocular al frente, mientras que en los carnívoros los ojos son frontales, con una superposición de campos visuales que les dan una buena visión binocular para la percepción de profundidad (Charles, 2010).

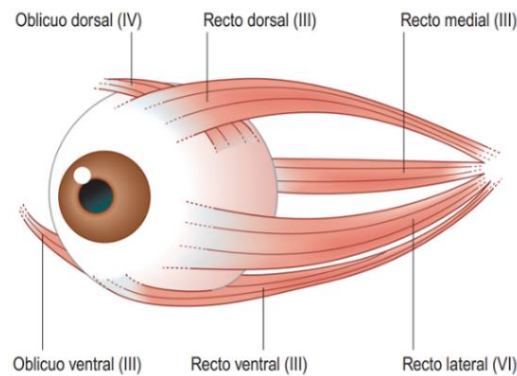
La órbita canina y felina está formada por contribuciones de los huesos frontal, palatino, lagrimal, maxilar, cigomático y preesfenoidal (Saldaña, 2019). En el perro, el tamaño de la órbita varía con el tipo de cráneo y el tamaño del perro, además la posición del globo en la órbita se ve dramáticamente afectada por el tipo de cráneo (Charles, 2010).

En los perros la pared medial y una porción del techo de la órbita son óseos, mientras que parte del piso y los laterales están formados de tejido blando. La órbita al estar incompleta a

nivel supratemporal, forma un puente que es ocupado por el ligamento orbital denso que cubre los espacios entre el proceso frontal del hueso cigomático y el proceso cigomático del hueso frontal (Peiffer y Petersen, 1998). La órbita propiamente dicha está delimitada dorsolateralmente por la superficie medial del músculo temporal (Murphy et al., 2012).

### 2.1.2 Musculatura del ojo

Peiffer y Petersen en 1998 indicaron que en el ojo del perro existen siete músculos extraoculares: cuatro músculos rectos ubicados dorsal, ventral, medial y lateral, dos músculos oblicuos que permiten el movimiento del ojo en todas las direcciones y un músculo bulbo retractor que atrae el ojo hacia la órbita para su protección y permite pasivamente que el tercer párpado se mueva por todo el globo ocular (figura 2) (Murphy et al., 2012).



**Figura 2.** Esquema de ubicación de los músculos extraoculares (inervación de cada uno) (Turner, 2010).

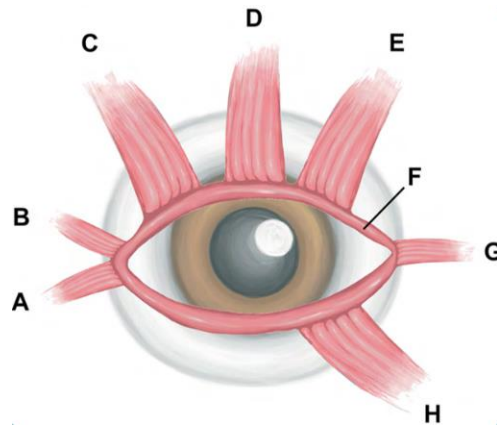
Los músculos están inervados por los pares craneales oculomotor (III), troclear (IV) y abducens (VI) y la división oftálmica del nervio craneal trigémino (V) (Peiffer y Petersen, 1998; Turner, 2010). La irrigación del ojo está dada por la vena orbitaria y la anastomosis arterial que atraviesa la fisura orbitaria. La inervación de las estructuras orbitarias internas del ojo está dada por el nervio óptico, irrigación de la arteria y venas oftálmicas internas que atraviesan por el agujero óptico (Charles, 2010).

### 2.1.3 Párpados

Los párpados se ubican sobre la superficie externa del globo ocular, la piel es más delgada, móvil y flexible que en otras partes del cuerpo (Lau-Choleón, 2002). Es la primera barrera contra algún daño mecánico, impide el paso excesivo de luz hacia el interior y participan en la elaboración y distribución de la película lagrimal (Tista et al., 2020). La maduración total

del ojo ocurre aproximadamente a los 15 días después del nacimiento, antes de esto los márgenes de los párpados están fusionados (Murphy et al., 2012).

Los párpados están formados por un par de pliegues musculocutáneos que en el borde libre están unidos en puntos denominados comisuras (una medial y otra lateral), debajo de la piel se encuentra una capa de tejido cartilaginosa denominada cartílago tarso que brinda la rigidez de los párpados y sobre la superficie bulbar se encuentran los puntos lagrimales inferior y superior (Tista et al., 2020). Las pestañas se ubican sobre el margen palpebral superior y carecen en el margen palpebral inferior su función es de protección (figura3) (Lau-Choleón, 2002).



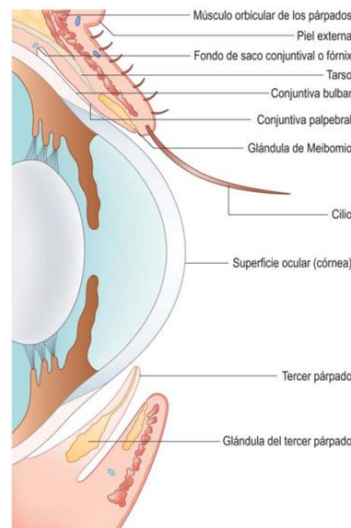
**Figura 3.** Esquema de ubicación de los músculos de los párpados. A: Ligamento medial palpebral; B: m. orbitario; C: m. elevador angular ocular medial; D: m. elevador palpebral ; E: m. frontal; F: m. orbicular; G: m. retractor angular; H: m. malar (Murphy et al., 2012; Tista et al., 2020).

#### 2.1.4 Glándulas anexas al ojo

Existen tres tipos de glándulas ubicadas en la superficie palpebral del ojo que forman la capa lipóide de la película lagrimal precorneal y contribuye a la protección del ojo. Las glándulas de Meibomio son de tipo sebáceas, de gran tamaño y se encuentran ubicadas en el tarso; las glándulas de Zeis son sebáceas rudimentarias y se relacionan con los folículos pilosos de las pestañas (figura 4). Por otro lado, se encuentran las glándulas de Moll que son sudoríparas de estructura simple ubicadas próximas a la base de las pestañas, junto a las glándulas de Wolfring y Krause son accesorias lagrimales que apoyan la formación de la parte acuosa de las lágrimas (G. Cattaneo, 2007).

### 2.1.5 Conjuntiva

La conjuntiva es una membrana mucosa delgada que recubre la superficie posterior de los párpados (conjuntiva palpebral) y se extiende hacia adelante del fondo de saco o receso hacia el globo ocular (conjuntiva bulbar) (figura 4) (Charles, 2010). Su función es proteger de agentes extraños e interviene en la formación de la lágrima y brinda defensa inmunológica. El tercer párpado es un pliegue de conjuntiva en forma de T que en su base contiene una glándula nictitante responsable de la producción de una parte de la película lagrimal. Esta estructura proporciona protección al ojo y lo humecta, se desliza durante el parpadeo distribuyendo la película lagrimal en el globo ocular y limpiando residuos (Turner, 2010).

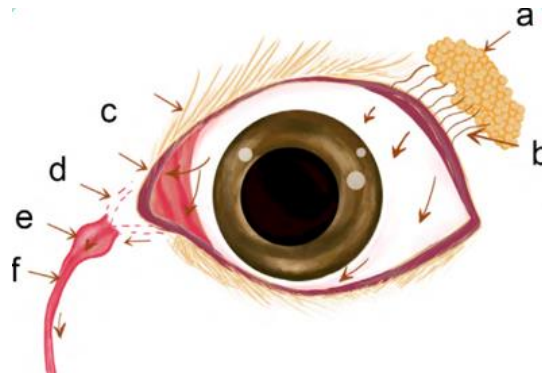


**Figura 4.** Esquema anatomía de los párpados y estructuras del ojo (Turner, 2010).

### 2.1.6 Sistema nasolagrimal del ojo

Es el sistema encargado de la producción de la lágrima y de su recorrido sobre la superficie del ojo hasta la eliminación de la lágrima hacia las fosas nasales (figura5). El mecanismo de acción inicia en la glándula lagrimal principal que produce del 60 al 75% de la lágrima compuesta de 98.3% de agua, 1% de sales y 0.7% de proteínas y glicoproteínas, mientras que en la glándula del tercer párpado se produce entre el 30 y 40 % faltante de la lágrima; el total se mezcla con la producción de mucina y parte acuosa que producen las glándulas accesorias que se encuentran en el párpado superior, mientras los túbulos hidroftálmicos drenan la lágrima al borde del párpado superior, que luego es distribuida sobre la córnea durante el parpadeo; los punctus lagrimales son dos pequeños orificios en la comisura

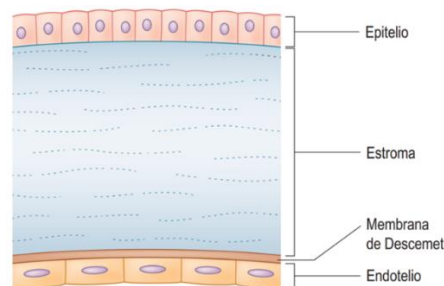
o ángulo medial de los párpados, que se unen por medio de los ductus lagrimales al seno lagrimal para pasar a la cavidad nasal mediante el conducto nasolagrimal (Tista et al., 2020).



**Figura 5.** Esquema del sistema nasolagrimal del ojo canino. En la ilustración las flechas representan el mecanismo de producción, distribución y eliminación de la lágrima; a: glándula lagrimal; b: túbulos hidrofálquicos; c: punctus; d: ductus; e: seno lagrimal; f: conducto nasolagrimal (Peiffer y Petersen, 1998).

### 2.1.7 Córnea

Es la porción externa anterior del ojo completamente avascular, transparente con cubierta fibrosa que posee una llamativa capacidad cicatrizal, además es la zona más inervada del organismo (Maggs et al., 2013). Posee cinco capas: película lagrimal, epitelio precorneal, estroma, membrana Descemet y endotelio corneal (figura 6). La córnea y la esclera constituyen la capa externa o túnica fibrosa del ojo y posee en los caninos una forma elíptica con un radio de curvatura promedio de 8,5 mm y un rango del radio de curvatura horizontal 13 mm a 17 mm y vertical de 12 a 16 mm (Molleda, 2009).



**Figura 6.** Esquema de corte transversal de una córnea normal del ojo canino (Turner, 2010).

### 2.1.8 Esclerótica

La esclerótica es la porción más grande de la capa externa del globo ocular ocupando cuatro quintas partes de la misma, posee tres capas: la epiesclerótica, la esclerótica propia y la





lámina fusca. La esclerótica va a variar en espesor según las especies, en el perro tiene menos de un milímetro de grosor. Su función es la de proteger al globo ocular está compuesta de fibras colágenas y elásticas muy duras y resistentes que son capaces de soportar traumatismos y de mantener la forma del globo ocular. La esclerótica presenta forámenes que permiten el paso de nervios y elementos vasculares, además sustenta las inserciones de los músculos que permiten el movimiento del ojo (Cattaneo et al., 2008)

### **2.1.9 Úvea**

La úvea forma la túnica vascular del ojo, suele estar pigmentada y está formada por tres partes: el iris, el cuerpo ciliar y el coroides (Lau-Choleón, 2002; Turner, 2010). El iris es la túnica vascular y divide el compartimento ocular en cámara anterior y posterior, las cuales se comunican a través de la pupila (Lau-Choleón, 2002). El cuerpo ciliar se ubica atrás del iris y juntos forman la úvea anterior, por la parte posterior se prolongan los procesos ciliares que se funde luego con la retina (Martín et al., 2012; Turner, 2010). La parte posterior de la úvea lo forma el coroides situado entre la esclera y la retina, está compuesta por capas que contiene vasos sanguíneos junto con tejidos pigmentados, dentro de los que está el tapetum lucidum (Peiffer y Petersen, 1998; Turner, 2010). El Iris controla la cantidad de luz que ingresa al ojo modificando el tamaño pupilar, el cuerpo ciliar ayuda en el acomodamiento para la visión cercana y el coroides nutre las capas de retinales externas (Garzón, 2019).

### **2.1.10 Tapetum**

El tapetum lucidum se encuentra dentro de la parte dorsal del coroides, está compuesto por células con riboflavina y zinc muy organizadas que le dan un aspecto refractante. El color del tapetum va a variar conforme pasan los años y el animal envejece, también variará según la raza y especie (Peiffer y Petersen, 1998). Se trata de una capa parecida a un espejo (responsable del brillo de los ojos de los perros y gatos) que sirve para estimular los fotorreceptores retinianos aumentando la sensibilidad visual en condiciones de poca luz (Turner, 2010).

### **2.1.11 Humor Acuoso**

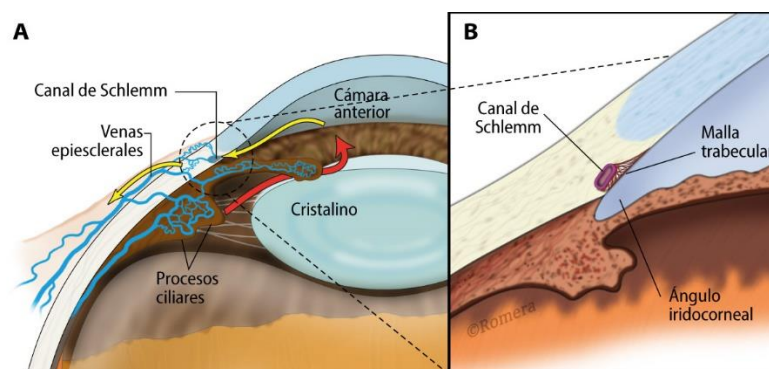
Es un líquido claro que carece de células y proteínas, brinda rigidez, volumen y forma al globo ocular (Lau-Choleón, 2002). El humor acuoso, facilita el aporte de oxígeno y la eliminación de los desechos metabólicos de las estructuras transparentes que carecen de vasos sanguíneos como la córnea, el cristalino y la red trabecular (Molleda, 2009). El perro posee el



volumen estimado de humor acuoso en la cámara anterior es de 0,4 ml y de 0,2 ml en la cámara posterior (Saavedra, 2012).

La formación del humor acuoso en el cuerpo ciliar del iris ocurre en los capilares del estroma ciliar situados en la úvea, que al ser fenestrados permite el rápido intercambio de solutos desde la sangre (Martín et al., 2012). El humor acuoso fluye hacia la cámara posterior alrededor del cristalino, en este proceso se intercambian metabolitos entre la córnea y el cristalino, luego transcurre entre los ligamentos pectinados e ingresa a la red trabecular para su drenaje en la cámara anterior del ojo, a través de esta malla llega a los vasos del plexo venoso (venas episclerales) para así intercambiar solutos en el sistema venoso (Lau-Choleón, 2002; Turner, 2010).

La mayor parte del drenaje en el perro y en el gato tiene lugar a través de las estructuras que se encuentran en el punto de unión entre la base del iris y el tejido corneoescleral, a esta región también se la denomina con frecuencia ángulo iridocorneal (Garzón, 2019). Con frecuencia para mantener un equilibrio entre la producción y el drenaje del humor acuoso, el cuerpo ciliar puede aumentar o disminuir el drenaje para que las barreras fisiológicas y morfológicas generen la presión intraocular (Kaufman y Tan, 2009).



**Figura 7.** Esquema circulación del humor acuoso en el interior del ojo. A: Las flechas representan el mecanismo de producción, distribución y eliminación del humor acuoso. B: Ampliación del ángulo iridocorneal muestra las estructuras de drenaje del humor acuoso (Romera, 2018).

### 2.1.12 El Cristalino

Es un cuerpo biconvexo, avascular y transparente su función es la de enfocar una óptima imagen sobre la retina (Lau-Choleón, 2002). Se ubica detrás del iris y está sostenido por las



fibras zonulares originadas en los procesos ciliares, divide el ojo en sus segmentos anterior y posterior (figura 7). Consta de la cápsula, el epitelio del cristalino y las fibras cristalinas y está formado de un 65% de agua y de un 35% de proteínas, que se dividen en proteínas cristalinas solubles (90%) y cristaloides insolubles (Turner, 2010).

### **2.1.13 Humor vítreo**

El cuerpo vítreo carece de irrigación vascular y linfática, es un gel complejo formado por agua en un 99% y por fibrillas de colágeno, hialocitos y mucopolisacáridos (Lau-Choleón, 2002; Maggs et al., 2013). Es más denso que el humor acuoso y se encuentra ubicado entre la cara posterior del cristalino y la superficie interna de la retina ocupa aproximadamente el 80% del volumen del ojo. Su función principal es la de cicatrización ante la respuesta a estímulos, da forma al globo ocular y se le atribuye un significativo papel en la refracción de la luz (Maggs et al., 2013).

### **2.1.14 Retina**

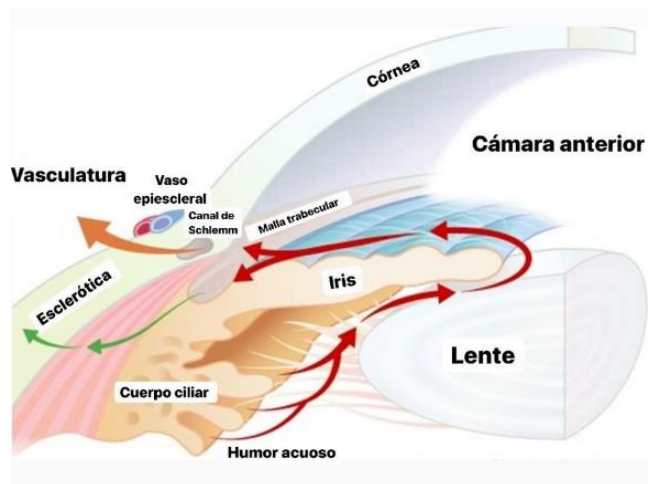
Se define como “Una membrana delgada delicada y transparente la cual se conecta a través del nervio óptico con la corteza visual mediante el quiasma óptico, cintillas ópticas y el cuerpo geniculado lateral” (Lau-Choleón, 2002). Caracterizada por ser una estructura fotosensorial compleja con conexiones neuronales que comprenden fotorreceptores los cuales hacen sinapsis con las células bipolares, los bastones y conos, estos tienen fotopigmentos que producen energía química ante una exposición lumínica. La energía luego se convierte en energía eléctrica que es transmitida por la corteza visual para la interpretación de la visión (Maggs et al., 2013).

## **2.2 Presión Intraocular**

Bajo condiciones normales la cantidad de humor acuoso que se produce es directamente proporcional a la cantidad de humor acuoso que se elimina, así se mantiene la PIO en niveles constantes (Lau-Choleón, 2002). En la formación de humor acuoso intervienen tres mecanismos: difusión, ultrafiltración y transporte activo, considerándose este último el más importante (Kaufman y Tan, 2009; Martín et al., 2012), mientras que el drenaje se puede dar por dos vías: vía convencional (dependientes de la presión) o vía no convencional (independientes de la presión) (Maggs et al., 2013; Martín et al., 2012).

La producción de humor acuoso se da por la difusión hidrostática y la ultrafiltración pasiva mediada por un gradiente osmótico, que se produce en primera instancia en el epitelio no pigmentario y el pigmentario del cuerpo ciliar, por lo que el transporte de solutos se da a través de estrechas uniones intracelulares, hasta que finalmente el epitelio no pigmentario mediante un proceso de secreción activa de solutos es el encargado de generar la composición adecuada del humor acuoso que es secretado a la cámara anterior del ojo (figura 8) (Martín et al., 2012; Molleda, 2009; Pirie et al., 2011).

En la vía convencional se drena del 80 a 90% del humor acuoso, a través de las capas de la malla trabecular: úveoescleral, corneoesclerar y cribiforme, hasta entrar en el canal de Schlemm (plexo venoso), desde aquí atraviesan el endotelio por dos rutas: la intercelular (a través de estrechos espacios intercelulares) y la transcelular (a través de vacuolas y poros en las células), estas rutas son dependientes de la PIO, es decir, el flujo de salida aumenta cuando la PIO se incrementa (Martín et al., 2012). Por otro lado, la vía no convencional o úveoescleral drena entre 10 a 20% del humor acuoso, a través del ángulo iridocorneal, ya que no existe una barrera epitelial entre la cámara anterior y el músculo ciliar, por lo que el humor acuoso puede fluir por los haces musculares, entrar en el espacio supracoroideo y supraciliar hasta alcanzar la esclera; esta ruta es insensible a la PIO (Maggs et al., 2013).



**Figura 8.** Esquema de mecanismos de formación de humor acuoso para PIO. Las flechas representan el mecanismo de producción, distribución y eliminación del humor acuoso (Kaufman y Tan, 2009).



La presión sanguínea es el factor más importante en la formación del humor acuoso, y por ende de la mantención de la PIO, ya que la presión sanguínea facilita el flujo hacia el capilar ciliar y la pared capilar (Lau-Choleón, 2002). El drenaje puede verse afectado con el aumento de edad y el glaucoma, además de cambios de temperatura, concentración de oxígeno en sangre o el uso de medicamentos (Martín et al., 2012).

### **2.3 Factores que afectan la PIO**

En el perro la PIO oscila entre los 15 y 25 mmHg (Saavedra, 2012; TONOVET, n.d.). La variación de PIO fundamentalmente se debe a dos grupos de factores, uno es el grupo de factores externos al individuo, principalmente provocados por el tipo de instrumento utilizado, maniobra utilizada, aplicador, estrés, entre otros; y el otro grupo se debe a factores propios de cada individuo de acuerdo a su origen como: variaciones de carácter fisiológico, patológico o por administración de fármacos tópicos o sistémicos (Garzón, 2019; Molleda, 2009; Saldaña, 2019); es más las variaciones pueden surgir incluso a partir de herencia poligenética y multifactorial, por ejemplo, en pacientes gerontes la PIO es mayor mientras que en pacientes neonatos y cachorros es menor, con respecto al rango normal, debido a predisposición de enfermedades o variaciones propias de la edad (Garzón, 2019).

### **2.4 Hipertensión e hipotensión intraocular**

La hipertensión ocular o aumento de la PIO puede ser causado por enfermedades que obstaculicen la salida del humor acuoso, por lo general se acompaña de una PIO elevada por encima de 25 mmHg, lo que desencadena la degeneración del nervio óptico y la disfunción de las células ganglionares de la retina, produciéndose una ceguera irreversible (daño glaucomatoso) (Moreno, 2012; Park et al., 2011; Saavedra, 2012). La PIO es un factor importante en la evolución y desarrollo del glaucoma, y es considerado el único factor causal potencialmente modificable para prevenir esta enfermedad sin cura (Lau-Choleón, 2002; Saavedra, 2012). Se ha demostrado la asociación de glaucoma con las enfermedades sistémicas ligadas a hipotensión arterial sistémica, hipertensión arterial sistémica, diabetes mellitus, cardiopatías isquémicas, hipoadrenocorticismo, deshidratación, shock hipovolémico, entre otras; así mismo el glaucoma puede asociarse a enfermedades oculares frecuentes como: uveítis, luxación del cristalino, cataratas, desprendimiento de retina y neoplasias (Lau-Choleón, 2002; Pumphrey, 2015).



Las situaciones de hipotensión intraocular más comunes, que disminuyen la producción de humor acuoso y por ende la PIO (Gelatt y Mackay, 2004; Zibura et al., 2020), se presentan en patologías de separaciones retinales y uveítis, además de otras condiciones como las inflamaciones oculares espontáneas o postquirúrgicas del ojo (Clode, 2019; Lau-Choleón, 2002; Saavedra, 2012), por lo general se acompaña de una PIO menor a 10mmHg (TONOVET, n.d.).

### **2.5 Presión Atmosférica y su relación con la PIO**

La presión atmosférica es la fuerza ejercida por el aire sobre cualquier punto de la atmósfera terrestre, el peso de la atmósfera disminuye a medida que la altura aumenta y por consiguiente el oxígeno ambiental es escaso cuando existe gran altitud, a este fenómeno se lo denomina hipoxia hipobárica (Alvarado et al., 2018; Trapani, 2018).

La exposición de un organismo a la altura puede clasificarse de acuerdo al tiempo en: aguda, crónica o crónica intermitente; una exposición crónica puede generar adaptaciones orgánicas como la elevación del hematocrito y de la capacidad ventilatoria como método compensatorio ante la hipoxia, estos parámetros hematológicos están directamente relacionados con la presión arterial (Alvarado et al., 2018; Saavedra, 2012; Van De Veire et al., 2008).

Se sabe poco acerca de las consecuencias que surgen en la salud ocular al exponerse a factores externos como la presión atmosférica y la temperatura, no obstante, los informes resultan en hemorragia retiniana a gran altitud o efectos secundarios sistémicos, como aumento de la presión arterial o efectos cardíacos que conduzcan al mal de altura (Cymerman et al., 2000; Lau-Choleón, 2002; Van De Veire et al., 2008). Se ha descrito acerca de la influencia de la altitud sobre la presión sanguínea arterial y venosa que está directamente relacionada con la presión episcleral del globo ocular y por ende puede alterar la PIO (Garzón, 2019; Saavedra, 2012). Aunque existe mucha controversia acerca de la relación entre la PIO y la altura, la evidencia sugiere una relación inversamente proporcional entre ambas presiones (Cymerman et al., 2000; Saavedra, 2012; Van De Veire et al., 2008).

### **2.6 Examen Clínico Oftalmológico**

El ojo es el único órgano del cuerpo en el que se puede observar y valorar directamente los vasos sanguíneos y el estado del sistema nervioso central de manera simultánea en ambos



ojos (Turner, 2010). El examen oftalmológico es una revisión sistemática y exhaustiva del ojo que debe acompañarse de una buena anamnesis, reseña y exploración física completa para el diagnóstico de enfermedades oculares (Gelatt, 1999). Durante el examen, un aspecto indispensable es el control de la iluminación ya que permite valorar la simetría pupilar y realizar las pruebas de sorteo de obstáculos en condiciones fotópicas y de baja intensidad lumínica (Turner, 2010).

Existen pruebas complementarias para valorar ciertos parámetros que no abarca el examen oftalmológico básico como: el test de Schirmer que mide producción lagrimal, el test de fluoresceína para detectar úlceras o permeabilidad de conducto nasolagrimal y la tonometría, que es una prueba imprescindible en todas las exploraciones oculares cuando se tiene signos de daño ocular o se sospecha de glaucoma (Charles, 2010; Gelatt, 1999).

### **2.6.1 Prueba de respuesta a la amenaza**

Según Turner dentro de esta prueba se evalúa el nervio óptico y el nervio facial. Se realiza colocando la mano en dirección al ojo y se emplea gestos amenazadores que provocarán que el animal parpadee y se aleje, se debe evitar la generación de corrientes de aire al momento de realizar los movimientos porque pueden dar respuestas falsas (Arias, 2018).

### **2.6.2 Prueba de reflejo Palpebral**

Dentro de este paso se evalúa el parpadeo del paciente por medio de la estimulación del nervio trigémino, cuando se toca con algún objeto en el canto lateral y medial del ojo, se debe dar un cierre energético de los párpados como una respuesta ante el estímulo, lo que indica el buen funcionamiento del nervio facial y trigémino (Turner, 2010)

### **2.6.3 Reflejo de Deslumbramiento**

Se utiliza una fuente de luz que se dirige hacia el ojo de la mascota, la reacción será la de parpadear y en muchos casos el animal intenta alejarse de la fuente de luz, si el reflejo es positivo indica una adecuada funcionalidad del nervio óptico y el nervio facial, en esta prueba a diferencia de la de respuesta a la amenaza no actúa la corteza cerebral (Arias, 2018; Turner, 2010)



#### **2.6.4 Reflejo Fotomotor Pupilar**

La pupila se contrae en respuesta a la llegada intensa de luz, en la mayoría de los mamíferos la miosis pupilar del ojo que es iluminado es superior al del ojo que no es iluminado, hay que tener en cuenta que el reflejo fotomotor pupilar es un reflejo subcortical que requiere una función retiniana relativamente pequeña. Por tanto, un reflejo directo positivo no es un signo indicador de visión (Bayón et al., 2010).

#### **2.6.5 Test de Schirmer**

Originalmente fue descrito por Otto Schirmer en 1903 y mide la producción de lágrimas. Este test está considerado como una de las pruebas oftalmológicas tradicionales para el diagnóstico de síndrome de ojo seco. Esta prueba se utiliza para valorar cuantitativamente el componente acuoso de la película lagrimal, indicando una producción lagrimal basal (Criollo, 2015).

Las más utilizadas son las tiras de papel estériles que se humedecen con la lágrima, vienen con una escala milimétrica impresa, lo que hace que la interpretación sea rápida y simple. Para realizar esta prueba se dobla el borde opuesto y se sitúa en la parte lateral del saco conjuntival inferior, se forma una muesca a nivel del párpado en donde la tira se encuentra en contacto con el párpado inferior, se debe mantener el ojo cerrado para mejores resultados después de un minuto se retira la tira, los valores normales se dan a partir de 10mm de humedad; el ojo derecho e izquierdo normalmente secretan la misma cantidad de lágrima, si los valores están entre 5mm y 10mm son considerados sospechosos, y si están por debajo de estos valores, el diagnóstico ya es una queratoconjuntivitis seca (Arias, 2018).

#### **2.7 Tonometría**

La medición de la PIO y la producción de lágrimas se han convertido en los procedimientos comunes en el examen oftalmológico de rutina (Giannetto et al., 2009). El tonómetro es un instrumento utilizado en oftalmología para medir la PIO y se considera una medida indirecta que se obtiene al ejercer una fuerza sobre la córnea para estimar la presión del interior del ojo. El fundamento de la tonometría se basa en la relación que existe entre la PIO y la fuerza necesaria para deformar la estructura de la córnea hasta un punto determinado (Park et al., 2011). La PIO puede ser medida a través de métodos directos e indirectos.





### 2.7.1 Tipos de Tonometría

La manometría es un método de tonometría directa que consiste en la canulación intraocular, es considerada una técnica estándar de oro para establecer de forma certera la PIO real del globo ocular, sin embargo, es invasiva para el paciente y utiliza anestesia dentro de su procedimiento, lo que puede interferir en los resultados de medición por ello se recomienda la tonometría indirecta (Kulualp et al., 2018; Park et al., 2011; Pirie et al., 2011).

La tonometría indirecta mide la PIO mediante la utilización de diferentes dispositivos que entran en contacto con la superficie corneal. En la actualidad hay varios aparatos que operan bajo este principio como los tonómetros de indentación (tonómetro de Schiotz), aplanamiento (pneumatograph, Goldmann, Mackay-Marg, Tono-Pen) y rebote (TonoVet®, TonoLab®) (Tofflemire et al., 2015).

El principio del tonómetro de indentación se basa en someter al ojo a una deformación por medio del desplazamiento del émbolo sobre la córnea produciendo una muesca (indentación). El peso del émbolo es de 5.5g y puede ser aumentado con pesas adicionales para que se genere la depresión, este tonómetro requiere de una conversión de datos para el valor de PIO de acuerdo con la especie (Saavedra, 2012; Sales, 2010).

El principio de funcionamiento del tonómetro de aplanación se basa en la fuerza necesaria para aplanar la curvatura de la superficie corneal (Kulualp et al., 2018). Todos utilizan un mismo sistema, aunque solo varíe la superficie de contacto con la córnea, por ejemplo, el tonómetro de Goldmann utiliza una lámpara de hendidura, mientras el de pneumatograph utiliza una pequeña corriente de aire que permite la medición de PIO. A pesar de que han sido ampliamente utilizados, hay factores como la rigidez, el grosor, la curvatura central corneal e incluso la película precorneal que pueden influir en los valores de la PIO en estos tonómetros (Knollinger et al., 2005; Kulualp et al., 2018; Park et al., 2011).

Por otro lado, en la tonometría de rebote una sonda magnética entra en contacto con la superficie corneal ejerciendo una fuerza que permite medir la PIO, en la actualidad es una técnica popular que se aplica en la clínica diaria. El tonómetro TonoVet es ampliamente utilizado en veterinaria porque tiene modos de calibración (h para caballos, d para gatos y p para perros) y esto facilita la medición de la PIO por especies (Kulualp et al., 2018; Molleda, 2009).





La técnica de medición con este tonómetro de rebote, consiste en situar frente al ojo, a una distancia de 4 a 8 mm de la zona central de la córnea una “probeta de medición” cuyo diámetro es de 1,3 mm, la obtención de la medición se realiza estableciéndose el promedio de seis mediciones consecutivas (Knollinger et al., 2005; Kravetz et al., 2018; Kulualp et al., 2018). Las sondas son desechables y el fabricante recomienda que se utilice una sonda solo una vez para evitar la propagación de contaminantes virales o bacterianos entre pacientes.

Los valores promedio de PIO tomados por los tonómetros varían desde 11 mmHg, cuando se mide con tonómetro de aplanación, 9 mmHg cuando se utiliza tonómetro de rebote (Leiva et al., 2006), o de 14 a 20 mmHg cuando se utiliza tonómetro de rebote adaptado para veterinaria (Shim et al., 2021). Es por ello que se debe tomar en cuenta los rangos normales de PIO que se describen en el manual de uso de los tonómetros (TONOVET, n.d.). Desafortunadamente las mediciones indirectas a través de la córnea pueden dar lugar a errores en los valores de la PIO, por lo que son sólo estimaciones repetitivas pero sumamente útiles (Park et al., 2011).

Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la tonometría de rebote por sí sola no puede confirmar una alteración ocular, pero sí contribuye en el monitoreo, por ello es importante que los exámenes oftálmicos sean exhaustivos, ya que orientan el diagnóstico de enfermedades como glaucoma, uveítis o queratoconjuntivitis seca (Knollinger et al., 2005; Tofflemire et al., 2015).



## CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Materiales

#### 3.1.1 Materiales Físicos

- TonoVet Plus
- Sondas TonoVet Plus
- Test de Schirmer
- Mesa de exploración
- Linterna
- Esfero
- Computadora
- Cuaderno
- Termómetro Digital
- Estetoscopio
- Guantes de examinación

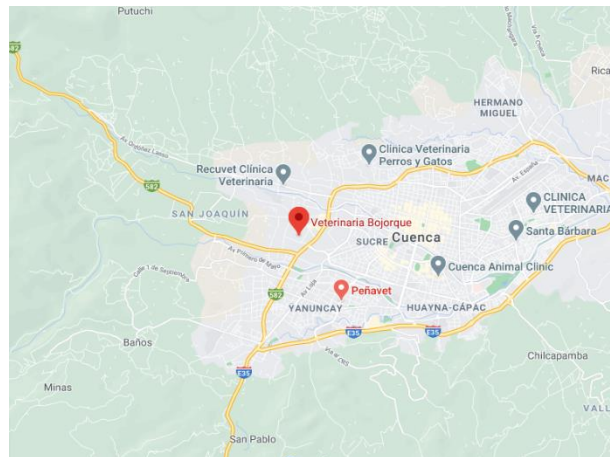
#### 3.1.2 Materiales Biológicos

- Perros

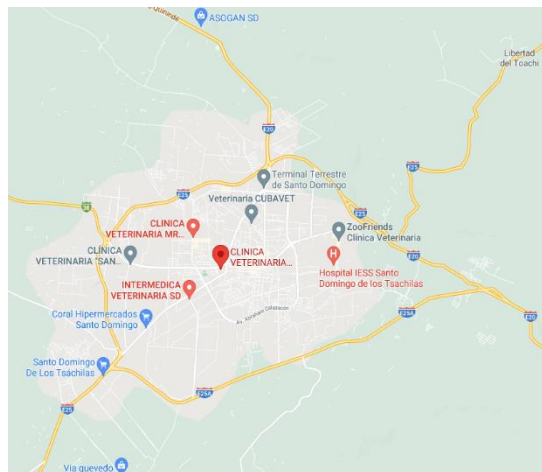
### 3.2 Métodos

#### 3.2.1 Área de estudio

La muestra de 90 perros se obtuvo en la clínica veterinaria “BOJORQUE” en la ciudad de Cuenca perteneciente a la provincia del Azuay, ubicada geográficamente a 2.525 msnm, con una temperatura media anual de 17 °C y una presión atmosférica promedio de 562.02 mmHg, así mismo, en la veterinaria “SCOOBY DOO” en la ciudad de Santo Domingo los Colorados perteneciente a la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, ubicada geográficamente a 319 msnm, con una temperatura media anual de 23 °C y una presión atmosférica de 756 mmHg. Los datos geográficos de ambas ciudades se extrajeron del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) del Ecuador bajo condiciones actuales de tiempo que se actualizan cada 24 h, estos datos deben ser considerados al momento de la medición de la PIO.



**Figura 9.** Mapa de la clínica veterinaria “Bojorque” Google Maps, 2021



**Figura 10.** Mapa de la clínica veterinaria “Scooby Doo” Google Maps, 2021

### 3.2.2 Procedimiento para la obtención de PIO

#### 3.2.2.1 Historia Clínica

El propietario fue previamente informado acerca del procedimiento para lograr la autorización correspondiente. Se evaluó a cada paciente de manera individual, se le realizó una serie de preguntas al propietario, con el fin de conocer los antecedentes médicos de cada mascota para llenar el formulario bajo los requisitos del estudio.

#### 3.2.2.2 Examen Clínico General

Comenzó con la observación a distancia del perro para establecer una inspección general del estado del paciente, su actitud y su conducta en el suelo, luego se procedió a la inspección próxima al paciente con la toma las constantes fisiológicas (temperatura, estado de mucosas y



TLLC, frecuencia cardíaca y respiratoria, % de deshidratación, reflejo tusígeno y deglutorio), auscultación cardíaca y respiratoria y exploración de ganglios linfáticos y palmopercusión y exploración abdominal.

### **3.2.2.3 Examen Clínico Oftalmológico**

Luego de observar el estado general del paciente, para verificar el estado del sistema neuroanatómico ocular, se realizó la prueba de reflejo palpebral, prueba de respuesta a la amenaza, prueba de reflejo de alumbramiento y prueba de reflejo fotomotor pupilar. Adicionalmente se aplicó el test de Schirmer como prueba complementaria para la confirmación de una buena salud ocular.

### **3.2.2.4 Medición de la PIO mediante ®Tonovet Plus**

Una vez se constató la salud de cada perro se tomó la PIO a través de un equipo de tonometría de rebote, el ®Tonovet Plus de marca Icare – Modelo TV011, el proceso duró el tiempo de 10 minutos y se evaluó el ojo derecho e izquierdo en cada paciente. Durante el procedimiento la cabeza y el cuello estuvieron orientados en línea recta, para evitar cualquier presión o tensión sobre la porción ventral del cuello (oclusión parcial en la vena yugular), lo que emitirá valores de PIO erróneamente altos, además no aplicamos más tracción de la necesaria para mantener los párpados abiertos. Previamente se familiarizó al paciente con la presencia del instrumento para que el ojo no se retraiga en la órbita y el ambiente tuvo la menor distracción posible para el paciente.

### **3.2.2.5 Características ®Tonovet Plus**

El uso de tonómetros a lo largo del tiempo ha impulsado una mejora en las especificaciones y características de los equipos, es por ello que los beneficios se han incrementado y al momento cuentan con aspectos prácticos para su utilización.

El ®Tonovet Plus en comparación con otros tonómetros y versiones anteriores tiene beneficios que facilitan su uso, tales como: no requiere anestesia tópica en el globo ocular, no necesita calibración, es fácil de usar, curva de aprendizaje corta en su uso y corto tiempo de preparación para el paciente.

### **3.2.3 Análisis de investigación**

Para este estudio se emplearon a 90 perros adultos de entre 2 a 6 años de edad clínicamente sanos y sin alteraciones oculares. La edad adulta propuesta ya ha sido utilizada



por otros autores con anterioridad (Gelatt y Mackay, 1998). Se evaluó la PIO en el total de los pacientes de las clínicas veterinarias de acuerdo con la altitud de la ciudad G1 (319 msnm) y G2 (2525 msnm). En función al sexo (Macho/Hembra) y al tamaño del paciente: G1 (Tamaño grande), G2 (Tamaño mediano) y G3 (Tamaño pequeño), estos grupos basan su clasificación en el peso ideal en kilogramos que se presenta en la tabla 1.

**Tabla 1.** Tabla de los pesos a tomar en cuenta para clasificación de los pacientes que entren en el estudio (Hand et al., 2000)

Tamaño grande		Tamaño mediano		Tamaño pequeño	
Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra
30 kg en adelante	20 kg en adelante	11 a 30 kg	11-20 kg	3 a 10 kg	1,5 a 10 kg

Adaptado de tabla de clasificación de peso ideal de perros de acuerdo a la raza elaborada por el Instituto Mark Morris

Los resultados fueron procesados en el programa estadístico InfoStat, con estadística descriptiva mediante la prueba ANOVA que compara medias para determinar el efecto de la ciudad, el sexo y el tamaño en la PIO tomada con el ®Tonovet Plus, y se aplicó prueba de Duncan para la comparación múltiples de los niveles: ciudad (altura sobre el nivel del mar), sexo y tamaño del perro, con la finalidad de especificar la variación en la PIO de los pacientes.

La correlación de Pearson se aplicó para establecer la relación entre los ojos, ya que se ha mencionado que la combinación de los ojos derecho e izquierdo dentro del análisis estadístico puede causar interferencia en los resultados, ya que no son variables independientes, para evitar tal sesgo, los valores de PIO de los ojos derecho (PIOD) e izquierdo (PIOI) se analizaron por separado (Leiva et al., 2006).



## CAPÍTULO 4: RESULTADOS

Se examinaron 180 ojos en los 90 perros sanos de este estudio, se obtuvieron mediciones de PIO con valores mínimos de 15 mmHg y valores máximos de 30mmHg en ambas ciudades con el tonómetro ®Tonovet Plus. El peso promedio de los perros que asistieron a control médico y peluquería fue de  $17,32 \pm 10.67$  kg (media  $\pm$  DE); la edad promedio de los pacientes fue de  $3.83 \pm 1.5$  años (media  $\pm$  DE), este rango de edad disminuye la posibilidad de afectaciones oculares que se presentarían con frecuencia en cachorros o gerontes, por lo que muestran valores de PIO más estables, así como un patrón que se use como referencia normal. La PIO no presenta una diferencia significativa entre el ojo derecho ( $20.72 \pm 2.34$  mmHg) e izquierdo ( $20.33 \pm 2.68$  mmHg) del paciente, debido a que el individuo es influenciado por factores intrínsecos y extrínsecos.

**Tabla 2.** Estadísticos descriptivos de los 180 ojos en los 90 perros en los dos pisos altitudinales (Santo Domingo, Cuenca) del estudio según la edad, peso, PIOD y PIOI

Variable	N°	Media $\pm$ D.E.	E.E.	CV	Mínimo	Máximo	Mediana
Edad (años)		$3.83 \pm 1.50$	0.16	39.15	2.00	6.00	4.00
Peso (kg)	90	$17.32 \pm 10.67$	1.12	61.57	2.20	43.00	15.70
PIOD (mmHg)		$20.72 \pm 2.34$	0.25	11.28	15.00	29.00	20.00
PIOI (mmHg)		$20.33 \pm 2.68$	0.28	13.17	15.00	30.00	20.00

PIOD: Presión intraocular ojo derecho; PIOI: Presión intraocular ojo izquierdo; D.E.: Desviación estándar; E.E.: Error estándar; CV: Coeficiente de variación; Santo Domingo: 319 msnm; Cuenca: 2525 msnm.

La PIO en ambas ciudades indican que, a pesar de que los pacientes viven en diferentes condiciones del entorno, que caracterizan su propio ambiente, tales como humedad relativa, atmósfera, temperatura, altitud, entre otros; las lecturas no son diferentes entre los ojos del mismo paciente, y por ende la anatomía y fisiología del órgano es la misma (tabla 3).

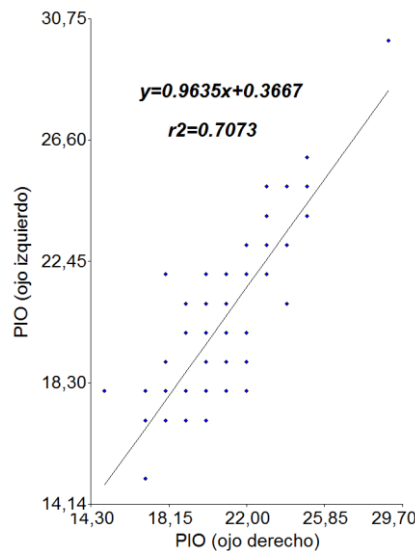
**Tabla 3.** Estadísticos descriptivos de la presión intraocular (mmHg) en los 90 perros según la ciudad de Santo Domingo y en la ciudad de Cuenca

Ciudad	PIO	N°	Media $\pm$ D.E.	E.E.	CV	Mínimo	Máximo	Mediana
Santo Domingo	PIOD	45	$19.60 \pm 1.42$	0.21	7.25	17.00	23.00	20
	PIOI		$19.00 \pm 1.77$	0.26	9.32	15.00	23.00	19
Cuenca	PIOD	45	$21.84 \pm 2.54$	0.38	11.63	15.00	29.00	22
	PIOI		$21.67 \pm 2.78$	0.41	12.83	17.00	30.00	22

PIOD: Presión intraocular ojo derecho; PIOI: Presión intraocular ojo izquierdo; D.E.: Desviación estándar; E.E.: Error estándar; CV: Coeficiente de variación; Santo Domingo: 319 msnm; Cuenca: 2525 msnm.



Las comparaciones en la PIO tanto del ojo izquierdo como del ojo derecho, presenta un coeficiente de correlación positivo de 0.71, lo que indica que las lecturas se correlacionan significativa y linealmente entre los ojos de los perros sanos (figura 11).



**Figura 11.** Comparación de la PIOD (eje x) y PIOI (eje y) de las lecturas obtenidas con el Icare TonoVet Plus en los 180 ojos de los 90 perros del estudio; los puntos indican las lecturas tomadas en los perros y la línea indica la tendencia de dependencia positiva de las variables, cuando la una aumenta la otra también.

Al analizar los datos sobre la PIO obtenida en los pisos altitudinales, los resultados manifiestan que la PIOD de los perros es diferente dependiendo de la ciudad en la que se encuentran ( $P < 0.05$ ). En Cuenca, hubo una lectura media en PIOD de  $21.84 \pm 0.32$  (media  $\pm$  E.E.), mientras que, en Santo Domingo la media de la PIOD fue de  $19.55 \pm 0.31$  (media  $\pm$  E.E.), por lo que es coherente pensar, que al poseer la ciudad de Cuenca una mayor altura y una menor presión atmosférica, los perros reflejan una PIOD mayor que los perros que habitan en Santo Domingo.

**Tabla 4.** Análisis de varianza de la presión intraocular según la ciudad (altitud), el sexo y tamaño.

PIOD	gl	CM	F	p-valor	PIOI	gl	CM	F	p-valor
Piso altitudinal		161.10	30.67	<0.0001 *	Piso altitudinal		161.10	30.67	<0.0001 *
Sexo		0.29	0.06	0.56 NS	Sexo		0.29	0.06	0.82 NS
Tamaño		11.29	2.15	0.05 NS	Tamaño		11.29	2.15	0.12 NS

PIOD: Presión intraocular ojo derecho; NS: estadísticamente no significativo; \*estadísticamente significativo



Al analizar los valores de PIOI de los perros del estudio se presentó una variación significativa ( $P < 0.05$ ) que conserva la misma tendencia de la PIOD. En Santo Domingo, la lectura de la PIOI fue de  $18.89 \pm 0.35$  mmHg, mientras en Cuenca es de  $21.65 \pm 0.36$  mmHg, por lo tanto, se evidenció una diferencia de 2 mmHg entre las ciudades, lo que indica una influencia del ambiente, en este caso, de la presión atmosférica sobre la PIO del perro sano.

**Tabla 5.** Media y Error estándar de los valores de PIO en ambos ojos según el piso altitudinal

PIOD (mmHg)			PIOI (mmHg)		
Piso altitudinal		Media $\pm$ E.E.	Piso altitudinal		Media $\pm$ E.E.
319 msnm	45	$19.55 \pm 0.31^a$	319msnm	45	$18.89 \pm 0.35^a$
2525msnm	45	$21.84 \pm 0.32^b$	2525msnm	45	$21.65 \pm 0.36^b$

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ); msnm: metros sobre el nivel del mar. Cuenca: 2525msnm; Santo Domingo: 319msnm

Se evaluaron 56 hembras y 34 machos en los dos pisos altitudinales reflejando lecturas medias en la PIOD de  $20.57 \pm 0.27^a$  mmHg y de  $20.82 \pm 0.35^a$  mmHg respectivamente, así mismo, los valores de PIOI fueron de  $20.21 \pm 0.40^a$  mmHg en los machos y de  $20.33 \pm 0.31^a$  mmHg en las hembras del estudio, no se evidencia una variación estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ) lo que muestra que no existe una atribución de PIO mayor o menor con respecto al sexo del paciente (anexo2).

El efecto de tamaño en la lectura de la PIOD del perro evidencia una disminución, cuanto más grande es el perro o más peso refleja, aunque no es estadísticamente significativa ( $P 0.06$ ), se observó que los perros de tamaño grande ( $19.2 \pm 0.40^a$  mmHg) tuvieron 2mmHg menos que los de tamaño mediano ( $21.04 \pm 0.38^b$  mmHg) y tamaño pequeño ( $21.13 \pm 0.37^b$  mmHg), puede deberse a la masa corporal, circulación o presión arterial, aunque no se ha establecido esta relación. La PIOI también evidencia una disminución no significativa ( $p > 0.05$ ), y mantiene una tendencia similar que la de la PIOD, dado que los perros de tamaño grande ( $19.57 \pm 0.46^a$  mmHg) presentaron menos de 1mmHg de diferencia si se los compara con los de tamaño pequeño ( $20.38 \pm 0.42^{ab}$ ) y mediano ( $20.86 \pm 0.43^b$  mmHg). Cabe señalar que este hallazgo es meramente numérico por lo que se podría tomar en cuenta en la práctica clínica, con respecto a lo que se puede esperar en el paciente según su peso y tamaño (Anexo4).





## CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN

Existen muchos factores que pueden alterar los valores de PIO, como el tonómetro utilizado (Gelatt y Mackay, 1998; Knollinger et al., 2005; Tu et al., 2019), la edad, presión en vena yugular, estrés del entorno, el aplicador (Kravetz et al., 2018), presión atmosférica o uso de anestésicos locales (Kulualp et al., 2018; Pirie et al., 2011; Van De Veire et al., 2008). Sin embargo, muchos de estos han sido minimizados por las características del tonómetro de rebote utilizado y el procedimiento empleado.

La edad escogida de los perros en este estudio (2 a 6 años) brindó lecturas de PIO estables, ya que se ha reportado una disminución significativa de PIO en edades menores de 2 años y mayores a 6 años (Garzón-Ariza et al., 2018; Garzón, 2019; Gelatt y Mackay, 1998), a causa de enfermedades congénitas, sistémicas y oculares o por características propias del individuo generadas por la edad, que podían influir en los resultados.

Gelatte y Mackay en 1998 en su estudio utilizaron cuatro tonómetros diferentes en el globo ocular de perros sanos y presentó valores de PIO ( $19,2 \pm 5.9$  mmHg) similares a los nuestros, pero con lecturas extremas entre 4 mmHg y 30 mmHg, este rango amplio puede explicarse mediante el procedimiento empleado y por consiguiente el instrumento, los que precisamente pueden influir directamente en la medición de PIO. Por otro lado, Shim y colaboradores en 2021 en pacientes ambulatorios sanos mostraron lecturas de PIO de  $20.08 \pm 6.60$ , resultados muy parecidos a las encontradas en la PIOD y PIOI de este estudio (Goulart et al., 2021; Shim et al., 2021), los investigadores al usar Tonovet Plus, expusieron una PIO más alta en comparación a otros, pero con un procedimiento más sólido, sencillo y sobre todo menos invasivo, además los valores se acogieron a un rango más reducido. Con respecto a las lecturas en este estudio entre los ojos derechos e izquierdo, que no fue significativamente diferente entre sí, al pertenecer a un mismo paciente, ya había sido descrito anteriormente, y corroborado con una correlación positiva entre los ojos (Ben-Shlomo y Muirhead, 2021; Leiva et al., 2006).

Podemos considerar que las lecturas de PIO mencionadas, se encuentra en el límite superior si se compara con el parámetro normal (rango de 10-20 mmHg) sugerido por la marca Icare (TONOVET, n.d.), por lo que puede sugerirse que los valores normales, sean más generosos para los perros que habitan en una zona con moderada altitud atmosférica, ya que



los pacientes pueden presentar una PIO más apegada e incluso sobre los 20mmHg, y no necesariamente porque implique algo patológico, si no por atribuciones internas o externas al individuo.

Según Saavedra (2012) dentro la misma ciudad con diferencias de 500msnm encontró una variación significativa, observándose valores de 18,7mmHg a mayor altura y de 20,47mmHg a menor altura, con una variación de PIO de 2 mmHg a pesar de la poca diferencia de altitud entre las zonas. Estos resultados pueden atribuirse al tipo de tonómetro utilizado (tonómetro de indentación de Schiötz), ya que su aplicación es invasiva y requiere una conversión posterior de la PIO, aunado al hecho de que dentro de los procedimientos de toma de PIO utilizaron anestésico como requerimiento, en consecuencia, estos factores predisponen a un descenso evidente de PIO y por ende manifiesta la relación inversa descrita en las investigaciones (Ben-Shlomo y Muirhead, 2021; Cymerman et al., 2000; Saavedra, 2012; Tofflemire et al., 2015). Por el contrario, el estudio de Bechera ratifica un aumento de la PIO, a una mayor altitud, debido al aumento en la producción de la porción acuosa de la lágrima, sin embargo, no está clara la conexión entre el sistema de drenaje del humor acuoso y la lágrima (2014). Nuestro estudio refleja una relación directa entre la altura y la PIO, pero sí reconoce la relación inversa que tiene la PIO con la presión atmosférica del lugar en el que reside el perro.

En oftalmología humana, el estudio del efecto que tiene el piso altitudinal sobre la PIO, resulta en una disminución del 25% del parámetro normal, si se expone al individuo a gran altitud (Cymerman et al., 2000; Yang et al., 2019). Esto podrá no relacionarse con nuestros resultados debido a la evidencia de una relación inversa entre la altitud y la PIO, pero cuando se trata de la altitud de una ciudad, primero debemos considerar que el grado de altitud determina los grandes impactos sobre la PIO. Primero, cuando un organismo se expone activamente a una altitud exigente ocasiona una hipoxia severa, pero para que se genere este impacto significativo, el organismo debe llegar a un nivel de intolerancia, lo que sugiere que la producción de humor acuoso es suprimida por el agotamiento del oxígeno en el epitelio ciliar no pigmentado (Nebbio et al., 2014).

Por ello, en estudios recientes encontraron que la PIO aumentaba sólo hasta alcanzar una altitud de 5533 msnm, a posterior el organismo empezaba el descenso de PIO conforme la altitud se iba incrementando (Yang et al., 2019); por tanto es lógico pensar que se debe alcanzar una altura significativa para que el organismo genere este descenso precipitado en la PIO y



luego inicie un proceso de aclimatación en el cuerpo. Amit y colaboradores en 2019 corroboran este hecho, al evaluar la relación entre la PIO, el grosor de córnea y la gran altitud, sus resultados indican que los habitantes de tierras altas tienen una PIO significativamente más alta que los de tierras bajas por el hecho de vivir bajo condiciones de presión atmosférica y de altitud diferente (Amit et al., 2019). Entonces, la relación de PIO-altitud que manifiestan los perros sanos de la ciudad de Cuenca y Santo Domingo es consistente con estos resultados. De ahí que la diferencia de casi 2 mmHg entre los perros que viven a 2525 msnm y a 319 msnm ha sido descrita en otros estudios similares (Saavedra, 2012; Van De Veire et al., 2008). Así mismo en términos prácticos un perro que viva a 2525 msnm puede tener una PIO de 21,00 mmHg en condiciones basales, mientras que uno que vive a 625 msnm tiene una PIO de 18,00 mmHg en condiciones basales.

El efecto ausente del sexo sobre la PIO concuerdan con los obtenidos por algunos autores (Arora et al., n.d.; Garzón-Ariza et al., 2018; Molleda, 2009). Se ha estudiado la influencia del sexo en el grosor corneal y la relación con la PIO, dado que en los machos este espesor es más grueso, por ello se le confiere una mayor PIO que a las hembras, pero a pesar de que estas variaciones han sido descritas en razas Beagle, no se han encontrado diferencias significativas para la variable de interés (sexo) (Garzón-Ariza et al., 2018).

Aunque existen otros factores que no se tomaron en cuenta en este estudio como la hora en que se tomó la PIO (Garzón-Ariza et al., 2018; Tu et al., 2019). Resultados previos sugieren que la PIO en los perros es ligeramente más alta por la mañana que por la tarde (Garzón-Ariza et al., 2018; Molleda, 2009) y aunque este hallazgo no está del todo definido, el mecanismo de variación se atribuye al mayor grosor de córnea que ocurre en la mañana, debido al cierre de párpados durante el sueño. La correlación positiva entre el grosor de córnea y la PIO se ha constatado en perros de raza Beagles, y que además, refiere una diferencia significativa únicamente en perros glaucomatosos (Molleda, 2009). Este hecho limita el estudio, pero en términos prácticos esta diferencia del ciclo circadiano puede ser útil al asumir una diferencia de 1 mmHg entre la toma de PIO en la mañana en relación a la lectura de la tarde, por supuesto en perros sanos.

En la clínica práctica y en términos de toma de PIO por medio del Icare TonoVet Plus, en nuestro estudio la variación encontrada según el tamaño del perro, puede ser relevante al comparar los resultados con el parámetro normal de 10-20 mmHg (TONOVET, n.d.). Siendo



así, al comparar la PIO de un perro grande con uno pequeño se debe esperar una ligera diferencia, es decir, un perro de más de 20kg tendrá una PIO más baja si se lo contrasta con uno de 10kg.

Las variaciones de PIO por efecto de la altura han sido poco descritas en veterinaria y debería explorarse más, ya que actualmente las mascotas forman parte de la vida de los seres humanos, y es común observar cómo los perros acompañan a su propietario a todos lados. Las mascotas poseen tenedores que son deportistas o amantes a los deportes extremos, tal como montañistas y escaladores, en estos paseos los individuos se someten a cambios bruscos de temperatura, presión atmosférica y altitud, sin conocer los efectos agudos que pueden causar en la mascota a corto plazo; o en el caso de llevar a nuestras mascotas a vivir a otra ciudad o país sin conocer los efectos a largo plazo. Ya se ha descrito y demostrado sobre el deterioro en la función de la retina cuando se expone un organismo a una elevación aguda de la PIO (Grozdanic et al., 2007; Kong et al., 2009).



## **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES**

Este estudio fue diseñado para observar el efecto del piso altitudinal en el que vive el perro sano sobre la lectura de la PIO para una obtención de valores referenciales. Se concluye que en los perros de entre 2 a 6 años la relación de la PIO es directamente proporcional con la altura sobre el nivel del mar e inversamente proporcional a la presión atmosférica de la ciudad, y presenta una variación de casi 2 mmHg entre los pisos altitudinales, sin embargo, no hay variación de la PIO de acuerdo al sexo o al tamaño.

## **CAPÍTULO 7: RECOMENDACIONES**

Se debería explorar más acerca de otras variables que pudieron llegar a influir en los valores de PIO como el ciclo circadiano o grosor de córnea, que al momento no fueron tomados en cuenta en este estudio.



## CAPÍTULO 8: REFERENCIAS

- Alvarado, P., Patiño, J., y Palacios, T. (2018). Perfil hematológico en perros afectado por el piso altitudinal, edad, sexo y raza del animal (Artículo de revisión). *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 2(2), 16. <https://doi.org/ISSN 2602-8220>.
- Amit, A., Gaurav, K., Vikas, A., Ashok, K., Harpreet, A. S., y Shivani, A. (2019). Evaluation of intraocular pressure and corneal thickness in individuals at high altitude area (10000 ft above sea level). *Romanian Journal of Ophthalmology*, 63(3), 217–221. <https://doi.org/10.22336/rjo.2019.33>
- Arias, M. (2018). *Análisis retrospectivo de tres enfermedades oculares en caninos, relacionadas a la radiación ultravioleta en el distrito metropolitano de Quito* [Universidad de las Américas]. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2786819>
- Arora, A., Kapoor, G., Ambiya, V., Kumar, A., Singh, H. A., y Arora, S. (n.d.). Evaluation of intraocular pressure and corneal thickness in individuals at high altitude area (10000 ft above sea level). *Romanian Journal of Ophthalmology*, 63, 217–221. <https://doi.org/10.22336/rjo.2019.33>
- Bayón, A., Palao, C., Micó, C., y Vecino, E. (2010). Veterinary ophthalmology: From cataract surgery to OCT. *Archivos de La Sociedad Espanola de Oftalmologia*, 85(12), 387–389. <https://doi.org/10.1016/j.ofal.2010.12.001>
- Bechara, E. (2014). *Influencia de la altura en la producción lagrimal y presión intraocular en caninos (canis lupus familiaris) : estudio piloto*. Universidad de la Salle.
- Ben-Shlomo, G., y Muirhead, S. F. (2021). Estimation of intraocular pressure in normal canine eyes utilizing the newly introduced TonoVet Plus and TonoPen Avia, and their comparison to the established TonoVet. *Veterinary Ophthalmology*, 24(S1), 171–174. <https://doi.org/10.1111/vop.12747>
- Cattaneo, C., Cattaneo, G., Halabí, M., y Flores, E. (2008). MIRADA CLARA, LIMPIA, TRANSPARENTE Y CRISTALINA. In *Oftalmologia Veterinaria II* (Issue Esquema 1, pp. 22–25). Universidad de Chile. <https://nuevosfoliosbioetica.uchile.cl/index.php/RT/article/download/15918/16404>



- Cattaneo, G. (2007). Oftalmología Veterinaria. *Departamento de Ciencias Clínicas - Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias*, 16–21.
- Charles, M. (2010). Ophthalmic Disease in Veterinary Medicine. In *Journal of Wildlife Diseases* (Vol. 45, Issue 1). Manson Publishing. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-45.1.253>
- Clode, A. (2019). Increased & decreased intraocular pressure. *NAVCClinician's Brief*, No. July, 58–61. <https://www.cliniciansbrief.com/article/increased-decreased-intraocular-pressure%0Ahttps://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193343846>
- Criollo, J. (2015). *Estudio clínico de producción lacrimal en caninos domésticos, empleando la prueba de schirmer, en la ciudad de Ambato* [Universidad Estatal de Bolívar]. <http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/1222/1/017.pdf>
- Cymerman, A., Rock, P., Muza, S., Lyons, T., Fulco, C., Mazzeo, R., Butterfield, G., y Moore, L. (2000). Intraocular pressure and acclimatization to 4300 M altitude. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 71(10), 1045—1050. <http://europepmc.org/abstract/MED/11051312>
- Del Sole, M. (2014). *Cataratas en perros* | UNICEN. Universidad Nacional Del Centro de La Provincia de Buenos Aires. <https://www.unicen.edu.ar/content/cataratas-en-perros>
- Esson, D. (2015). *Clinical Atlas of canine and feline Ophthalmic Disease* (first). Wiley Clackwell.
- Garzón-Ariza, A., Guisado, A., Galán, A., y Martín-Suárez, E. (2018). Diurnal variations in intraocular pressure and central corneal thickness and the correlation between these factors in dogs. *Veterinary Ophthalmology*, 21(5), 464–470. <https://doi.org/10.1111/vop.12533>
- Garzón, A. (2019). *Efecto del ejercicio sobre la presión intraocular y el espesor de la corneal en perro de raza Beagle*. Universidad de Córdoba.
- Gelatt, K. (1999). *Fundamentos\_De\_Oftalmologia\_Veterinaria.Pdf*.
- Gelatt, K., y Mackay, E. (1998). Distribution of intraocular pressure in dogs. *Veterinary Ophthalmology*, 1(2–3), 109–114. <https://doi.org/10.1046/j.1463-5224.1998.00024.x>
- Gelatt, K., y Mackay, E. (2004). Prevalence of the breed-related glaucomas in pure-bred dogs





- in North America. *Veterinary Ophthalmology*, 7(2), 97–111.  
<https://doi.org/10.1111/j.1463-5224.2004.04006.x>
- Giannetto, C., Piccione, G., y Giudice, E. (2009). Daytime profile of the intraocular pressure and tear production in normal dog. *Veterinary Ophthalmology*, 12(5), 302–305.  
<https://doi.org/10.1111/j.1463-5224.2009.00717.x>
- Goulart, J. V., Passareli, C., Nascimento, F. F., José, G., Estanho, G., Ricci, C. L., Prada Kanashiro, G., Giuffrida, R., y Andrade, S. F. (2021). Comparison among TonoVet, TonoVet Plus, Tono-Pen Avia Vet, and Kowa HA-2 portable tonometers for measuring intraocular pressure in dogs. *Veterinary World*, 2231–0916, 1–8.  
<https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.2444-2451>
- Grozdanic, S. D., Matic, M., Betts, D. M., Sakaguchi, D. S., y Kardon, R. H. (2007). Recovery of canine retina and optic nerve function after acute elevation of intraocular pressure: Implications for canine glaucoma treatment. *Veterinary Ophthalmology*, 10(SUPPL. 1), 101–107. <https://doi.org/10.1111/j.1463-5224.2007.00584.x>
- Hand, M., Thatcher, C., Remillard, R., y et. al. (2000). Ideal weight chart for dogs by breed. In *Small Animal Clinical Nutrition* (4th Editio, pp. 1037–1046). Mark Morris Institute.
- Jayson, S., Guzman, D. S.-M., Petritz, O., Freeman, K., y Maggs, D. J. (2014). Medical Management of Acute Ocular Hypertension in a Western Screech Owl ( *Megascops kennicottii* ). *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 28(1), 38–44.  
<https://doi.org/10.1647/2012-079>
- Kaufman, M., y Tan, J. (2009). Chapter 10: Primary open angle glaucoma. In *Yanof Ophthalmology* (Tercera, Vol. 1, pp. 1–1552). Elsevier - Health Sciences Division.
- Knollinger, A. M., La Croix, N. C., Barrett, P. M., y Miller, P. E. (2005). Evaluation of a rebound tonometer for measuring intraocular pressure in dogs and horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 227(2), 244–248.  
<https://doi.org/10.2460/javma.2005.227.244>
- Kong, Y. X., Crowston, J. G., Vingrys, A. J., Trounce, I. A., y Bui, B. V. (2009). Functional changes in the retina during and after acute intraocular pressure elevation in mice. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 50(12), 5732–5740.





---

<https://doi.org/10.1167/iavs.09-3814>

- Kravetz, J., Montiani-Ferreira, F., y Williams, D. L. (2018). The influence of the tonometer position on canine intraocular pressure measurements using the tonovet® rebound tonometer. *Open Veterinary Journal*, 8(1), 68–76. <https://doi.org/10.4314/ovj.v8i1.12>
- Kulualp, K., Yurdakul, I., Erol, H., Atalan, G., y Kilic, S. (2018). Measurement of intraocular pressure in clinically normal Turkish Shepherd Dogs with the rebound tonometer (TonoVet®) and the applanation tonometer (Tono-Pen Vet®). *Medycyna Weterynaryjna*, 74(9), 568–573. <https://doi.org/10.21521/mw.6024>
- Lau-Choleón, J. (2002). *Aplicación de la técnica quirúrgica de Trabeculectomía para el tratamiento del aumento de la presión intraocular en caninos*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Leiva, M., Naranjo, C., y Peña, M. T. (2006). Comparison of the rebound tonometer (ICare®) to the applanation tonometer (Tonopen XL®) in normotensive dogs. *Veterinary Ophthalmology*, 9(1), 17–21. <https://doi.org/10.1111/j.1463-5224.2005.00429.x>
- Maggs, D. J., Miller, P. E., y Ofri, R. (2013). *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology*. Elsevier.
- Martín, Y., Piloto, I., Álvarez, G., Fumero, F., Rodríguez, D., y Sánchez, L. (2012). Fisiología trabecular y glaucoma de ángulo abierto/Trabecular physiology and open angle glaucoma. *Revista Cubana de Oftalmología*, 25(s1), 458–466.
- Maruri, R. (2020). *Prevalencia de patologías corneales más frecuentes en perros que asisten a la consulta oftalmológica en el Consultorio Veterinario Animals.INC de Guayaquil*.
- Molleda, C. J. (2009). *Evaluación clínica del espesor central de la córnea y la presión intraocular en el perro*. Universidad de Córdoba.
- Moreno, C. (2012). *Avances en el diagnóstico y tratamiento del glaucoma en caninos. Revisión bibliográfica (2000-2010)*. Universidad Austral de Chile.
- Murphy, C., Samuelson, D., y Pollock, R. (2012). Ch. 21: The Eye. In *Miller's Anatomy of the Dog*. (Issue 1, pp. 746–785).
- Nebbioso, M., Fazio, S., Di Blasio, D., y Pescosolido, N. (2014). Hypobaric Hypoxia: Effects



- on Intraocular Pressure and Corneal Thickness. *The Scientific World Journal*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/585218>
- Park, Y. W., Jeong, M. B., Kim, T. H., Ahn, J. S., Ahn, J. T., Park, S. A., Kim, S. E., y Seo, K. (2011). Effect of central corneal thickness on intraocular pressure with the rebound tonometer and the applanation tonometer in normal dogs. *Veterinary Ophthalmology*, 14(3), 169–173. <https://doi.org/10.1111/j.1463-5224.2010.00859.x>
- Peiffer, R., y Petersen, S. (1998). *Oftalmología de pequeños animales, una aproximación orientada hacia el problema*. Intermédica.
- Pirie, C. G., Maranda, L. S., y Pizzirani, S. (2011). Effect of topical 0.03% flurbiprofen and 0.005% latanoprost, alone and in combination, on normal canine eyes. *Veterinary Ophthalmology*, 14(2), 71–79. <https://doi.org/10.1111/j.1463-5224.2010.00832.x>
- Pumphrey, S. (2015). Canine Secondary Glaucomas. *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice*, 45(6), 1335–1364. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2015.06.009>
- Romera, M. (2018). *¿Por dónde drena el líquido intraocular? - Glaucoma - IO-ICO Barcelona*. La Importancia Del Canal de Schlemm En La Presión Intraocular (PIO), Factor de Riesgo Principal En El Diagnóstico de Glaucoma. <https://www.icoftalmologia.es/es/noticias/por-donde-drena-el-liquido-intraocular-glaucoma/>
- Saavedra, S. (2012). *Evaluación clínica de la presión intraocular con el tonómetro schiötz*. Fundación Universitaria Juan Castellanos.
- Saldaña, K. (2019). *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*. Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Sales, M. (2010). *Influencia de la córnea en la medida de la presión intraocular con distintos sistemas tonométricos*. Universidad de Alcalá.
- Shim, J., Kang, S., Park, Y., Kim, S., Go, S., Lee, E., y Seo, K. (2021). Comparative intraocular pressure measurements using three different rebound tonometers through in an ex vivo analysis and clinical trials in canine eyes. *Veterinary Ophthalmology*, 24(S1), 186–193. <https://doi.org/10.1111/vop.12771>



- Tista, J., Trejo, M., y Velasco, A. (2020). *Anatomía, Fisiología, patologías y algunas cirugías del globo ocular en perros y gatos*. Universidad Autónoma de México.
- Tofflemire, K. L., Whitley, E. M., Gould, S. A., Dewell, R. D., Allbaugh, R. A., Ben-Shlomo, G., O'Connor, A. M., y David Whitley, R. (2015). Schirmer tear test I and rebound tonometry findings in healthy calves. *Veterinary Ophthalmology*, 18(2), 147–151. <https://doi.org/10.1111/vop.12165>
- TONOVET, M. I. (n.d.). The new level of veterinary IOP Measuring. *ICARE*.
- Trapani, C. (2018). *Comparación de la presión arterial entre caninos sanos de la ciudad de Cusco (3399msnm) y Lima Metropolitana (154msnm)*. Universidad Científica del Sur.
- Tu, S., Li, K., Ding, X., Zuo, C., Hu, D., y Ge, J. (2019). TonoVet versus Tonopen in a high intraocular pressure monkey model. *Molecular Vision*, 25(August 2018), 391–399.
- Turner, S. M. (2010). Oftalmología de pequeños animales. In *Journal of Chemical Information and Modeling*. Elsevier Saunders.
- Van De Veire, S., Germonpre, P., Renier, C., Stalmans, I., y Zeyen, T. (2008). Influences of atmospheric pressure and temperature on intraocular pressure. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 49(12), 5392–5396. <https://doi.org/10.1167/iovs.07-1578>
- Yang, Y., Xie, Y., Sun, Y., Cao, K., Li, S., Fan, S., Huang, L., Wu, S., y Wang, N. (2019). Intraocular Pressure Changes of Healthy Lowlanders at Different Altitude Levels: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology*, 10, 1366–1366. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2019.01366>
- Zibura, A. E., Salmon, J. H., Belda Lopez, B., Duncan, B., y Westermeyer, H. D. (2020). Glaucoma-associated pain results in mechanical sensitivity changes in dogs: A pilot study. *Veterinary Ophthalmology*, June, 1–9. <https://doi.org/10.1111/vop.12800>



### CAPÍTULO 9: ANEXOS

**Anexo 1.** Hoja de campo (ficha de registro) empleada en los pacientes del estudio

#### Hoja de Campo (ficha de Registro)

N° de paciente \_\_\_\_\_

Ciudad \_\_\_\_\_

**Carácter**

**Dócil**

**Agresivo**

**Datos del paciente**

Nombre		Sexo	
Raza		Peso	
Edad		Tamaño	

¿La mascota ha tenido enfermedades oculares anteriormente?    Sí     No

**Examen físico general:**    SLA

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

**Constantes fisiológicas**

Temperatura		Exploración de las mucosas	
Frecuencia Cardíaca		Frecuencia Respiratoria	

**Exploración** (ganglios linfáticos, abdominal, auscultación cardíaca y respiratoria) SLA

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

**Examen clínico oftálmico**

<b>Reflejo palpebral</b>		<b>Reflejo de deslumbramiento</b>	
Positivo <input type="checkbox"/>	Negativo <input type="checkbox"/>	Positivo <input type="checkbox"/>	Negativo <input type="checkbox"/>
<b>Reflejo fotomotor pupilar</b>		<b>Respuesta a la amenaza</b>	
Positivo <input type="checkbox"/>	Negativo <input type="checkbox"/>	Positivo <input type="checkbox"/>	Negativo <input type="checkbox"/>
<b>Test de Schirmer</b>		<b>PIO</b>	
<u>Ojo derecho</u>	Menor a 10 mm <input type="checkbox"/>	<u>Ojo derecho:</u>	
	Mayor a 10 mm <input type="checkbox"/>		
<u>Ojo izquierdo</u>	Menor a 10 mm <input type="checkbox"/>	<u>Ojo izquierdo:</u>	
	Mayor a 10 mm <input type="checkbox"/>		



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIAS Y**  
**ZOOTECNIA**



**Anexo 2.** Estadísticos descriptivos de la PIOD y PIOI con respecto al sexo en los perros de los dos pisos altitudinales

Sexo	PIO	N°	Media	D.E.	E.E.	CV	Mínimo	Máximo	Mediana
<b>H</b>	PIOD	56	20.61	2.11	0.28	10.25	17.00	25.00	20.00
	PIOI		20.39	2.57	0.34	12.60	15.00	26.00	20.00
<b>M</b>	PIOD	34	20.91	2.69	0.46	12.86	15.00	29.00	20.00
	PIOI		20.24	2.88	0.49	14.24	17.00	30.00	19.50

**Anexo 3.** Estadísticos descriptivos de la PIOD y PIOI con respecto al sexo y pisos altitudinales de los perros

Ciudad	PIO	Sexo	Media	D.E.	E.E.	CV	Mínimo	Máximo	
<b>Santo Domingo</b>	PIOD	H	27	19.52	1.53	0.29	7.83	17.00	23.00
		M	18	19.72	1.27	0.30	6.46	17.00	22.00
	PIOI	H	27	19.19	2.02	0.39	10.53	15.00	23.00
		M	18	18.72	1.32	0.31	7.05	17.00	22.00
<b>Cuenca</b>	PIOD	H	29	21.62	2.09	0.39	9.69	17.00	25.00
		M	16	22.25	3.24	0.81	14.54	15.00	29.00
	PIOI	H	29	21.52	2.54	0.47	11.82	17.00	26.00
		M	16	21.94	3.23	0.81	14.74	17.00	30.00

**Anexo 4.** Estadísticos descriptivos de la PIOD y PIOI con respecto al tamaño en los perros de los dos pisos altitudinales

Ciudad	PIO	Tamaño	N	Media	D.E.	E.E.	CV	Mínimo	Máximo
<b>Santo Domingo</b>	PIOD	Grande	15	19.13	1.36	0.35	7.09	17.00	22.00
		Mediano	15	19.53	1.51	0.39	7.71	17.00	23.00
		Pequeño	15	20.13	1.30	0.34	6.47	17.00	22.00
	PIOI	Grande	15	18.53	1.88	0.49	10.17	15.00	22.00
		Mediano	15	19.13	1.88	0.49	9.85	17.00	23.00
		Pequeño	15	19.33	1.54	0.40	7.98	17.00	22.00
<b>Cuenca</b>	PIOD	Grande	15	21.33	2.69	0.69	12.61	15.00	25.00
		Mediano	15	22.13	2.95	0.76	13.32	18.00	29.00
		Pequeño	15	22.07	1.98	0.51	8.98	17.00	25.00
	PIOI	Grande	15	21.40	2.87	0.74	13.43	17.00	25.00
		Mediano	15	22.20	3.26	0.84	14.67	18.00	30.00
		Pequeño	15	21.40	2.23	0.58	10.42	17.00	25.00