



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**Evaluación de los índices de perfusión (Pi) y variabilidad pletismográfica (PVi) y su relación con la frecuencia cardiaca, SpO<sub>2</sub> y presión arterial no invasiva en perras sometidas a ooforosalingohisterectomía electiva.**

**TESIS**

Que para obtener el título de:  
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**P R E S E N T A:**

**Ramírez Picazo Edgar Ulises**

**ASESOR:**

M. en C. Ismael Hernández Ávalos

**COASESOR:**

M. en MVZ. Agatha Elisa Miranda Cortés



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

U.N.A.M.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.



Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Tesis y examen profesional**

Evaluación de los índices de perfusión (PI) y variabilidad plelismográfica (PVI) y su relación con la frecuencia cardiaca, SpO2 y presión arterial no invasiva en perras sometidas a colorosalpingohisterectomía electiva.

Que presenta el pasante: **Edgar Ulises Ramírez Picazo.**

Con número de cuenta: **311205431** para obtener el Título de: **Médico Veterinario Zootecnista.**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

**ATENTAMENTE**

**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 21 de Junio de 2021.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	M. en C. Gerardo Garza Malacara	
<b>VOCAL</b>	M. en C. Enrique Flores Gasca	
<b>SECRETARIO</b>	M. en C. Ismael Hernández Ávalos	
<b>1er. SUPLENTE</b>	M.V.Z. Hugo Bernal Zepeda	
<b>2do. SUPLENTE</b>	M. en M.V.Z. María del Rocío Morales Mendez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.

# Dedicatorias.

---

A dios, por que ha estado conmigo a cada paso que doy, por darme serenidad para aceptar las cosas que no puedo cambiar, coraje y valor para modificar las cosas que puedo cambiar y sabiduría para apreciar la diferencia.

A mi madre, Teresa Picazo, quien a lo largo de mi vida a velado por mi bienestar, gracias por ser mi guía y confidente, por tanto amor incondicional, gracias por enseñarme a nunca darme por vencido, por ayudarme a entender los diferentes escenarios que presenta la vida. Los valores y las virtudes que he formado son gracias a ti mamá. “Si después de esta vida yo volviera a nacer solo una cosa le pediría a dios: que mi madre volviera a ser mi madre” gracias por todo, gracias por nunca rendirte, te amo.

A mi padre, Vicente Ramírez, sé que siempre me has acompañado en el camino, gracias por darme la vida y por heredarme tantas virtudes las cuales me han llevado hasta aquí, te mando un abrazo y un beso hasta el cielo te amo y te extraño mucho.

A mis abuelos María de la Luz y Sergio Picazo, les agradezco tanto el apoyo incondicional que me han brindado, por tratarme como uno más de sus hijos, por cuidar de mí desde pequeño, hicieron de mi infancia un tesoro. Sepan que gran parte de mis logros personales es por y para ustedes, son mi principal motivo para ser mejor, los amo.

A mi hermana Karen Picazo, por siempre estar cuando más necesite de un consejo. Te amo.

A mi familia en general por ser parte de este proceso.

# Agradecimientos.

---

Al Dr. Ismael Hernández Ávalos que ha sido mi ejemplo a seguir, gracias por todo el apoyo incondicional, gracias por creer en mí, por aceptarme en su clínica, por la confianza, por la gran enseñanza dentro y fuera de las aulas, por los consejos y regaños, por ayudarme a crecer de manera académica, personal y profesionalmente y sobre todo por el apoyo en el desarrollo del presente proyecto, estaré siempre en deuda con usted.

A la M. en MVZ. Elisa Miranda Cortes, gracias por toda la inmensa transmisión de conocimientos que me ha brindado, por el apoyo, por la confianza, por abrirme las puertas de su casa y de sus papás, gracias por tanta bondad, la admiro mucho usted es un gran ejemplo a seguir, gracias por ayudarme a sacar este trabajo a flote.

Dra. Elisa y Dr. Ismael mucho de lo que soy hasta el momento es gracias a ustedes los quiero mucho.

Al Dr. Jorge Rico, le agradezco infinitamente el apoyo, las charlas tan interesantes, las enseñanzas profesionales y personales, gracias por darme la motivación en todo momento.

Al Director el M. en C. Jorge Alfredo Cuéllar, gracias por la confianza, la enseñanza y los consejos que me brindo en mi estancia como consejero técnico.

A todos mis maestros en general, haciendo mención honorífica a la M en C. Cynthia González, M. en C. Javier Froylan, M. en C. Patxi Machín, M en C. Juan Carlos Valladares, M en A. Jorge López, MVZ Fajardo Román, pues lograron transmitir en mi los conocimientos necesarios e indispensables para desarrollarme profesionalmente.

A Miguel Garibay, Alberto Salazar, Jared Vázquez, Alan Robles, mis mejores amigos, tantos años de amistad incondicional, tantas experiencias y tantos recuerdos nos acompañan, han sido excelentes amigos y un gran apoyo a lo largo de mi vida.

A Alfredo Clavijo, Roberto Gutiérrez, Pablo Nieva, Charlie Soriano, Pamela Ramírez Quijano, Karen Chávez e Irving Dina, gracias por el apoyo durante toda la carrera, por ser tan incondicionales, tan generosos, tan buenos amigos, sigo sin saber cómo pagarles todo lo que hicieron por mí, gran parte de esto es gracias a ustedes, gracias por nunca dejarme caer.

A Belén Gómez, Hugo Curiel, Adalberto Víquez, Aline Lázaro, Farhyd Lievanos, Daniela Ávila, Emmanuel Nazareth, Fernanda Aguilera, Alejandro Martínez, Carlos Villafan,

Rebeca Dávila e Ivonne Vargas, gracias por formar parte del camino, su amistad y compañerismo es algo que atesorare por siempre.

A mis grandes amigos, Katia Amezcua. Akil López, Daniela Barragán, Itzel Hernández, Armando Sánchez, Fernanda Espinoza, gracias por la motivación, confianza y apoyo que me han brindado, cada uno de ustedes me ha dado herramientas para seguir creciendo personal y profesionalmente, el conocerlos ha sido de las mejores experiencias que me ha dado la vida.

A mis sinodales, M. en MVZ María del Rocío, M. en C. Gerardo Garza, M. en C. Enrique Flores Gasca, MVZ. Hugo Bernal, por el tiempo, las observaciones y consejos que me brindaron a mí y a mi proyecto de titulación.

A la M. en C. Diana Hernández y al M. en C. Alejandro Casas, gracias por la ayuda en el desarrollo experimental del presente proyecto.

A la generación 2014, por confiar en mí, por elegirme como miembro del consejo técnico y miembro del comité de generación, por los recuerdos y las vivencias. ¡Útero, vagina, glándula mamaria, arriba veterinaria!

A los animales de la FES Cuautitlán, sin ellos esto no hubiera sido posible.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por enseñarme que siempre debemos aspirar a la excelencia.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4, mi alma mater, mi segunda casa, a la cual le tengo una deuda infinita, gracias por la enseñanza dentro y fuera de las aulas, por enriquecer tanto mi preparación profesional, pero sobre todo gracias por enseñarme que por mi raza siempre hablara mi espíritu.

¡México, Pumas, Universidad!

# ÍNDICE GENERAL

---

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1.    Mecanismos reguladores del sistema cardiovascular.....	5
3.1.1.    Distribución de líquidos.....	5
3.1.2.    Fuerzas de Starling.....	6
3.1.3.    Ley de Frank Starling.....	9
3.1.3.1.    Gasto Cardíaco.....	9
3.1.3.2.    Precarga y precarga dependencia.....	10
3.2.    Monitorización del paciente anestesiado.....	12
3.2.1.    Monitorización básica.....	13
3.2.1.1.    Temperatura.....	13
3.2.1.2    Frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria.....	15
3.2.1.3    Profundidad anestésica (reflejos).....	16
3.2.2.    Monitorización Media.....	17
3.2.2.1.    Electrocardiograma (ECG).....	18
3.2.2.2.    Interpretación del ECG.....	19
3.2.2.3.    Presión arterial no invasiva.....	21
3.2.2.4.    SpO <sub>2</sub> .....	21
3.2.3.    Monitorización Avanzada.....	23
3.2.3.1.    Capnometría y Capnografía.....	23
3.2.1.1.    Índice Biespectral (BIS®).....	24

3.3.	Monitorización hemodinámica.....	25
3.3.1.	Índice de perfusión (Pi).....	25
3.3.2.	Índice de variabilidad pletismográfica (PVi).....	26
3.3.3.	Medición de los índices Pi y PVi.....	28
3.3.4.	Curva pletismográfica.....	29
3.3.5.	Factores que modifican los índices Pi y PVi. ....	31
3.3.6.	Capacidad del PVi para predecir la respuesta ante la terapia de fluidos intravenosa.....	34
4.	OBJETIVOS.....	39
4.1.	Objetivos generales.....	39
4.2.	Objetivos particulares.....	39
5.	HIPÓTESIS.....	39
6.	JUSTIFICACIÓN.....	40
7.1.	Materiales.....	42
7.1.1.	Físicos.....	42
7.1.2.	Químicos.....	43
7.1.3.	Biológicos.....	43
7.2.	Metodología.....	43
7.3.	Diseño estadístico.....	55
8.	RESULTADOS.....	56
9.	DISCUSIÓN.....	64
9.1.	Valores normales de Pi y PVi.....	66
9.2.	Sitio anatómico de medición.....	69
9.3.	Interacción con los parámetros cardiorrespiratorios.....	70
9.4.	Interacción farmacológica.....	74
9.5.	Soluciones cristaloides y coloidales.....	74



10.CONCLUSIONES.....	76
11.REFERENCIAS.....	77
12.ANEXOS.....	93

# ÍNDICE DE FIGURAS.

---

Figura 1. Triada anestésica de Cecil Gray.....	2
Figura 2. Triada anestésica de Cecil Gray y protección neurovegetativa. ....	3
Figura 3. Esquema vascular e intercambio de líquidos. ....	8
Figura 4. Curva de Frank Starling. ....	11
Figura 5. Curva de Frank Starling. ....	11
Figura 6. Sonda de temperatura esofágica y monitor multiparamétrico. ....	15
Figura 7. Área de auscultación mediata o indirecta en perros A) Auscultación del lado izquierdo; B) Auscultación del lado derecho. ....	15
Figura 8. Monitor multiparametrico, Monitoreo Holter en ECG. ....	19
Figura 9. Electrodo para ECG. ....	19
Figura 10. Interpretación del ECG. ....	20
Figura 11. Fases de la capnografía. ....	24
Figura 12. Proporción del flujo sanguíneo pulsátil y el flujo sanguíneo estático no pulsátil en el tejido periférico y cálculo del índice Pvi.....	28
Figura 13. Onda pletismográfica. ....	29
Figura 14. Comportamiento arterial durante la eyección de sangre en el proceso sistólico y diastólico. ....	30
Figura 15. Clasificación del tono vascular basada en la inspección visual de la forma de pletismografía.....	31
Figura 16. Curva de sensibilidad y especificidad de los índices dinámicos y estáticos para predecir la capacidad de respuesta del fluido.....	37
Figura 17. Colocación del co-oxímetro, Radical 7.....	44
Figura 18. Catéter estéril intravenoso. ....	45
Figura 19. Cateterización de la vena cefálica.....	46

Figura 20. Pre-medicación anestésica del paciente con clorhidrato de dexmedetomidina vía IV a dosis de 1-2 mcg/kg. ....	46
Figura 21. Inducción anestésica con Propofol.....	47
Figura 22. Colocación de cánula orotraqueal.....	48
Figura 23. Manómetro portátil AG Cuffil.....	48
Figura 24. Colocación del capnógrafo EMMA, en la imagen se puede apreciar a el co-oxímetro Radical 7 colocado en la lengua. ....	49
Figura 25. Mantenimiento anestésico con Isoflorano. ....	49
Figura 26. Vaporizador de isoflorano, en esta imagen se observa el dial ( $F_{V_{iso}}$ ) ajustado a 1.6% durante el mantenimiento anestésico de un paciente sometido a cirugía. ....	50
Figura 27-A. Paciente en decúbito dorsal embrocado, en los cojinetes se notan los electrodos para ECG, Capnógrafo EMMA, co-oxímetro Radical 7 colocado en la lengua. ....	51
Figura 27-B. Colocación de campos quirúrgicos. ....	51
Figura 28. Colocación del co-oxímetro de pulso Radical 7 en la lengua durante el procedimiento perioperatorio. ....	52
Figura 29-A. Monitor de signos vitales modelo VS2000VC (Utech Medical Device, China) durante el proceso perioperatorio.....	53
Figura 29-B. Monitor de oximetría y co-oxímetro, Radical 7 (Masimo, EUA).....	53
Figura 28-C. Estación de anestesia inhalada (Mindray®, modelo Wato EX20Vet), monitor multiparametrico, monitor de co-oxímetria radical 7, monitor Root 5, utilizados durante el procedimiento perioperatorio del presente estudio .....	54

# ÍNDICE DE TABLAS.

---

Tabla 1. Clasificación ASA en medicina veterinaria. ....	13
Tabla 2. Relación entre la saturación de SpO <sub>2</sub> y la PaO <sub>2</sub> . ....	22
Tabla 3. Factores que modifican el Pvi. ....	32
Tabla 4. Parámetros hemodinámicos fisiológicos y cardiorrespiratorios en perros y gatos anestesiados. ....	33
Tabla 5. Datos generales. ....	56
Tabla 6. Valores de referencia comparados con los valores obtenidos durante el perioperatorio de lo pacientes en estudio. ....	57
Tabla 7. Parámetros hemodinámicos y cardiorrespiratorios monitorizados durante 45 minutos que duró la anestesia con Isoflorano. ....	58
Tabla 8. Coeficientes de correlación de Pearson. ....	63

# ÍNDICE DE GRÁFICOS.

---

Gráfico 1. Valores del índice Pi en los pacientes sanos que integraron el estudio.....	59
Gráfico 2. Valores del índice Pi en los pacientes sanos que integraron el estudio.....	60
Gráfico 3. Monitorización intraoperatoria del índice Pi en los pacientes en estudio. ....	60
Gráfico 4. Monitorización intraoperatoria del índice Pi en los pacientes en estudio. ....	61
Gráfico 5. Monitorización intraoperatoria de la presión arterial media. ....	61
Gráfico 6. Comportamiento intraoperatorio de la temperatura. ....	62
Gráfico 7. Comportamiento intraoperatorio de la frecuencia respiratoria. ....	62
Gráfico 8. Comportamiento intraoperatorio del SpO <sub>2</sub> .....	63

# 1. RESUMEN.

El objetivo del presente estudio fue determinar los índices de perfusión (Pi) y de variabilidad pletismográfica (PVi) en pacientes sanos antes y durante el procedimiento perioperatorio en perras sometidas a OSH (ooforosalingohisterectomía) electiva, correlacionando estos parámetros con las variables cardiorrespiratorias, frecuencia cardiaca (FC), saturación de oxígeno, (SpO<sub>2</sub>) y presión arterial no invasiva (PNI), comparando en su caso tres puntos de medición o lectura del Pi y Pvi, siendo éstos la mucosa ótica, el belfo y la lengua. Se tomaron lecturas de los pacientes sin estar anestesiados, los resultados con respecto al Pi y Pvi fueron Oreja: Pi<sub>min.</sub> 0.06%, Pi<sub>max.</sub> 4% y Pi<sub>medio</sub> 0.69% ± 0.76; a su vez el PVi<sub>min.</sub> 6%, PVi<sub>max.</sub> 80% y PVi<sub>medio</sub> 28% ± 15. En el caso del belfo los datos fueron Pi<sub>min.</sub> 0.08%, Pi<sub>max.</sub> 3.7% y Pi<sub>medio</sub> 1.01 % ± 0.88; de igual forma el PVi<sub>min.</sub> 10%, PVi<sub>max.</sub> 83% y PVi<sub>medio</sub> 27% ± 14. Posteriormente los pacientes fueron preparados para el procedimiento anestésico quirúrgico, mismos que fueron pre-medicados con dexmedetomidina con una dosis de 2 mcg/kg IV, inducidos con Propofol a una dosis de 3-4 mg/kg IV, utilizando como analgésico citrato de fentanil 3-4 mcg/kg IV y lidocaína a 2 mg/kg IV, con un mantenimiento anestésico FV<sub>iso</sub> 1.2-2.5%, tomando en cuanto una velocidad de infusión de 10 ml/kg/hora de una solución isotónica. Las perras sometidas al experimento fueron ventiladas mecánicamente. De forma intraoperatoria las constantes fisiológicas FC, FR, T°, SpO<sub>2</sub>, PAM, Pi, PVi, EtCO<sub>2</sub> y fracción vaporizada de isoflorano (FV<sub>ISO</sub>) fueron evaluadas y registradas cada 5 minutos durante todo el procedimiento quirúrgico. Los resultados de PI y PVi se midieron en la lengua obteniendo los siguientes resultados: Pi<sub>min.</sub> 0.06%, Pi<sub>max.</sub> 8.9% y Pi<sub>medio</sub> 0.95% ± 0.83; mientras que el PVi<sub>min.</sub> 4%, PVi<sub>max.</sub> 55% y PVi<sub>medio</sub> 20% ± 5. En este caso existió una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ) con respecto a los sitios de medición en oreja y belfo. Se concluye que, la correcta monitorización cardiovascular, la evaluación del volumen intravascular y el mantenimiento de la normovolemia son cruciales y deben ser uno de los principales objetivos en la monitorización anestésica, lo cual permite un control más preciso del estado fisiológico del animal reduciendo las complicaciones intra y post-anestésicas.

## 2. INTRODUCCIÓN.

Los procedimientos anestésicos en animales domésticos datan desde hace más de 200 años, donde las primeras investigaciones estaban dirigidas a mejorar la práctica en medicina humana (Logroño, 2017). El término anestesia denota la pérdida temporal de la sensibilidad de una parte del cuerpo o de su totalidad, provocada por la administración de una sustancia química (anestésico). La anestesia general se caracteriza por la presencia de hipnosis (disminución temporal de la percepción del medio externo y de la capacidad de respuesta), relajación muscular (supresión del tono muscular e hipereflexia de miembros) y analgesia (desensibilización durante la nocicepción y pérdida de la percepción del dolor del paciente) (figura 1) (Otero, 2012; Clarke *et al.*, 2014).

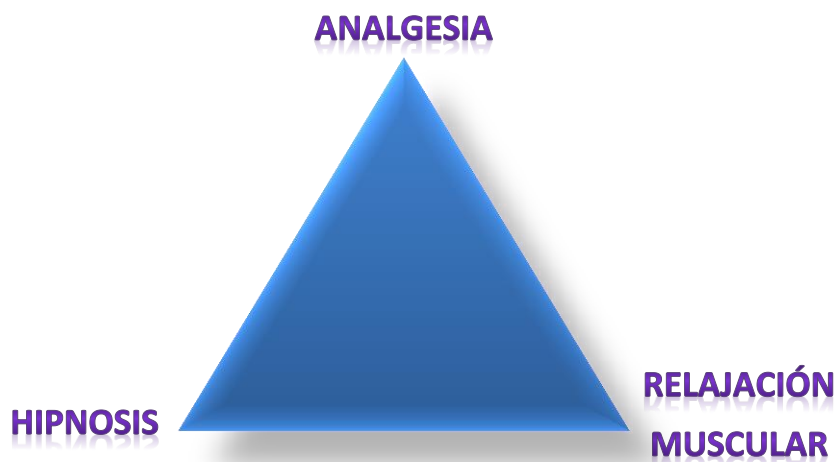


Figura 1. Triada anestésica de Cecil Gray  
(Clarke *et al.*, 2014).

En la triada anestésica de Cecil Gray (1946) que da fundamento al estado de anestesia general se han aumentado dos criterios a considerar (figura 2); en primera instancia, la protección neurovegetativa del sistema nervioso con la consecuente capacidad de respuesta al medio y en segunda, el mantenimiento de constantes donde se busca llegar a un equilibrio entre los efectos de los agentes y la respuesta orgánica ante los mismos (Shafer, 2011).

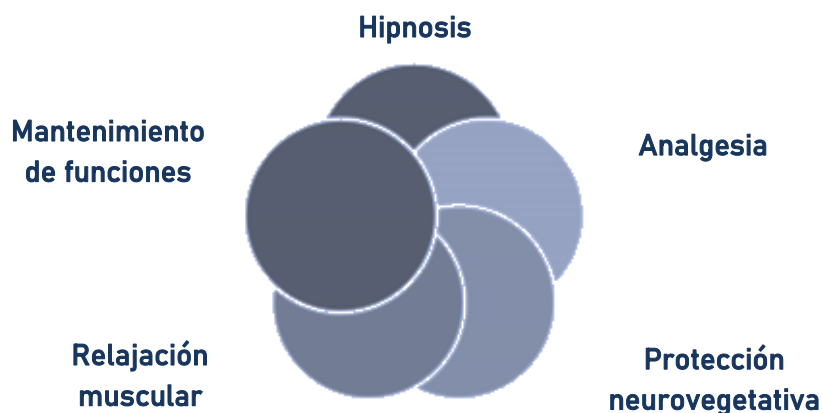


Figura 2. Triada anestésica de Cecil Gray y protección neurovegetativa. (Shafer, 2011).

En el campo de la anestesiología veterinaria durante la última década se han realizado diversos estudios sobre diferentes combinaciones de fármacos depresores del sistema nervioso central (SNC) que se pueden usar para la sedación y la anestesia tanto en perros como en gatos. Sin embargo, la selección de un fármaco sobre otro puede aumentar la seguridad de la anestesia (Clarke *et al.*, 2014).

Esta disciplina ha presentado un notable desarrollo en las últimas décadas debido a la complejidad y a la aplicación de diversidad de técnicas que pueden aplicarse en animales, así como a la generalización del uso de sistemas de monitorización básica y avanzada, técnicas de soporte cardiorrespiratorias así como a una mejor comprensión y manejo del dolor perioperatorio (Tranquilli *et al.*, 2007).

Es importante destacar que la anestesiología sirve de apoyo a la realización de técnicas quirúrgicas y de diversos procedimientos no invasivos (Logroño, 2017), donde el equipo de monitorización se vuelve imprescindible tanto en medicina humana como en la práctica veterinaria, lo que permite un control más preciso del estado fisiológico del animal reduciendo las complicaciones intra y post-anestésicas. Por lo tanto, el objetivo de la monitorización de los pacientes se basa en el deseo de mejorar el bienestar animal, ya que se agregan beneficios como una recuperación más rápida y controlada, un tiempo de hospitalización más corto y una mejor satisfacción del cliente (Clarke *et al.*, 2014).



El monitoreo cardiovascular proporciona información más detallada sobre el estado hemodinámico del paciente, ayudando al médico a evaluar el volumen intravascular y el estado cardíaco del paciente guiando el uso racional de líquidos intravenosos y fármacos vasoactivos (Shaw *et al.*, 2016).

El monitor Radical-7 (Masimo, USA) utiliza la tecnología de pulsioximetría de pulso para proporcionar una monitorización continua no invasiva sobre la actividad hemodinámica. Mientras que la oximetría de pulso común usa emisores de luz roja (660 nm) e infrarroja (950 nm), el co-oxímetro de pulso Radical-7 usa 8 longitudes de onda en el espectro de luz en un rango de 500 a 1,300 nm. Las diferentes densidades ópticas de la luz en diferentes longitudes de onda se analizan y se convierten en una señal digital utilizando un algoritmo. Además de la saturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>), frecuencia del pulso, el índice de perfusión (Pi) e índice de variabilidad de pletismográfica (PVi), la pulsioximetría de pulso permite la medición no invasiva de hemoglobina total (SpHb), carboxihemoglobina (COHb), metahemoglobina, (MetHb) (Jaffer *et al.*, 2019).

Es por ello que las observaciones y mediciones de ciertos parámetros antes, durante y después de los procedimientos anestésico-quirúrgicos proporcionan datos importantes para respaldar la evaluación clínica del paciente en el transcurso del perioperatorio, mejorando con ello las posibilidades de supervivencia y bienestar del mismo (Clarke *et al.*, 2014; Vaidehi *et al.*, 2014; Ramírez-Picazo *et al.*, 2021). Así, el objetivo del presente estudio fue determinar los índices de perfusión (Pi) y de variabilidad pletismográfica (PVi) en pacientes sanos antes y durante el procedimiento perioperatorio en perras sometidas a (ooforosalingohisterectomía) OSH electiva, correlacionando estos parámetros con las variables cardiorrespiratorias, frecuencia cardíaca (FC), saturación de oxígeno, (SpO<sub>2</sub>) y presión arterial no invasiva (PNI), comparando en su caso tres puntos de medición o lectura del Pi y Pvi, siendo éstos la mucosa ótica, el belfo y la lengua.

## 3. MARCO TEÓRICO.



El estudio anatomofisiológico del aparato cardiovascular debe integrar las funciones del corazón, los vasos sanguíneos y la sangre, haciendo énfasis en el transporte sanguíneo de numerosas sustancias esenciales para la vida (Stephenson, 2014).

En medicina veterinaria es frecuente encontrar alteraciones de las funciones transportadoras del sistema cardiovascular. Algunas de éstas son primarias, tal es el caso de una hemorragia. Este evento provoca una disminución en el retorno venoso lo que a su vez genera una reducción en el gasto cardíaco, con una respuesta barorreceptora debido a la caída de la presión arterial, lo cual es común en un procedimiento quirúrgico. Así, para evitar que estos fenómenos se acentúen se administran soluciones intravenosas compensatorias, sin embargo la evaluación hemodinámica tiende a ser un tanto compleja ya que los marcadores hemodinámicos tradicionales como la frecuencia cardíaca (FC), la presión venosa central (PVC) y la presión arterial no invasiva (PNI), han demostrado ser insuficientes para evaluar el comportamiento hemodinámico. Por estas razones, se necesitan nuevos parámetros clínicos que identifiquen de una forma más sencilla la reactividad hemodinámica de los pacientes que reciben terapia de fluidos intraoperatoria, ya que la administración de estos se considera beneficiosa solo si el paciente se encuentra en la parte ascendente de la curva de Frank-Starling (Stephenson, 2014; Navarro *et al.*, 2015; Gould *et al.*, 2019).

### **3.1. Mecanismos reguladores del sistema cardiovascular.**

#### **3.1.1. Distribución de líquidos.**

La distribución de los líquidos tiene un comportamiento equilibrado en el interior del organismo de los animales lo que permite una adecuada homeostasis hidroelectrolítica. El volumen total de líquidos es de aproximadamente 60% del peso corporal del animal, sin embargo, el porcentaje de líquido varía de acuerdo a la edad de los animales; así por

ejemplo, en cachorros el porcentaje puede ser de hasta un 85%, el cual disminuirá conforme al desarrollo metabólico y crecimiento físico. Por el contrario, en su fase adulta este parámetro corresponde a un 50-60% del peso corporal, aunque en animales de una edad avanzada este porcentaje puede disminuir más (Stephenson, 2014).

Los líquidos corporales se encuentran distribuidos en el organismo siguiendo un modelo tricompartmental (Muir, 2015):

1. Espacio intracelular:

Representa a todo el líquido que se encuentra dentro de las células (60% del volumen total).

2. Espacio extracelular:

Se refiere a todo líquido que está afuera de las células, representando aproximadamente entre 35-38% del volumen total; de igual forma este se divide en 2 compartimentos, los espacios intersticial (75% del volumen extracelular) e intravascular (25% del volumen extracelular), éste último localizado en el interior de los vasos sanguíneos (Levick, 2010):

3. Transcelular.

Se encuentra en los espacios aislados o sellados, teniendo un porcentaje muy bajo en el intercambio de líquidos. Representa aproximadamente el 2% del volumen total, tomando en cuenta al líquido cefalorraquídeo, sinovial, gástrico y humor vítreo principalmente (Muir *et al.*, 2011; Stephenson, 2014).

### 3.1.2. Fuerzas de Starling

En la distribución de los líquidos corporales, las fuerzas que regulan este fenómeno entre los compartimentos extracelulares se conocen como fuerzas de Starling (Scallan *et al.*, 2010).

La presión hidrostática en los capilares y la presión oncótica de los coloides en el líquido intersticial favorecen el movimiento de líquido del espacio vascular al extravascular (Braunwald *et al.*, 2016). En cambio, la presión oncótica coloide a la que contribuyen las proteínas plasmáticas y la presión hidrostática en el líquido intersticial favorecen el desplazamiento de líquido al compartimiento vascular. Es decir existen 2 tipos de presiones hidrostáticas las cuales son:

1.- Presión hidrostática capilar; se refiere a la presión del plasma sobre la pared capilar la cual genera una filtración de líquido hacia el intersticio.

2.- Presión hidrostática intersticial; esta es la fuerza que tiene el agua acumulada en el intersticio y que tiende a actuar como fuerza de reabsorción o de empuje.

De igual forma se describen 2 tipos de presión oncótica.

1.- Presión oncótica capilar, donde hay una presión osmótica o de succión provocado por proteínas, principalmente albúmina, donde estas generan una tendencia a la reabsorción del líquido desde el intersticio hacia el capilar, a la vez evitando que este se filtre o genere un reflujo.

2.- Presión oncótica intersticial, es la fuerza de succión que tiende a filtrar líquido desde el plasma hacia el intersticio provocado por las proteínas, sin embargo al no existir proteínas en el intersticio en condiciones normales el valor de la presión oncótica intersticial es próxima a 0 mmHg. (Levick *et al.*, 2010; Scallan *et al.*, 2010; Heidemann, 2014; Stephenson, 2014; Braunwald *et al.*, 2016; Haggerty, 2019).

La fuerza conductora neta es la suma algebraica de la diferencia de presión oncótica y la presión hidrostática entre los capilares y el líquido intersticial, la cual se expresa en el siguiente algoritmo:

$$\text{Fuerza neta conductora en el capilar} = (P_c - P_i) - (\pi_c - \pi_i)$$

Dónde:

$P_c$  = Presión hidrostática en el capilar.

$P_i$  = Presión hidrostática en el espacio intersticial

$\pi_c$  = Presión oncótica del plasma sanguíneo en el capilar (alrededor de 28 mmHg).

$\pi_i$  = Presión oncótica del líquido intersticial (cercana a 0 mmHg, aunque depende de cada tejido)

Los valores nominales para estas presiones en los tejidos sistémicos son los siguientes:

$$P_c = 18 \text{ mmHg}$$

$$P_i = -7 \text{ mmHg}$$

$$\pi_c = 25 \text{ mmHg};$$

$$\pi_i = 1 \text{ mmHg}.$$

La solución de la ecuación sustituyendo los valores es:

$$\begin{aligned} \text{Presión neta} &= (18\text{mmHg} - 7\text{mmHg}) \\ &\quad - (25\text{mmHg} - 1\text{mmHg}) \\ &= +1\text{mmHg} \end{aligned}$$

En consecuencia, hay un desplazamiento de agua y de solutos difusibles del espacio vascular al extremo arteriolar de los capilares. El líquido regresa del espacio intersticial hacia el sistema vascular en el extremo venoso de los capilares y a través de los vasos linfático, siempre y cuando la presión resultante no sea mayor a +4mmHg (Figura 3) (Heidemann, 2014; Braunwald *et al.*, 2016).

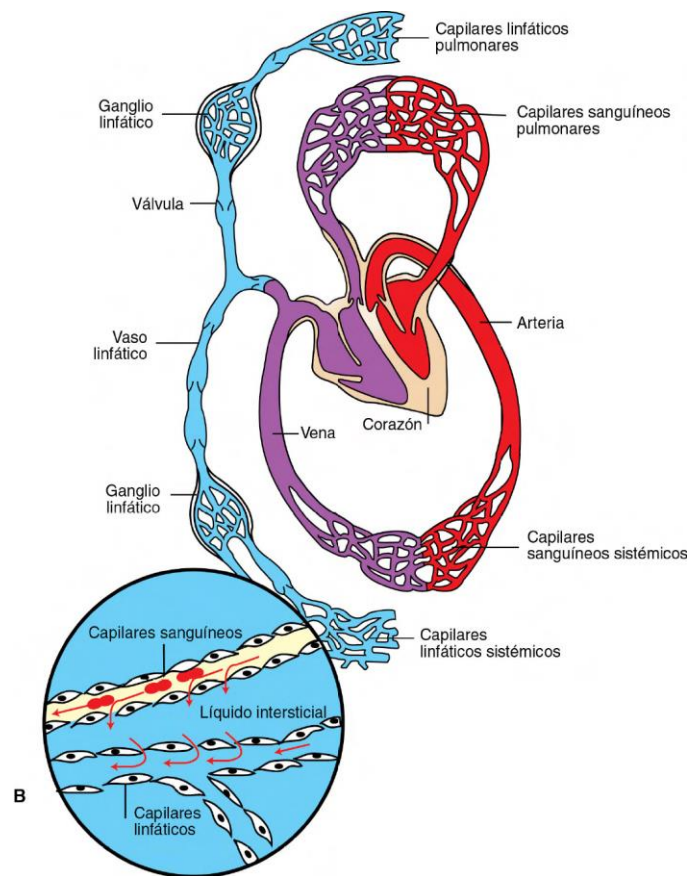


Figura 3. Los vasos linfáticos recogen el exceso de líquido intersticial de los tejidos de todo el cuerpo (incluidos los pulmones) y lo llevan a las venas subclavias donde la linfa vuelve a entrar en la circulación. El plasma se indica en amarillo, el líquido intersticial y la linfa en azul (Stephenson RB. 2014).

### 3.1.3. Ley de Frank Starling.

En definición la Ley de Frank-Starling se describe como “La energía de contracción del ventrículo que depende de la longitud inicial de las fibras miocárdicas”, en otras palabras, entre más se distiende el corazón tomando en cuenta las fibras del miocardio (se genera un aumento del volumen sanguíneo), mayor será la fuerza de la contracción ventricular posterior. Por lo tanto, el mecanismo de Frank-Starling describe la capacidad del corazón para aumentar su fuerza de contracción y, por lo tanto, el volumen sistólico en respuesta a los aumentos en el retorno venoso. Esto es una propiedad fundamental del corazón la cual proporciona una respuesta inmediata en los latidos, teniendo cambios en el volumen de precarga (Shiels *et al.*, 2008; Gould *et al.*, 2019).

#### 3.1.3.1. Gasto Cardiaco.

Descrito por Stephenson (2014), este concepto se refiere al volumen de sangre bombeado por el ventrículo izquierdo hacia el ventrículo derecho (circulación sistémica) por minuto, el cual en reposo de todas las especies de mamíferos habituales en veterinaria es de alrededor de 3 litros por minuto por metro cuadrado (L/min/m<sup>2</sup>), siendo la fórmula de m<sup>2</sup> la siguiente:

$$m^2 = [(Peso\ corporal \times 4) + 7] \div (Peso\ corporal + 90)$$

El gasto cardíaco es igual al producto de la frecuencia cardíaca (FC) y el volumen sistólico (SV), por lo que cualquier cambio en FC o SV pueden afectarlo directamente. Un gasto cardíaco óptimo asegura una buena perfusión tisular y suministro de oxígeno a los órganos vitales (Vaidehi *et al.*, 2014).

### 3.1.3.2. Precarga y precarga dependencia.

La precarga es un determinante principal en el gasto cardiaco la cual se define como el grado de estiramiento máximo o tensión de las fibras miocárdicas antes del inicio de la contracción ventricular (Sabatier *et al.*, 2012).

El estiramiento de los miocitos provoca un aumento en la longitud del sarcómero, esto conduce a la generación de fuerza, lo que facilita la expulsión de la sangre al retorno venoso, por lo tanto, aumenta el SV. Esta capacidad del corazón para aumentar su función sistólica, SV y gasto cardiaco (CO) en respuesta a los cambios en la precarga ventricular se denomina mecanismo de Frank-Starling o ley del corazón de Starling (Levitov *et al.*, 2012).

Según la ley de Frank-Starling, existe una relación positiva entre la precarga y el volumen sistólico, de tal modo que, cuanto mayor es la precarga ventricular (y, por lo tanto, el grado de estiramiento de sus fibras miocárdicas), mayor es el volumen sistólico. Sin embargo, esta relación, como en la mayoría de los fenómenos fisiológicos de nuestro organismo, no es lineal, sino curvilínea. Por lo que, una vez alcanzado un valor concreto de precarga, incrementos posteriores no tienen traducción significativa en el volumen sistólico. (Asnes *et al.*, 2006; Pavlov *et al.*, 2016)

La representación gráfica de este comportamiento se denomina curva de Frank-Starling o curva de función ventricular (Figura 4) en la que se pueden delimitar dos zonas: una pendiente, donde cambios mínimos de la precarga originan un marcado incremento del volumen sistólico (zona de precarga-dependencia), y otra plana, donde el volumen de eyección apenas varía con las modificaciones de la precarga (zona de precarga-independencia) (Shiels *et al.*, 2008; Sabatier *et al.*, 2012).

Este comportamiento determina que, para que se produzca un aumento del volumen sistólico izquierdo, ambos ventrículos deben operar en la parte pendiente o zona de precarga-dependencia de la curva de Frank-Starling. En caso contrario, cualquier medida terapéutica dirigida a incrementar la precarga (como la administración de fluidos) ocasionará tan sólo un aumento de las presiones intracardiacas sin beneficio hemodinámico alguno (Natalini *et al.*, 2006; Sabatier *et al.*, 2012)

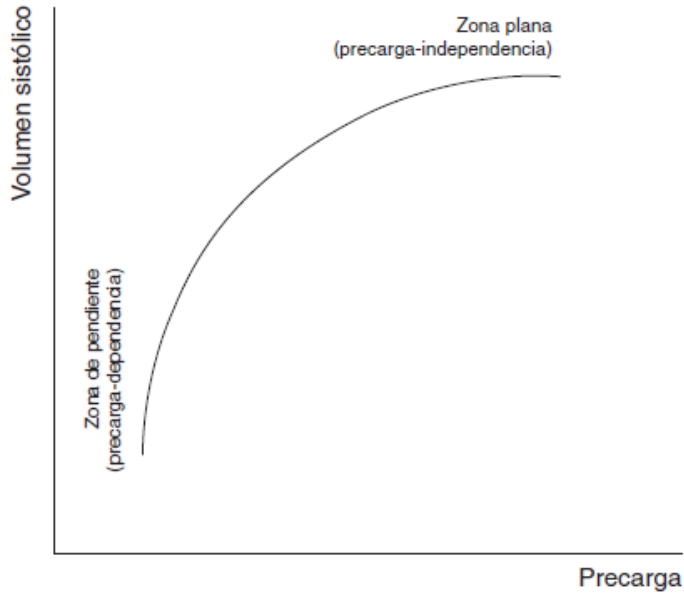


Figura 4. Curva de Frank Starling (Sabatier *et al.*, 2012).

El eje X está representado por la precarga o volumen diastólico final, mientras que el eje Y está representado por CO o SV. En la figura 5 el paciente A es hipovolémico y se encuentra en la parte descendente de la curva. La modificación de precarga con fluidoterapia aumenta el CO o SV visto como un  $a'$ . El paciente B se encuentra en la porción ascendente. Un aumento en la precarga del ventrículo izquierdo no cambia el CO o SV de manera significativa, visto como  $b'$ . (Figura 5) (Vaidehi, 2014; Gould *et al.*, 2019).

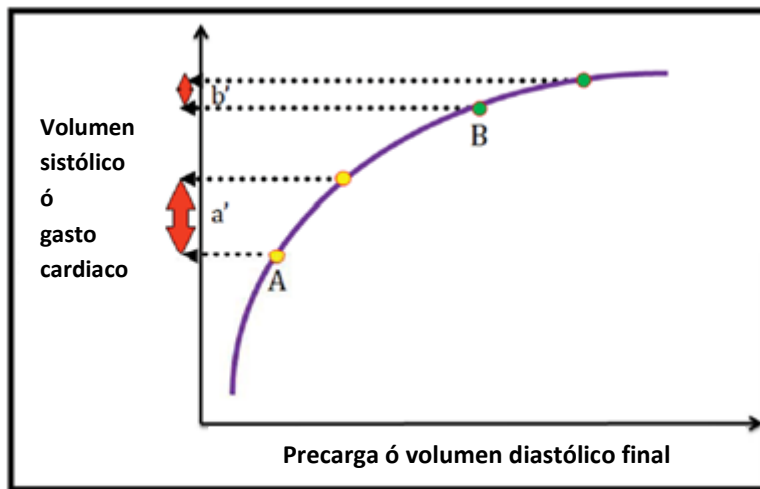


Figura 5. Curva de Frank Starling (Vaidehi, 2014).



### **3.3 . Monitorización del paciente anestesiado.**

En el caso de la anestesiología, la monitorización se refiere al registro de los estándares básicos de monitoreo que tienen como objetivo medir y vigilar los parámetros fisiológicos del paciente, entre ellos la oxigenación, ventilación, función cardiorrespiratoria, temperatura, grado o nivel de relajación muscular y el estado de consciencia del paciente sometido a un procedimiento anestésico-quirúrgico, por lo que de acuerdo a lo anterior la monitorización se divide en 3 tipos o niveles; básica, intermedia y avanzada (Álvarez *et al.*, 2013). La aplicación de los distintos niveles de monitorización se relaciona directamente con el grado de enfermedad del paciente y con el tipo de intervención médica o quirúrgica que se deba realizar de manera que las necesidades de monitorización en los pacientes son diferentes según los niveles de atención médica (Lake, 1993).

Con el fin de estratificar a los pacientes según su gravedad en las distintas unidades médicas y quirúrgicas, se suelen aplicar índices de riesgo para clasificarlos de acuerdo con su estado de salud, esto con el propósito de estimar de forma aproximada la posible morbimortalidad perioperatoria, para así establecer el tratamiento adecuado con base en la monitorización, con vistas a prevenir posibles complicaciones. El índice de riesgo más utilizado en anestesiología veterinaria es la clasificación ASA (American Society of Anesthesiologists) (tabla 1) (Muir, 2007).

<b>Tabla 1. Clasificación ASA en medicina veterinaria.</b>		
<b>Clasificación</b>	<b>Estado de salud</b>	<b>Ejemplo de esta categoría</b>
<b>ASA I</b>	Pacientes sanos.	Paciente sometido a cirugía electiva como ooforosalingohisterectomía y orquiectomía
<b>ASA II</b>	Pacientes que presentan una enfermedad leve, sin limitaciones funcionales que en su mayoría no involucran cavidades.	Tumor cutáneo. Infección localizada. Fractura sin shock. Enfermedad cardíaca compensada.
<b>ASA III</b>	Pacientes con enfermedad sistémica severa, que puede o no involucrar cavidades.	Fiebre. Deshidratación. Anemia. Caquexia. Hipovolemia moderada.
<b>ASA IV</b>	Pacientes con enfermedad sistémica grave que es una amenaza para la vida y en su mayoría involucra cavidades.	Vólvulo gástrico. Hemoabdomen. Uremia. Toxemia. Deshidratación severa $\geq 8\%$ . Descompensación cardíaca.
<b>ASA V</b>	Paciente agonizante.	Shock extremo. Trauma severo.
<b>ASA VI</b>	Paciente declarado con muerte cerebral o con un daño irreversible a nivel de sistema nervioso.	Trauma craneoencefálico severo.

Tabla 1. Clasificación ASA en medicina veterinaria (Muir, 2007; Kloppis *et al.*, 2015; Abouleish *et al.*, 2015.)

### 3.2.1. Monitorización básica.

Es el tipo de monitorización mínima obligatoria a la que se recurre en procedimientos quirúrgicos menores. Este tipo de monitorización se basa en la sencillez de su realización y la cantidad de información aportada (Roach *et al.*, 2019).

#### 3.2.1.1. Temperatura.

Todo paciente durante la anestesia debe tener una monitorización en forma sistemática con el registro de la temperatura, lo que permite mantenerlo en un estado de eutermia fisiológica. Con la monitorización se pueden detectar a tiempo alteraciones térmicas como

la hipotermia o hipertermia no intencionadas, por lo que la identificación temprana de estas modificaciones permite al anestesiólogo veterinario manejar adecuadamente a aquellos pacientes en los que se induce una hipotermia terapéutica (Alkire *et al.*, 2008). La temperatura normal de un perro adulto en reposo es de 38.5° Celsius (°C), no obstante, esta puede oscilar entre los 37.9–39.5 °C. Se considera que un paciente está hipotérmico cuando su temperatura central es menor de 36.6 °C en un procedimiento quirúrgico (Robinson, 2014). Así mismo existen tres variantes de hipotermia las cuales se dividen en leve, moderada y severa (Armstrong *et al.*, 2005), siendo en perros sometidos a cirugía las siguientes:

Hipotermia leve: 37.0 – 32.0°C

Hipotermia moderada: 32.0 – 28.0°C

Hipotermia severa: menor de 28.0°C

La hipotermia disminuye el metabolismo, provocando una disminución en el consumo de oxígeno (O<sub>2</sub>) en un 7-9% por cada grado que disminuye la temperatura, además la hipotermia puede provocar la incapacidad de biotransformar los anestésicos, provocando con ello la recuperación prolongada y el deterioro en la cicatrización de heridas. Por el contrario, la hipertermia puede provocar daños neurológicos o la muerte, si no se trata de manera agresiva y oportuna; aunque algunos autores describen que este estado también genera un aumento en el metabolismo, dando por resultado la necesidad de oxígeno y glucosa (Alkire *et al.*, 2008; Ko *et al.*, 2012).

La temperatura corporal se puede controlar continuamente con una sonda de temperatura esofágica (Figura 6) que mide la temperatura de la sangre que fluye a través de la aorta. Alternativamente, se puede obtener una temperatura rectal o timpánica con un termómetro regular (Ko *et al.*, 2012).

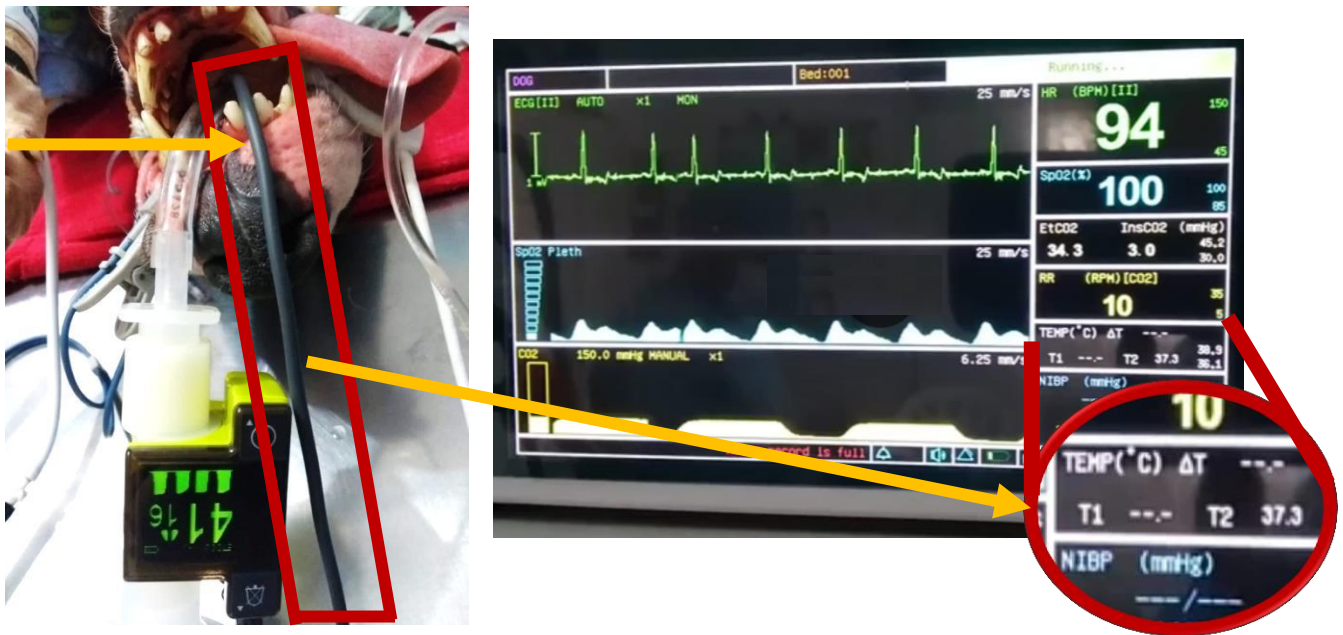


Figura 6. Sonda de temperatura esofágica y monitor multiparamétrico

### 3.2.1.2 Frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria.

Para poder medir la frecuencia cardíaca (FC) y la frecuencia respiratoria (FR) en la monitorización básica, se requiere del uso de un estetoscopio o esofagoscopio. En el primer caso, se realiza una auscultación mediata o indirecta entre el 3° y el 5° espacio intercostal del lado izquierdo principalmente (Ynaraja, 2015) (Figura 7). En un paciente adulto y sano el corazón late aproximadamente de 80–140 veces por minuto (normocardia), cuando aumenta por encima de 140 latidos por minuto se denomina taquicardia; así como la disminución de la FC por debajo de 80 latidos por minuto lleva el nombre de bradicardia (Radostits, 2002).



Figura 7. Área de auscultación mediata o indirecta en perros A) Auscultación del lado izquierdo; B) Auscultación del lado derecho (Ynaraja, 2015).

En un paciente anestesiado este parámetro puede llegar a modificarse pues, existen sedantes, anestésicos y analgésicos, que por su mecanismo de acción, modifican el comportamiento normal del corazón, los cuales pueden llegar a producir arritmias, bloqueos atrio-ventriculares y bradicardias en su mayoría, sin embargo con una monitorización adecuada esto se puede revertir, es por ello que un paciente anestesiado debe de tener una FC en un rango de 60 a 120 latidos por minuto, asegurando de esta manera una perfusión sanguínea adecuada en los procedimientos anestésico-quirúrgicos (Radostits 2002; Ko *et al.*, 2012).

La auscultación pulmonar es una herramienta muy útil, ya que permite estimar la ventilación del paciente de forma muy adecuada, como lo demuestra el hecho de que la intensidad de los ruidos respiratorios auscultados a través de un estetoscopio presenta una excelente correlación con la ventilación regional de los pulmones, valorada esta última mediante espirometría en monitorización avanzada (Leblanc *et al.*, 2000).

La FR en perros adultos en estado de reposo oscila entre 15–30 respiraciones por minuto auscultando la zona torácica, sin embargo, como sucede en la FC, por su mecanismo de acción los sedantes, inductores, anestésicos y analgésicos de tipo opioide, por ejemplo, pueden llegar a producir apnea (disminución de la frecuencia respiratoria), es por ello que la monitorización de la FR debe ser continua durante todo el procedimiento perioperatorio. En pacientes anestesiados la respiración aceptable debe oscilar entre las 8–20 respiraciones por minuto, esto dependiendo del modo y tipo de ventilación, estado del paciente, raza y en algunas ocasiones la edad (Otto *et al.*, 2002; Ko *et al.*, 2012).

### 3.2.1.3 Profundidad anestésica (reflejos).

Monitorizar la profundidad anestésica tiene como objetivo ajustar en tiempo real las cantidades de fármacos administrados al paciente de acuerdo a sus necesidades reales, principalmente la dosis de anestesia, la cual tiene que ser lo suficientemente efectiva como para impedir la conciencia del paciente (Schwender *et al.*, 2000).

En este sentido, el uso de bloqueadores neuromusculares genera problemas en la interpretación de los signos clínicos clásicos de profundidad anestésica como los movimientos musculares y respiratorios. Sin embargo, en la monitorización básica la profundidad anestésica es evaluada con base en la ausencia o persistencia de algunos reflejos específicos, posición del globo ocular, así como en el grado de relajación muscular y el tono mandibular. Los reflejos a evaluar son la ausencia de reflejo palpebral y persistencia del reflejo corneal, pérdida del reflejo del dolor profundo haciendo pinzamientos en los pliegues del paciente, observar una rotación ventromedial del globo ocular y la relajación mandibular. Esto conlleva de una manera subjetiva, a afirmar que el paciente se encuentra en plano quirúrgico. Como consecuencia de una evaluación básica se reportan casos de pérdida incompleta de la conciencia durante los actos quirúrgicos, con secuelas por la percepción de dolor (Schwender *et al.*, 2000; Aguado *et al.*, 2007; Sebel *et al.*, 2004).

### 3.2.2. Monitorización Media.

Hace referencia a un nivel más avanzado de monitorización y sobre todo más tecnificado, el cual surge de la necesidad de monitorizar determinados parámetros biológicos con relativa frecuencia sin que suponga una sobrecarga excesiva para el paciente y los médicos veterinarios encargados, o bien de realizar una monitorización continua debido al estado del paciente (Solaz *et al.*, 2009).

La monitorización anestésica es fundamental para asegurarse de que el animal mantiene un estado hemodinámico, respiratorio y metabólico adecuado a pesar de encontrarse bajo la acción de fármacos anestésicos, analgésicos y sedantes que pueden tener efectos negativos sobre estos sistemas orgánicos (Granados *et al.*, 2019).

El registro del electrocardiograma (ECG) al menos en la derivada II, la determinación de la presión arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD) y media (PAM), la medición de la saturación de oxígeno (SPO<sub>2</sub>), la concentración de CO<sub>2</sub> al final de la espiración (EtCO<sub>2</sub>) y el registro de la temperatura, se han definido como los parámetros básicos de

monitorización continua en los procedimientos perioperatorios (Asuero *et al.*, 2004; Granados *et al.*, 2019).

### 3.2.2.1. Electrocardiograma (ECG).

La electrocardiografía en la práctica clínica veterinaria, constituye una herramienta importante que debe usarse continuamente durante el período perioperatorio para obtener información rápida y en tiempo real sobre la frecuencia y el ritmo cardíaco ya que es una herramienta diagnóstica de utilidad básica. En pacientes con signos clínicos cardiológicos constituye la mejor alternativa diagnóstica para evaluar la actividad eléctrica del corazón de forma no invasiva. El ECG permite demostrar la presencia de arritmias, además de que colabora en la evaluación prequirúrgica permitiendo ajustar el riesgo preanestésico, ayudando a monitorizar los tratamientos farmacológicos de pacientes cardiópatas, lo mismo que contribuye a la vigilancia de la conducción y repolarización cardíaca, así como a la prevención de la asistolia. También aporta datos de isquemia miocárdica a través del segmento ST y complementa el diagnóstico en patologías de origen metabólico y endócrino (Meder, 2010; Ko *et al.*, 2012; Mellema *et al* 2015).

Un ECG puede ser registrado de dos maneras; mediante un registro convencional que permite evaluar la actividad eléctrica cardíaca durante algunos minutos o un registro de tipo Monitoreo Holter que se adosa al cuerpo del paciente y recoge la información durante períodos prolongados a través de un monitor multiparamétrico (Figura 8). En ambos casos la conductividad eléctrica se lleva a cabo mediante electrodos o pinzas cocodrilo colocados sobre los codos y rodillas del animal o bien en las almohadillas de éste (figura 9), mediante la aplicación de gel de conducción y/o alcohol medicinal en los electrodos de ECG minimiza los artefactos y el ruido eléctrico de fondo en el monitor (Aguado *et al.*, 2007; Álvarez-Reséndiz *et al.*, 2013).

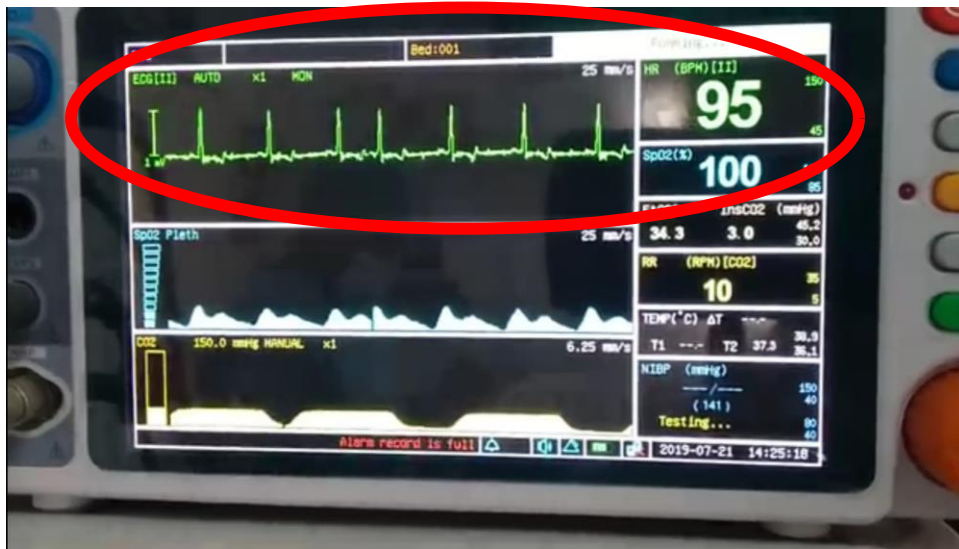


Figura 8. Monitor multiparametrico, Monitoreo Holter en ECG.



Figura 9. Electrodo para ECG.

### 3.2.2.2. Interpretación del ECG.

El trazo ECG se compone por un ciclo repetitivo de ondas denominadas cada una de ellas por una letra (P-Q-R-S-T-), en consecuencia cada una de ellas refleja la actividad eléctrica del corazón donde en un inicio la onda P es el reflejo de la despolarización auricular mientras que el intervalo PR representa la conducción del impulso eléctrico entre los nodos sinoauricular y auriculoventricular. La medición se realiza desde el inicio de la onda P



hasta el inicio del complejo QRS, donde este último representa la despolarización ventricular, siguiendo con la onda T la cual representa la fase de repolarización cardiaca. Esta última, puede ser negativa o positiva pero no debe ser superior a un 25% del tamaño del complejo QRS. El segmento ST debe medirse desde el final de la onda S hasta el inicio de la onda T (Figura 10) (Matthew *et al.*, 2012).

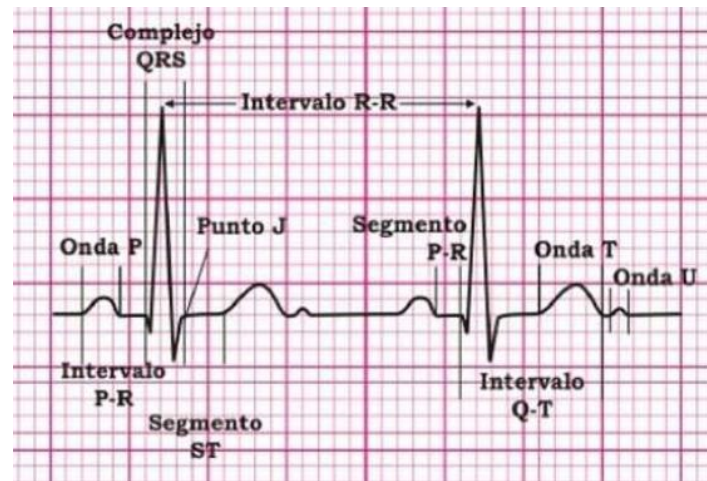


Figura 10. Interpretación del ECG (Matthew *et al.*, 2012).

Las tecnologías de monitoreo hemodinámico menos invasivas o incluso completamente no invasivas han evolucionado durante las últimas décadas. Los dispositivos invasivos establecidos, como el catéter de la arteria pulmonar y la termodilución transpulmonar, todavía tienen un lugar basado en la evidencia en el entorno perioperatorio, aunque solo en poblaciones especiales de pacientes. La evidencia acumulada sugiere utilizar un monitoreo hemodinámico continuo, especialmente variables basadas en el flujo como el volumen sistólico o el gasto cardíaco para prevenir la hipoperfusión oculta y, en consecuencia, disminuir la morbilidad y la mortalidad perioperatoria. Sin embargo, todavía hay una brecha sustancial entre la evidencia proporcionada por los ensayos aleatorios y la implementación de la monitorización hemodinámica en la rutina clínica diaria (Bein *et al.*, 2019).

### 3.2.2.3. Presión arterial no invasiva.

La determinación de la presión arterial de forma no invasiva se realiza mediante un mango o brazalete de presión colocado en una arteria (radial, metacarpiana o metatarsiana). El análisis del índice de variabilidad pletismográfica, la amplitud y forma de la onda permite durante la ventilación mecánica inferir datos de interés, relacionados con la actividad cardiovascular del paciente, empero esto se describirá en el capítulo de monitorización avanzada donde se explica cómo a través de este análisis se puede evaluar frecuencia, ritmo y contractilidad cardíaca, así como el estado hemodinámico (Álvarez-Reséndiz *et al.*, 2013; Roach *et al.*, 2019).

Sin embargo es importante destacar que los valores normales de la presión arterial en un paciente sometido a un procedimiento anestésico quirúrgico son los siguientes; en el caso de la PAS el rango va de 90 a 140 mmHg, para la PAD se aceptan 40 a 90 mmHg, por lo tanto la PAM va de 60 a 90 mmHg, siendo esta última de mayor importancia en medicina veterinaria.

### 3.2.2.4. SpO<sub>2</sub>

El SpO<sub>2</sub> se refiere a la saturación de oxígeno en los vasos sanguíneos de los tejidos periféricos, este valor se refleja en porcentaje. Es una medición no invasiva del oxígeno transportado por la hemoglobina en el interior de los vasos sanguíneos. Se realiza con un aparato llamado pulsioxímetro o saturómetro (García *et al.*, 2000)

El pulsioxímetro tiene un transductor con dos piezas, un emisor de luz y un fotodetector, generalmente en forma de pinza; el dispositivo emite luz con dos longitudes de onda de 660nm (roja) y 940nm (infrarroja) que son características respectivamente de la oxihemoglobina y la desoxihemoglobina (Jaffer *et al.*, 2019). La mayor parte de la luz es absorbida por el tejido conectivo, piel, hueso y sangre venosa en una cantidad constante, produciéndose un pequeño incremento de esta absorción en la sangre arterial con cada latido, lo que significa que es necesaria la presencia de pulso arterial para que el aparato reconozca alguna señal. Mediante la comparación de la luz que absorbe durante la onda pulsátil con respecto a la absorción basal, se calcula el porcentaje de oxihemoglobina. Sólo

se mide la absorción neta durante una onda de pulso, lo que minimiza la influencia de tejidos, venas y capilares en el resultado (Thawley *et al.*, 2013; Mair *et al.*, 2019; Zoff *et al* 2019).

El funcionamiento integrado del aparato respiratorio y cardiovascular es necesario para la buena marcha de la anestesia. Un parámetro indicativo de buen funcionamiento de los dos aparatos es el grado de oxigenación de la hemoglobina (Matthews *et al.*, 2003). La cianosis implicará una alteración en la integración de estos dos sistemas, pero esta cianosis sólo se aprecia cuando existe en sangre más de 5 g/dl de hemoglobina desoxigenada que puede llevar a una intoxicación irreversible del sistema nervioso central. La forma más exacta de controlar la oxigenación de los tejidos es la presión parcial del oxígeno en sangre arterial (PaO<sub>2</sub>), lo que requiere un analizador de gases, el cual en la clínica veterinaria tiende a ser difícil de conseguir por su elevado costo (Proulx, 2000; Romero *et al.*, 2014), en la tabla 2 se representa la equivalencia entre el SpO<sub>2</sub> y la PaO<sub>2</sub>.

<b>Tabla 2. Relación entre la saturación de SpO<sub>2</sub> y la PaO<sub>2</sub></b>	
<b>SpO<sub>2</sub></b>	<b>PaO<sub>2</sub></b>
100%	677
98.4%	100
95%	80
90%	59
80%	48
73%	40
60%	30
50%	26
40%	23
35%	21
30%	18

Tabla 2. Relación entre la saturación de SpO<sub>2</sub> y la PaO<sub>2</sub>. Proulx, 2000; Romero *et al.*, 2014

Existe un valor crítico: PaO<sub>2</sub> 60 mm de Hg que se corresponde con una saturación del 90%, por debajo de la cual, pequeñas disminuciones de la PaO<sub>2</sub> ocasiona disminución en la saturación. Por el contrario, por encima del 95%, grandes aumentos de la PaO<sub>2</sub> no suponen incrementos significativos de la saturación de oxígeno (Romero *et al.*, 2014).

### 3.2.3. Monitorización Avanzada.

La monitorización de un nivel avanzado es la menos utilizada por los clínicos, dado su tecnificación y su coste, por lo que ha quedado relegada en su uso para los veterinarios destinados a la investigación, especializados en anestesia, o bien, para aquellos procedimientos cuyo nivel de riesgo es elevado para el paciente, tal es el caso de la capnometría, el estado de conciencia y específicamente la monitorización hemodinámica con base en la perfusión de los tejidos periféricos donde el índice de perfusión (Pi) e índice de variabilidad pletismográfica (Pvi). Estos últimos han mostrado ser confiables, significativos y certeros (Solaz *et al.*, 2009; Granados *et al.*, 2019).

#### 3.2.3.1. Capnometría y Capnografía.

La capnometría volumétrica en términos generales ayuda a obtener los valores máximos y mínimos de la concentración de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante un ciclo respiratorio a diferencia de la capnografía la cual es la representación gráfica de la eliminación de CO<sub>2</sub> espirado en un ciclo respiratorio. Así entonces, la capnometría y la capnografía en la anestesiología veterinaria permite entender el metabolismo celular confirmando la detección de CO<sub>2</sub>, evaluando la perfusión alveolar y la ventilación pulmonar (Thawley *et al.*, 2013).

Es importante mencionar que en la capnografía se evalúan 3 fases. La fase I representa el inicio de la espiración. La fase II, consiste en un incremento rápido de la amplitud de la curva, que tiende a ser rápido debido al aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> por la mezcla de gas procedente del espacio muerto anatómico y el de origen alveolar. La Fase III también llamada meseta alveolar representa el gas con la mayor carga de CO<sub>2</sub> el cual proviene en su totalidad de los alvéolos pulmonares (figura 11) (Mosing *et al.*, 2012).

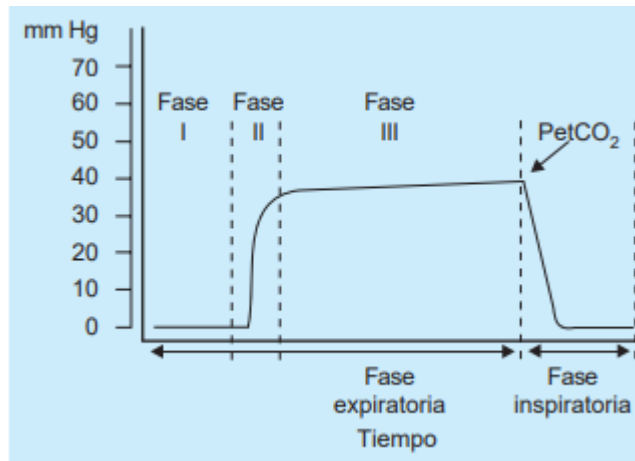


Figura 11. Fases de la capnografía (Álvarez-Reséndiz *et al.*, 2013).

Los pacientes anestesiados sometidos a cirugía, que tienen un mantenimiento anestésico con ventilación mecánica o manual deben presentar durante todo el procedimiento perioperatorio valores de 35-45 mmHg de  $EtCO_2$ , de igual forma que de 35-45 mmHg para  $PaCO_2$ . Estos valores también aplican para la ventilación espontánea (Matthews *et al.*, 2003).

### 3.2.1.1. Índice Biespectral (BIS<sup>®</sup>).

El sistema de monitorización basado en el índice biespectral (BIS<sup>®</sup>), es un análisis del registro electroencefalográfico obtenido por medio de un sensor en forma de diadema que consta de cuatro electrodos que se adhieren en la región temporal de la cabeza del paciente (perros y gatos). El algoritmo BIS calcula un índice sobre una escala lineal de 0 a 100 (0 EEG isoelectrico-100 ausencia de efecto hipnótico) y representa una medida directa del estado cerebral, reflejo de las variaciones en la actividad eléctrica que se producen por la administración de medicamentos o por cualquier otra situación (hipoxia, hipoglucemia por ejemplo). En medicina veterinaria los estudios han determinado que tanto en perros como en gatos el índice biespectral va en un rango de 40 a 60, estableciendo que dentro de este parámetro el paciente cuenta con una anestesia quirúrgica (Puente *et al.*, 2016; Ruíz-López *et al.*, 2019).

En el siguiente apartado se describen los aspectos generales y particulares sobre la monitorización avanzada de la actividad hemodinámica, dando énfasis específicamente al índice de perfusión (Pi) e índice de variabilidad pletismográfica (PVi).

### 3.3. Monitorización hemodinámica.

En medicina veterinaria la monitorización avanzada del comportamiento hemodinámico del paciente anestesiado ha cobrado una mayor importancia, ya que además de los parámetros estáticos clásicos, en los últimos años se han logrado desarrollar nuevas tecnologías y parámetros de carácter dinámico que se han descrito como mejores predictores de la respuesta a un volumen de perfusión. Recientemente se ha sugerido utilizar la tecnología de co-oximetría (Radical-7, Massimo®, EUA) para facilitar una monitorización continua no invasiva sobre la actividad hemodinámica en la terapia de fluidos exógena en los procedimientos perioperatorios en perros y gatos (Chu *et al.*, 2016). Este dispositivo funge como primera línea de monitorización para los pacientes que padecen de insuficiencia circulatoria aguda asociada con sepsis o hipovolemia, ya que se pueden relacionar parámetros como el gasto cardiaco y la perfusión tisular (Marik *et al.*, 2011), observando una ventaja sobre la pulsioximetría común ya que ofrece dos parámetros de gran ayuda en el control de la normovolemia del paciente, siendo estos el Pi y el PVi (Chu *et al.*, 2016; Jaffer *et al.*, 2019; Ramírez-Picazo *et al.*, 2021).

#### 3.3.1. Índice de perfusión (Pi).

El índice de perfusión (Pi) se define como la cantidad de sangre irrigada a los tejidos periféricos medida a través de la co-oximetría. (Ozakin *et al.*, 2020).

La fluidoterapia es uno de los procedimientos vitales en la atención del paciente anestesiado en la práctica veterinaria. La administración de fluidos corrige el equilibrio ácido-base, recupera los electrolitos esenciales y mejora el estado del volumen intravascular para prevenir o tratar la hipovolemia y la deshidratación (Vaidehi, 2014). Si la terapia de fluidos no se ajusta cuidadosamente de acuerdo con las necesidades del paciente, puede provocar efectos nocivos como el edema intersticial y el edema pulmonar, lo cual puede empeorar la salud del paciente y conducir a una alta morbilidad y mortalidad debido a la

negligencia. El edema intersticial afecta progresivamente el intercambio de oxígeno celular y el suministro de oxígeno y causa una función enzimática alterada, inflamación celular y lisis (Mazzaferro, 2008).

La terapia de fluidos objetiva en la práctica veterinaria implica el uso de varias herramientas de monitoreo para evaluar la capacidad de respuesta de los líquidos en los pacientes, tal es el caso del índice Pi, el cual muestra la relación que existe entre el flujo sanguíneo pulsátil (es decir, durante el flujo de entrada arterial) y el flujo sanguíneo no pulsátil o sangre estática en los tejidos periféricos. El Pi es una medición indirecta y no invasiva de la perfusión periférica en un sitio de monitoreo específico el cual se calcula utilizando oximetría de pulso (Ozakin *et al.*, 2020), además de que brinda información sobre la fuerza de señal de pulso en el sitio de medición. La importancia del Pi radica en su relación con la precarga y gasto cardíaco del paciente anestesiado, ya que estos factores se relacionan directamente con la perfusión sanguínea periférica de los tejidos (Muir, 2015; Klein *et al.*, 2016).

En veterinaria se necesitan parámetros para demostrar el shock hipovolémico activo y la necesidad de una transfusión de sangre. Por lo que el índice de perfusión (PI) promete ser una de estas innovaciones en la terapia de reposición de fluidos (Ozakin *et al.*, 2020).

### 3.3.2. Índice de variabilidad pletismográfica (PVi).

El índice de variabilidad pletismográfica se debe definir como el origen de la variación que presenta el índice de perfusión ( $Pi_{max}$  y  $Pi_{min}$ ) durante un periodo de tiempo, esto no ofrece como resultado un valor numérico reflejado también en una curva de variabilidad pletismográfica (Zimmermann *et al.*, 2010).

El índice de uso de la pletismografía en medicina veterinaria ayuda a tener una mejor perspectiva sobre la monitorización y función hemodinámica por lo que su impacto radica en la atención de cuidados críticos y principalmente en la práctica quirúrgica. Actualmente se han implementado monitorizaciones más específicas y tecnificadas dirigidas a ciertos sectores de la medicina veterinaria, tal es el caso del Índice PVi, el cual es una variable no invasiva dependiente de la precarga que se deriva de la forma de onda pletismográfica de la

oximetría de pulso (Cannesson *et al.*, 2008; Vaidehi, 2014; Fischer *et al.*, 2014). Este parámetro ha sido casi exclusivo de la medicina humana comportándose como un índice que predice los cambios dinámicos en el Pi que ocurren en la precarga después de la expansión de volumen durante el ciclo respiratorio, por lo que se considera que ayuda a detectar los cambios en el estado del volumen intravascular de un individuo luego de la administración de un fluido (Cannesson *et al.*, 2008; Navarro *et al.*, 2015; Manandhar *et al.*, 2018).

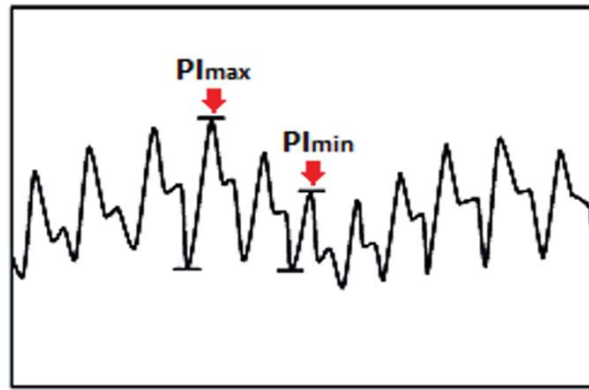
Entre las implicaciones clínicas y quirúrgicas que tiene el índice PVi hasta este momento en medicina veterinaria, específicamente en perros sometidos a cirugía, se han mencionado la detección de hipovolemia y la monitorización de la respuesta a la terapia de fluidos en pacientes anestesiados, tanto en ventilación espontánea como en la ventilación controlada mecánicamente, sin embargo, aún no se han registrado datos que demuestren el valor de los rangos normales tanto del Pi como del PVi, llevando por consecuencia un problema en la práctica de la monitorización hemodinámica en la medicina veterinaria (Vaidehi, 2014; Yusuke *et al.*, 2017; Maja *et al.*, 2018).

Para que en el índice PVi se midan los cambios dinámicos que ocurren en el Pi sobre los ciclos respiratorios, se requiere que se calcule mediante una fórmula de la siguiente manera:

$$PVi = (Pi_{max} - Pi_{min}) / Pi_{max} \times 100$$

Así cuanto mayor es el PVi, más probable es que el paciente responda a la administración de líquidos (Figura 12). El uso o manejo de fluidos basado en PVi en pacientes quirúrgicos reduce el volumen de fluido infundido en el perioperatorio, además de que ayuda a controlar las concentraciones de lactato intraoperatoria y postoperatoria (Forget *et al.*, 2010; Muir, 2013). Por tanto, la evaluación del volumen intravascular y el mantenimiento de la normovolemia son cruciales, además de que deben ser uno de los principales objetivos en la monitorización anestésica (Vaidehi *et al.*, 2014).





$$PVI = \frac{PI_{max} - PI_{min}}{PI_{max}} \times 100$$

Figura 12. Proporción del flujo sanguíneo pulsátil y el flujo sanguíneo estático no pulsátil en el tejido periférico y cálculo del índice PVi, considerando los cambios hemodinámicos que ocurren en el índice Pi durante un ciclo respiratorio.

### 3.3.3. Medición de los índices Pi y PVi.

La ventaja en la medición de la co-oximetría en comparación con la pulsioximetría, es que esta última usa emisores de luz roja (660 nm) e infrarroja (950 nm) en comparación con el co-oxímetro de pulso (Radical-7, Masimo®, EUA) que usa 8 longitudes de onda en el espectro de luz en un rango de 500 a 1,300 nm. Las diferentes densidades ópticas de la luz en diferentes longitudes de onda se analizan y se convierten en una señal digital utilizando un algoritmo (Jaffer *et al.*, 2019). La señal pulsátil (es decir, durante el flujo de entrada arterial) se expresa como un porcentaje de la señal no pulsátil, ambas derivadas de la cantidad de luz infrarroja absorbida por la sangre en un sensor de dedo no invasivo da lugar a la forma de onda pletismográfica mostrada (Atef *et al.*, 2013).

Los cambios en el volumen sanguíneo en el sitio de medición expresan el flujo sanguíneo periférico pulsátil calculado en tiempo real. Dado que el monitor muestra los cambios en el volumen sanguíneo periférico y en la presión arterial, esto genera cambios en la forma de onda pletismográfica lo que a su vez reflejarán cambios similares que corresponderán al estado del volumen de líquido del paciente (Dennis, 2000).

Además de la saturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>), frecuencia del pulso, el índice de perfusión (Pi) e índice de variabilidad de pletismográfica (PVi), la co-oximetría de pulso permite la

medición no invasiva de hemoglobina total (SpHb), carboxihemoglobina (COHb) y metahemoglobina (MetHb) con mediciones en condiciones de movimiento y baja perfusión (Masimo, 2005; Frasca *et al.*, 2011; Jaffer *et al.*, 2019).

### 3.3.4. Curva pletismográfica.

La pletismografía se define como el método de medición utilizado para saber en tiempo real los cambios de presión que tienen los vasos sanguíneos arteriales a partir de la distensión vascular, reflejando una gráfica que ayuda a visualizar esta variabilidad, este valor nos ayuda a predecir de manera subjetiva si un paciente tiene vasoconstricción (hipertensión) o vasodilatación (hipotensión), entendiendo que entre mayor amplitud exista en la gráfica habrá mayor distensión vascular (Tusman *et al.*, 2018).

El monitoreo hemodinámico también se puede llevar a cabo a través del registro de la pletismografía. El análisis de la amplitud de la forma de la onda pletismográfica es una representación gráfica del comportamiento vascular periférico, así mismo como antes se ha mencionado, la variabilidad del índice de la curva de pletismografía durante la ventilación mecánica permite inferir datos de interés relacionados con el estado cardiovascular y hemodinámico del paciente. A través de este análisis se puede evaluar frecuencia del ritmo, contractilidad cardíaca y estado hemodinámico (Chen *et al.*, 2012; Roach *et al.*, 2019) (Figura 13).

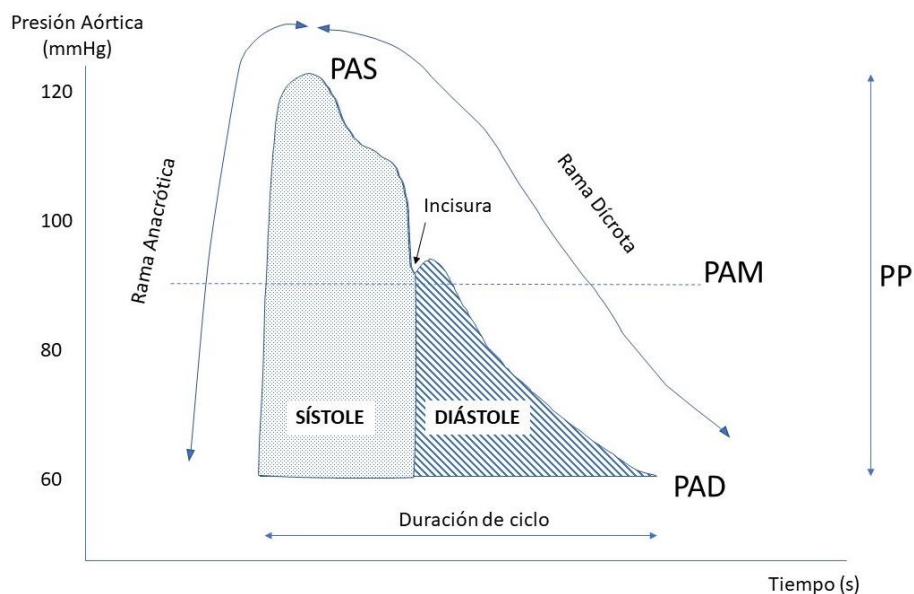


Figura 13. Onda pletismográfica. PAD= Presión arterial diastólica; PAM= Presión arterial media; PAS= Presión arterial sistólica; PP= Presión de pulso Roach *et al.*, 2019

La presión o tensión arterial es la fuerza por unidad de superficie ejercida por la sangre contra las paredes vasculares. Esta fuerza de empuje es el único impulso con que la sangre ha de recorrer todo el circuito vascular para poder retornar al corazón (Roach *et al.*, 2019). Se describe que solo la tercera parte del volumen sistólico se expulsa de las arterias durante el periodo de sístole, y el volumen restante es el que dilata las arterias incrementando la presión arterial. Una vez que termina la contracción ventricular, las paredes arteriales distendidas vuelven de forma pasiva a su posición de partida y la presión arterial empuja la sangre a las arteriolas (Figura 14) (Thiele *et al.*, 2011; Chantler *et al.*, 2012).

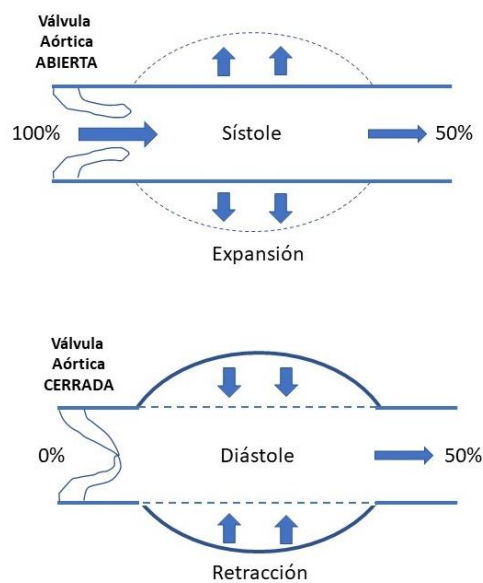


Figura 14. Comportamiento arterial durante la eyección de sangre en el proceso sistólico y diastólico; De esta forma se consigue moderar el incremento de la presión intraarterial a la vez que se transforma la energía cinética de la sangre en energía potencial en la pared de la aorta estirada. (Thiele *et al.*, 2011)

La curva de presión aórtica es el modelo tipo de los cambios de presión que ocurren en las grandes arterias. La presión máxima se obtiene durante el periodo de la eyección ventricular y recibe el nombre de PAS. La presión mínima se mide en el momento final de la diástole, previo a la contracción ventricular, y se denomina PAD. La PAM es un parámetro cardiovascular importante ya que proporciona el valor de presión con que la sangre llega a los tejidos, es por lo tanto la fuerza efectiva que conduce la sangre a lo largo del sistema vascular (Forouzanfar *et al.*, 2015) (Figura 14).

Tusman en el 2018 propone una clasificación en la que identifica 6 patrones diferenciados con base en los cambios dinámicos observados en la curva pletismográfica (Figura 15), La clasificación se basa en la amplitud de la onda pletismográfica, y en la posición de la muesca dicrótica. La forma normal de onda (clase III) presenta la muesca dicrótica entre el 20 y el 50% de la amplitud total. La vasodilatación aumenta la amplitud de onda ya que el tejido recibe más flujo sanguíneo (más absorbancia de luz infrarroja). En la clase IV, la muesca alcanza la línea de base. La clase V muestra una fase plana sin muesca y en la clase VI la muesca se vuelve negativa. La vasoconstricción muestra menos amplitud de lo normal, lo que significa que el flujo sanguíneo disminuye (menos absorbancia de luz infrarroja). La muesca asciende y se fusiona con el pico del pulso sistólico (clases II y I, respectivamente) (Figura 15) (Tusman *et al.*, 2018).

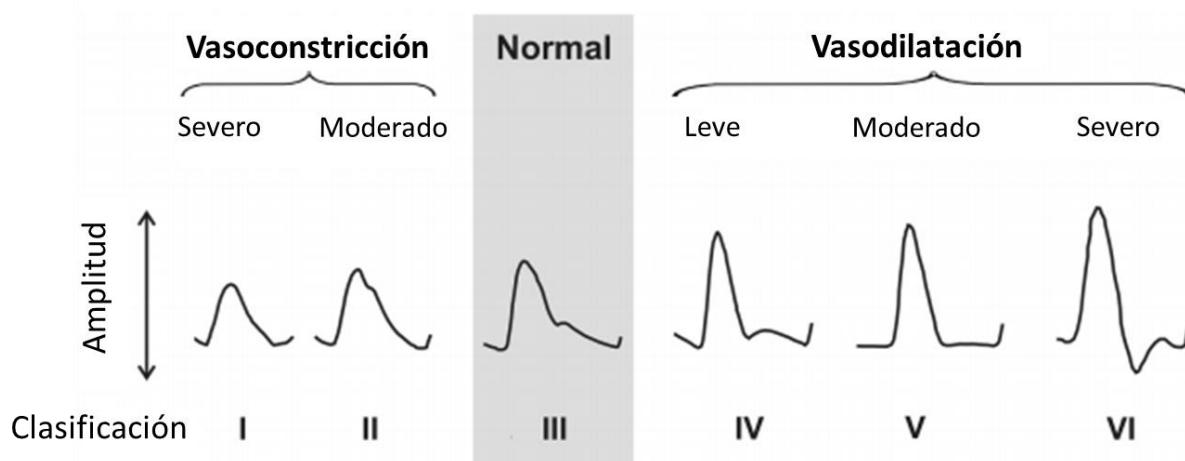


Figura 15. Clasificación del tono vascular basada en la inspección visual de la forma de pletismografía. (Tusman *et al.*, 2018).

### 3.3.5. Factores que modifican los índices Pi y PVi.

Los índices Pi y PVi tienden a ser susceptibles a cambios y/o modificaciones dependientes de diferentes factores, entre ellos la vasoconstricción, frío, estrés quirúrgico, o el uso de fármacos vasoactivos. Sin embargo, la anestesia general reduce los componentes oscilatorios de la señal de perfusión relacionados con la actividad simpática, miogénica y el componente modulador del endotelio (Shelley *et al.*, 2006; Landsverk *et al.*, 2008).

Uno de los factores más importantes que modifican el Pi y el PVi en pacientes sometidos a cirugía asistidos con ventilación mecánica es la presión positiva al final de la espiración (PEEP); estudios en humanos y animales han demostrado que presiones con una PEEP igual o mayor a 7 cmH<sub>2</sub>O refleja cambios significativos en los índices antes mencionados ya que los pulmones ejercen una fuerza o presión positiva sobre el corazón dando como resultado la disminución del gasto cardiaco y por ende la caída hacia la parte descendente de la curva de Frank Starling (García-Sanz *et al.*, 2019).

Por otra parte, en humanos se ha demostrado que el método de fijación, así como la zona de colocación de un oxímetro de pulso puede afectar la capacidad del dispositivo para determinar con precisión la forma correcta de la onda pletismográfica; sin embargo, en medicina veterinaria estudios recientes con el co-oxímetro de pulso han tenido resultados preliminares donde la colocación del pulsioxímetro en diferentes regiones anatómicas no ha provocado cambios significativos o modificaciones en la lectura del Pi, PVi y por ende también en la onda pletismográfica (Shelley *et al.*, 2006; Desgranges *et al.*, 2011).

En la tabla 3 se presentan los principales factores que pueden afectar o modificar el Pi y el PVi en procedimientos quirúrgicos en perros.

**Tabla 3. Factores que modifican el PVi**

<b>Factor</b>	<b>Referencias</b>
PEEP	Desebbe <i>et al.</i> ,2010; Hofer <i>et al.</i> , 2011.
Presión intratorácica	Goldstein <i>et al.</i> , 2007.
Índice de perfusión	Broch <i>et al.</i> , 2011.
Sitio de medición	Desgranges <i>et al.</i> , 2011.
Vasopresores (epinefrina, atropina)	Biais <i>et al.</i> , 2011; Monnet <i>et al.</i> , 2013.
Hipovolemia	Schoonjans <i>et al.</i> , 2012.
Frecuencia cardiaca y arritmias	Roeth <i>et al.</i> 2014; Hofer <i>et al.</i> , 2011.
Cantidad y tipo de fluidos	Sandroni <i>et al.</i> , 2012; Yin <i>et al.</i> , 2012.
Vce	Desebbe <i>et al.</i> , 2010; Roeth <i>et al.</i> , 2014.

Estímulo quirúrgico - nociceptivo	Takeyama <i>et al.</i> , 2011.
Respiración espontánea	Yin <i>et al.</i> , 2011.
Frecuencia del pulso	Latini <i>et al.</i> , 2012.
Presión intraabdominal	De Backer <i>et al.</i> , 2007.
Hipercapnea	Mousa, 2013.
Posición del cuerpo	Delorme <i>et al.</i> , 2007; Keller <i>et al.</i> , 2008.

PEEP= Presión positiva al final de la espiración; Vce= Volumen corriente. (Goldstein et al., 2007; De Backer et al., 2007; Delorme et al., 2007; Keller et al., 2008; Desebbe et al., 2010; Broch et al., 2011; Desgranges et al., 2011; Biais et al., 2011; Hofer et al., 2011; Takeyama et al., 2011; Yin et al., 2012; Latini et al., 2012; Schoonjans et al., 2012; Sandroni et al., 2012 Monnet et al., 2013; Mousa, 2013; Roeth et al., 2014)

En el cuadro 4 se muestra un resumen de los parámetros cardiorrespiratorios y fisiológicos en perros y gatos sometidos a procedimientos anestésicos.

**Tabla 4. Parámetros hemodinámicos fisiológicos y cardiorrespiratorios en perros y gatos anestesiados.**

	Variable	Intervalo de referencia en perros	Intervalo de referencia en gatos
	FC/min.	60-120	120-160
	Presión sistólica (mmHg)	90-140	90-140
	Presión diastólica (mmHg)	60-90	60-90
	PAM (mmHg)	70-90	70-90
	Hematocrito (%)	34-59	28-47
<b>Hemodinámicos</b>	Pi (%)	*****	*****
	PVi (%)	*****	*****
	PVC (mmHg)	0-3	0-3
	Gasto cardiaco (ml/kg/min)	120-200	130-200
	FR/min	8-16	12-24
	Volumen tidal (ml/Kg)	8-22	8-22
<b>Ventilación</b>	PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	35-45	35-45

	ETCO <sub>2</sub> (mmHg)	35-45	35-45
	pH de la sangre arterial	7.35-7.45	7.35-7.45
<b>Oxigenación</b>	SpO <sub>2</sub> (%)	≥ 95	≥ 95
	PaO <sub>2</sub>	≥ 100	≥ 100
	Temperatura (grados Celsius)	36.6-38.5	36.6-38.5
	Proteínas totales (mg/dL)	4.9-8.5	5.9-8.5
	Glucosa en sangre (mg/dL)	70-150	90-150
	Lactato en sangre (mg/dL)	< 2	< 2
	Producción de orina (ml/kg/h)	1-2	1-2
	Índice de PTA	50-70	50-70
<b>Otros</b>	BIS (%)	40-60	40-60
	Na <sup>+</sup> (mEq/l)	145-154	151-158
	Cl <sup>-</sup> (mEq/l)	105-116	113-121
	K <sup>+</sup> (mEq/l)	4.1-5.3	3.6-4.9

FC= frecuencia cardiaca; PAM= Presión arterial media; Pi= Índice de perfusión; PVi= Índice de variabilidad pletismográfica; PVC= Presión venosa central; FR= Frecuencia respiratoria; PaCO<sub>2</sub>= Presión parcial de dióxido de carbono en la sangre arterial; EtCO<sub>2</sub>= CO<sub>2</sub> Espirado; PaO<sub>2</sub>= Presión parcial de oxígeno en la sangre arterial; SpO<sub>2</sub>= Saturación de oxígeno en la hemoglobina medida por pulsioximetría; PTA= Índice de la actividad del tono parasimpático; BIS= Índice Biespectral (Álvarez-Solaz *et al.*, 2009; Ko *et al.*, 2012; Torrente *et al.*, 2012; Mansour *et al.*, 2017; Álvare-Reséndiz *et al.*, 2013; Granados *et al.*, 2019; Ruíz-López *et al.*, 2019).

### 3.3.6. Capacidad del PVi para predecir la respuesta ante la terapia de fluidos intravenosa.

La administración intraoperatoria de fluidos intravenosos de forma dirigida o controlada reduce la estancia intrahospitalaria (Sinclair *et al.*, 2000; Venn *et al.*, 2002; Gan *et al.*, 2002), el ingreso a cuidados intensivos y la mortalidad después de un proceso quirúrgico, además de que el tiempo de recuperación es más rápido generando una disminución del estrés anestésico-quirúrgico (Conway *et al.*, 2002; Poeze *et al.*, 2005; Hernández-Ávalos *et al.*, 2021).

En la mayoría de los procedimientos perioperatorios la forma de evaluar una correcta administración de líquidos es a través del gasto cardiaco o del volumen sistólico. En

medicina humana se realiza con ayuda del Doppler esofágico, por lo que se requiere un dispositivo y entrenamiento específico, no obstante en medicina veterinaria se utilizan marcadores como la presión venosa central, aunque esta técnica tiende a ser invasiva ya que se requiere un catéter específico (Wakeling *et al.*, 2005; Lopes *et al.*, 2007).

Algunos otros métodos como la monitorización en el proceso ventilatorio tiene como objetivo minimizar las variaciones respiratorias logrando una mayor estabilidad en la presión del pulso arterial, lo que ha demostrado una disminución en la morbilidad postoperatoria. Este método resulta ser un buen predictor de la capacidad de respuesta a los fluidos sin embargo también es invasivo (Michard *et al.*, 2000; Michard *et al.*, 2005).

Por tanto, en la práctica veterinaria se requieren métodos menos invasivos, pues existe la necesidad de un cálculo automatizado y continuo de estas medidas dinámicas. Actualmente el uso de co-oxímetros de pulso brinda información de la amplitud de la onda pletismográfica, prediciendo la respuesta a los fluidos en los procedimientos perioperatorios y en pacientes que se encuentran en cuidados intensivos (Broch *et al.*, 2011; Fischer *et al.*, 2013).

Cannesson *et al.*, (2008) reporta el estudio y comparación del PVi con diferentes métodos invasivos en 25 pacientes sometidos a cirugía de revascularización coronaria, con el objetivo de determinar la predicción de la capacidad de respuesta a los fluidos en quirófano, donde se pudo determinar que aquellos pacientes que estén en un valor mayor o igual a 14% serán aquellos que responderán a la terapia de fluidos, esto por la correlación entre la presión venosa central, la variación de la presión del pulso arterial y el PVi (Figura 16).

Por definición, los pacientes respondedores a la terapia de fluidos son aquellos que logran un aumento del 10-15% en el gasto cardiaco posterior a la expansión de volumen (Kitakule *et al.*, 2010). Monnet *et al.*, (2009) comprobó la validez de esta afirmación ya que estudió 34 pacientes en ventilación mecánica con fracaso circulatorio, aplicando una pausa espiratoria de 15 segundos observando los cambios en la presión de pulso arterial y el índice cardiaco. Los pacientes respondedores fueron aquellos que presentaron un



incremento  $>15\%$  del índice cardiaco tras la administración de fluidoterapia. Por el contrario, los pacientes no respondedores no incrementaron significativamente ninguno de estos parámetros. Así entonces un incremento  $\geq 5\%$  en la presión de pulso arterial predijo la respuesta a volumen con una sensibilidad del 87% y una especificidad del 100%, mientras que un incremento  $\geq 5\%$  en el índice cardiaco discriminó a los pacientes respondedores y no respondedores con una sensibilidad del 91% y una especificidad del 100%.

Mallat *et al.*, (2015) y Toupin *et al.*, (2016) obtuvieron los mismos resultados, en su estudio prospectivo donde desarrollaron una distribución al azar en 49 pacientes críticos ventilados mecánicamente, definiendo a los pacientes respondedores como los que tuvieron incremento  $>15\%$  en el índice y gasto cardiaco.

Cannesson *et al.*, (2008) al administrar 500 ml de volumen intravascular a 55 pacientes ventilados mecánicamente determinaron como respondedor a aquellos que incrementaron  $>15\%$  el índice cardiaco, y un Pvi de 14 a 9%. En este estudio el PVi fue más alto en pacientes respondedores que en no respondedores (18% vs 8%,  $p \leq 0.001$ ), por lo que determinaron que un PVi  $>14\%$  y un Pi  $> 1$  antes de la administración de volumen intravascular discriminó entre respondedores y no respondedores con sensibilidad de 81% y especificidad del 100%.

En la figura 16, la sensibilidad se mide como la capacidad de las diferentes pruebas para determinar verdaderamente a los pacientes considerados como respondedores, mientras que la especificidad representa la detección de aquellos pacientes que no responden a la terapia de fluidos administrada. Al respecto, Cannesson *et al.*, (2008) observaron que las curvas de los predictores a la respuesta de fluidos como PVi y PPV muestran alta sensibilidad (81%) y especificidad (100%) en humanos, representadas por la línea roja para PVi y la línea azul para la variación de la presión de pulso arterial (PPV) en comparación con los indicadores estáticos como el índice cardiaco (CI) (línea amarilla), presión capilar pulmonar (PCWP) (línea verde) y la presión venosa central (PVC) (línea azul). Además, se debe resaltar que el PVI es un método no invasivo y tiene la misma precisión que el PPV el cual es invasivo,

aunado a que fue superior a los otros índices estáticos (Cannesson *et al.*, 2008; Vaidehi, 2014).

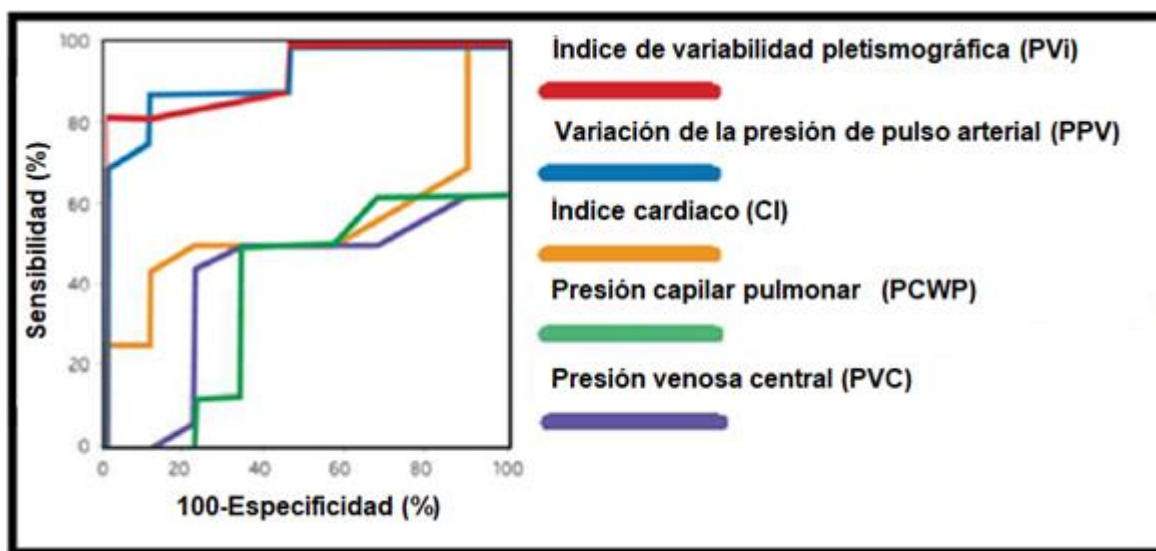


Figura 16. Curva de sensibilidad y especificidad de los índices dinámicos y estáticos para predecir la capacidad de respuesta del fluido (Cannesson *et al.*, 2008).

Loupec *et al.* (2011) analizaron el desempeño de PVi en la monitorización de la respuesta a la fluidoterapia intravenosa en 40 pacientes con insuficiencia circulatoria, los cuales fueron ventilados mecánicamente e ingresados a la unidad de cuidados intensivos. En ese estudio se realizó una exposición a fluidos con hidroximetil almidón durante 10 minutos el cual fue un indicador de la capacidad de respuesta de los fluidos, reportándose 21 pacientes como respondedores y 19 pacientes como no respondedores. El PVi y el PPV fueron significativamente más altos en los pacientes respondedores en comparación con los que no respondieron. Con una sensibilidad del 95% y una especificidad del 91%, dando como resultado un valor de PVi del 17% tomándolo como referencia para diferenciar a los que respondieron de los que no respondieron a la terapia de fluidos. Así los investigadores concluyen que un valor inicial alto de PVi se correlaciona con una probabilidad más alta de mejorar el gasto cardíaco después de la administración de líquidos, colocándolo en la parte más elevada de la curva de Frank Starling.

Se ha investigado el papel del PVi con la finalidad de obtener un valor de referencia a la respuesta a la administración de líquidos calculándolo a través de ecocardiografía transtorácica donde se ha observado un corte en un valor del 15% (sensibilidad 78% y especificidad 72%). (Bhismadev *et al.*, 2012). De la misma forma se ha intervenido a pacientes con patologías distintas, tal es el caso de los pacientes que presentan shock séptico, pues se ha analizado la viabilidad del PVi para predecir la capacidad de respuesta a fluidos en la etapa inicial al shock séptico; el valor medio de PVi observado antes de la administración de soluciones coloides fue mayor en los respondedores ( $30 \pm 9\%$ ) en comparación con los no respondedores ( $8 \pm 5\%$ ). Por lo tanto un valor de PVi del 19% diferenciaba a los respondedores de los no respondedores con una sensibilidad del 94% y una especificidad del 87%, lo que indica que este índice puede usarse convenientemente en pacientes en la fase temprana de choque séptico (Feissel *et al.*, 2013).

Con estas observaciones, se puede afirmar que el PVi tiene la capacidad de predecir la respuesta de la terapia de fluidos en humanos sometidos a diferentes procesos médico-quirúrgicos, estableciendo un punto de corte, esto incluso asociados a diferentes patologías, sin embargo en medicina veterinaria se cuentan con pocos valores de referencia. Por lo que es de suma importancia generar estos datos estandarizados en pacientes sanos para de esta manera determinar a través de la investigación el punto de corte de un paciente que responde y no responde a la terapia de fluidos e incluso delimitar estos valores de acuerdo a la patología o estado del paciente, dando pie al estudio de la sensibilidad y especificidad de los mismos.

En la actualidad el punto de referencia para determinar que un paciente veterinario sano responde a la terapia de fluidos es un de un PVi mayor o igual a 14% (Cannesson *et al.*, 2008; Vaidehi, 2014). Por otra parte, se ha demostrado que sólo 50% de los pacientes en estado de choque son respondedores a volumen y que incrementar el volumen intravascular con cristaloides o coloides puede causar complicaciones en los pacientes no respondedores, por lo tanto un paciente que este por debajo del 14% puede generar principalmente acidosis hiperclorémica, hipernatremia, lesión renal aguda, edema pulmonar, ascitis y hemodilución (Nieto-Pérez *et al.*, 2019).

## 4. OBJETIVOS.

### 4.1. Objetivos generales.

- Establecer los valores normales de Pi y PVi en pacientes sanos antes de un proceso anestésico-quirúrgico.
- Determinar los índices de perfusión (Pi) y variabilidad pletismográfica (PVi) durante el perioperatorio de perras sometidas a ooforosalingohisterectomía (OSH) electiva.

### 4.2. Objetivos particulares.

- Correlacionar los índices Pi y PVi con la frecuencia cardiaca (FC), Saturación de oxígeno arterial ( $SpO_2$ ) y presión arterial no invasiva (PNI) durante el perioperatorio en perras sometidas a OSH electiva.

## 5. HIPÓTESIS.

La monitorización perioperatoria de los índices Pi y PVi en conjunto con los parámetros cardiorrespiratorios coadyuva al mantenimiento de la estabilidad hemodinámica de los pacientes anestesiados.

## 6. JUSTIFICACIÓN.



El aporte de volumen sanguíneo es de especial interés en los pacientes ingresados en cuidados intensivos con inestabilidad hemodinámica o incluso en cirugía general dado que en todos los pacientes se busca optimizar el gasto cardiaco. La predicción de la respuesta a esta expansión de volumen, evaluando el grado de precarga permitirá realizar un manejo guiado en la terapia de fluidos evitando los efectos adversos del volumen exógeno administrado al paciente, donde hasta el momento se dispone de parámetros tanto estáticos como dinámicos que identifican esta precarga-dependencia en diferentes escenarios.

Los marcadores hemodinámicos tradicionales como la FC, la PVC y la PNI, han demostrado ser insuficientes para evaluar el comportamiento hemodinámico. Por estas razones, se necesitan nuevos parámetros clínicos que identifiquen de una forma más sencilla la reactividad hemodinámica de los pacientes que reciben terapia de fluidos intraoperatoria, ya que la administración de estos se considera benéfica solo si el paciente se encuentra en la parte ascendente de la curva de Frank Starling (Navarro *et al.*, 2015).

La expansión de volumen sanguíneo constituye la primera línea de terapia en las situaciones de inestabilidad hemodinámica, además, la expansión de la volemia puede ocasionar efectos deletéreos pulmonares secundarios al aumento de agua extravascular, por lo que se enfatiza la importancia del uso de parámetros fiables que identifiquen a los pacientes que responden al aporte de volumen exógeno. Los parámetros hemodinámicos propuestos para decidir la administración de volumen deberían identificar a los pacientes que se beneficien del aporte de volumen exógeno, incrementando su volumen sistólico (VS) como una respuesta del paciente y, al mismo tiempo, deberían evitar un tratamiento inútil (paciente sin respuesta) y potencialmente perjudicial (Marik *et al.*, 2011; Perel, 2015; Ramírez-Picazo *et al.*, 2021).

Además de los parámetros estáticos clásicos, en los últimos años se han desarrollado nuevas tecnologías y nuevos parámetros de carácter dinámico que se han descrito como

mejores predictores de respuesta al volumen sistólico, tal es el caso del monitor Radical 7® (Chu *et al.*, 2016).

En este sentido, los índices Pi y PVi son predictores no invasivos de la respuesta hemodinámica en el paciente perioperatorio. En medicina veterinaria, el PVi ha permitido detectar con éxito la hipovolemia y su regreso a la normovolemia, sin embargo, los valores para detectar la capacidad de respuesta del fluido en perros no han sido determinados. Esto genera una necesidad para llevar a cabo una evaluación exhaustiva en animales, que incluye establecer un rango común para el PVi y demostrar su relación con diversas variables clínicas registradas de forma rutinaria en pacientes anestesiados (Ricco *et al.*, 2012; Fantoni *et al.*, 2017; Yusuke *et al.*, 2017).

Dado el hecho de que la morbilidad y mortalidad perioperatorias son más altas de lo previsto y los anestesiólogos están a cargo de tratar este problema, los avances recientes en tecnologías de monitoreo mínimamente invasivas y no invasivas pueden facilitar un uso más extendido en el quirófano, además de los costos, el grado de invasividad de cualquier herramienta de monitoreo determina la frecuencia de su aplicación, al menos perioperatoriamente (Bein *et al.*, 2019). Así, el objetivo del presente estudio fue determinar los índices de perfusión (Pi) y de variabilidad pletismográfica (PVi) en pacientes sanos antes y durante el procedimiento perioperatorio en perras sometidas a (ooforosalingohisterectomía) OSH electiva, correlacionando estos parámetros con las variables cardiorrespiratorias, frecuencia cardíaca (FC), saturación de oxígeno, (SpO<sub>2</sub>) y presión arterial no invasiva (PNI), comparando en su caso tres puntos de medición o lectura del Pi y PVi, siendo éstos la mucosa ótica, el belfo y la lengua.

# 7. MATERIALES Y MÉTODOS.

Los materiales que se utilizaron en el presente estudio se listan y clasifican conforme al criterio del tipo de material.

## 7.1. Materiales.

### 7.1.1. Físicos.

- ✓ Monitor de oximetría y co-oxímetro, Radical 7 (Masimo®, EUA).
- ✓ Capnógrafo EMMA (Masimo®, EUA).
- ✓ Monitor de signos vitales modelo VS2000VC (Utech Medical Device®, China).
- ✓ Estación de anestesia inhalada (Mindray®, modelo Wato EX20Vet, Alemania con circuito reinhalatorio).
- ✓ Bolsa de reinhalación de 500, 1000 y 1500 ml.
- ✓ Electrodo desechable de monitoreo para ECG en reposo de hidrogel adhesivo-conductivo de conector de Broche (Medi-Trace® 200 series, EUA).
- ✓ Laringoscopio de hoja recta Miller.
- ✓ Cánula orotraqueal de polivinilo con globo de neumotaponamiento de baja resistencia y ojo de Murphy de los calibres 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0.
- ✓ Manómetro portátil AG Cuffill®
- ✓ Catéter estéril intravenoso calibre 24 G x  $\frac{3}{4}$  (0.7 x 20mm); 19 G x  $\frac{3}{4}$  (1.00 x 19 mm); 18 G x  $1\frac{1}{4}$  (1.30 x 32mm).
- ✓ Rasuradora Andis® 2 velocidades Ultra Edge con navaja del #40.
- ✓ Equipo de venoclisis microgotero y normogotero estéril (Pisa®, México).
- ✓ Jeringas con agujas, estériles de 1,3, 5 y 10ml.
- ✓ Instrumental de cirugía general estéril.
- ✓ Campos quirúrgicos estériles.
- ✓ Batas de cirugía estériles
- ✓ Cofia y cubre bocas estéril.

- ✓ Guantes estériles de látex #7.
- ✓ Estetoscopio.
- ✓ Torundas.
- ✓ Termómetro digital.

### 7.1.2. Químicos.

- ✓ Clorhidrato de dexmedetomidina a dosis de 1-2 mcg/kg IV (Moran *et al.*, 2017).
- ✓ Propofol a dosis de 3-4 mg/kg IV (Zaballos *et al.*, 2019).
- ✓ Lidocaína a dosis de 2 mg/kg IV (Ochoa *et al.*, 2017).
- ✓ Fentanil 3-4 mcg/kg IV (Romano *et al.*, 2015).
- ✓ Isoflurano 1.2 – 2.5% (Joao *et al.*, 2019).
- ✓ Benzilpenicilina procaína y Benzilpenicilina benzatínica 30,000 UI/kg IM (Ruiz y Hernández, 2016).
- ✓ Solución Hartmann 10 ml/kg/hora (Kropf *et al.*, 2019)
- ✓ Tanque de oxígeno medicinal 6m<sup>3</sup>, tipo H.

### 7.1.3. Biológicos.

Se utilizaron 50 perras, sin restricción de raza con edad en promedio de  $5 \pm 3$  años y con un peso promedio de  $12 \text{ kg} \pm 9 \text{ kg}$ , clínicamente sanas (ASA 1) determinado a partir de estudios preanestésico y examen físico general.

## 7.2. Metodología.

El presente estudio se realizó en la clínica veterinaria y gestión del dolor Can & Cat, ubicada en Calle 5 N° 368, Col. Profesor Cristóbal Higuera en el municipio de Atizapán de Zaragoza, Estado de México. CP 52940.

Se utilizaron 50 pacientes caninos hembra, a las cuales se les realizó una OSH electiva mediante la técnica de tres pinzas (Hedlund, 2008), con previo consentimiento informado al propietario por escrito. Los animales no tuvieron medicación previa al procedimiento anestésico quirúrgico. Fueron excluidos aquellos pacientes que mostraron signos de



enfermedad, deshidratados o con padecimientos cardiacos. Una vez que los animales fueron considerados aptos para el estudio se dejaron en un estado de ayuno de 6 horas previos a la cirugía.

Previo a la medicación pre-anestésica se realizó un examen físico general donde se registró el peso y las constantes fisiológicas basales de los siguientes parámetros: frecuencia cardiaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), temperatura ( $T^{\circ}$ ), tiempo de llenado capilar (TLLC), pulso, presión arterial sistólica (PAS), presión arterial diastólica (PAD) y presión arterial media (PAM), esta última obtenida por la siguiente formula de corrección:  $[(PAS - PAD) \div 3] + PAD = PA$  ó  $1/3(PAS) + 2/3 (PAD) = PAM$  (Sesso *et al.*, 2000).

Al mismo tiempo, con el monitor de pulsioximetría Radical-7 se recolectaron datos basales de la saturación de oxígeno ( $SpO_2$ ) y de los índices de perfusión (Pi) y de variabilidad pletismográfica (PVi). Estos últimos en las regiones de la oreja y belfo (Figura 16).

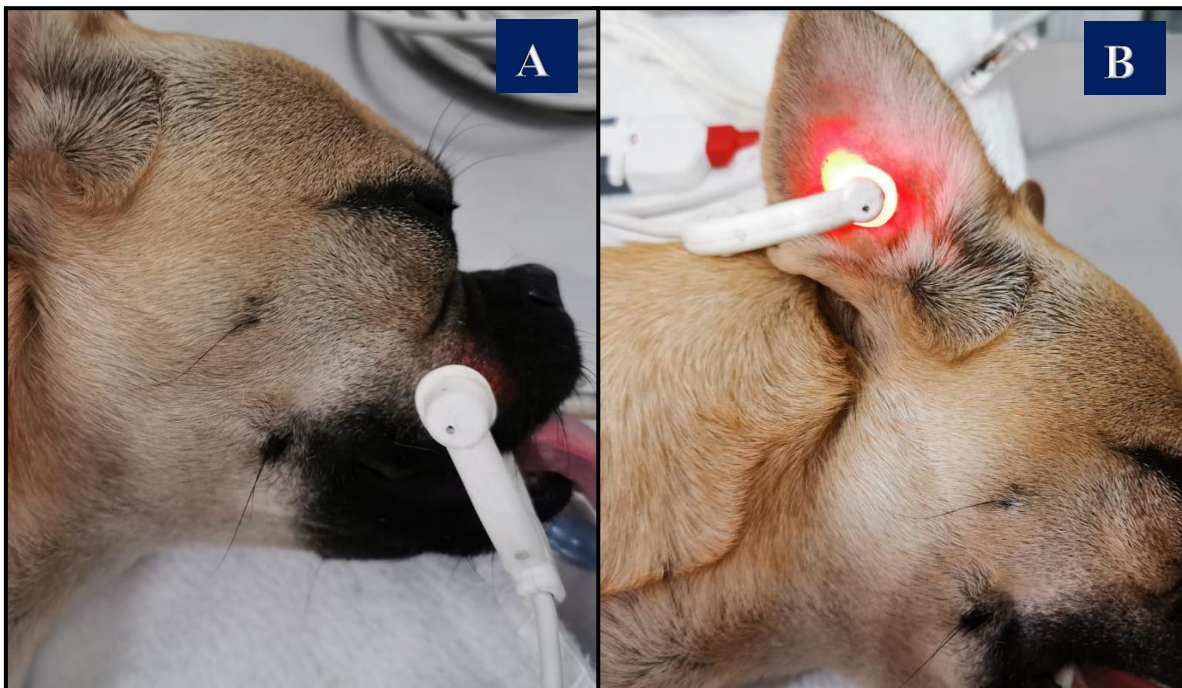


Figura 17. Colocación del co-oxímetro, Radical 7 (Masimo, EUA) en A) Belfo B) Oreja.

El área quirúrgica fue preparada de forma aséptica. Se realizó la tricotomía de la zona del antebrazo en forma de anillo, desde la articulación del codo (húmero-radioulnar) hasta los huesos carpianos. A todos los pacientes se les colocó un catéter estéril de un calibre variable, dependiendo de su tamaño y peso (Figura 17), esto se realizó de forma aséptica en la vena cefálica (Figura 18), a través de esta vía permeable se administró solución Hartmann a 10ml/kg/h (Kropf, *et al.*, 2019).



Figura 18. Catéter estéril intravenoso calibre **A)** 24 G x  $\frac{3}{4}$  (0.7 x 20mm); **B)** 19 G x  $\frac{3}{4}$  (1.00 x 19 mm); **C)** 18 G x 1  $\frac{1}{4}$  (1.30 x 32mm).



Figura 19. Cateterización de la vena cefálica para la administración de solución Hartmann a 10ml/kg/h (Kropf, *et al.*, 2019) y fármacos intravenosos.

Una vez que se obtuvieron todos los datos pre-quirúrgicos se realizó la pre-medicación anestésica del paciente con clorhidrato de dexmedetomidina vía IV a dosis de 1-2 mcg/kg (Moran *et al.*, 2017) (Figura 19).



Figura 20. Pre-medicación anestésica del paciente con clorhidrato de dexmedetomidina vía IV a dosis de 1-2 mcg/kg (Moran *et al.*, 2017)

Transcurridos 10 minutos se realizó la inducción con Propofol vía IV a dosis de 3-4 mg/kg (Zaballos *et al.*, 2019) (Figura 20).



Figura 21. Inducción anestésica con propofol vía IV a dosis de 3-4 mg/kg (Zaballos *et al.*, 2019)

De manera inmediata se colocó al paciente en posición decúbito esternal y con ayuda de un laringoscopio de hoja recta se colocó la cánula orotraqueal. El tamaño de esta última fue de acuerdo a la talla del paciente (Figura 21), el globo de neumo-taponamiento se ajustó con ayuda de un manómetro portátil (AG Cuffill) a una presión de 19 a 15 mmHg, lo que equivale a un rango de 25 a 33 cmH<sub>2</sub>O (Briganti *et al.*, 2012) (Figura 22). La cánula se conectó al capnógrafo portátil EMMA y al mismo tiempo al circuito de reinhalación de la estación de anestesia (Figura 23).

El mantenimiento de la anestesia se realizó con Isoflorano con una CAM inicial o de inducción de 2.0-2.5% vaporizado en oxígeno al 100% (Joao *et al.*, 2019) (Figuras 24, 25), ajustándose el dial del vaporizador hasta que el paciente mostró una disminución en la actividad motora, relajación de tono mandibular y reflejos oculares, además de una presión arterial media (PAM) de 60-90 mmHg (Miranda-Cortés *et al.*, 2020).



Figura 22. Colocación de cánula orotraqueal.



Figura 23. Manómetro portátil AG Cuffill.



Figura 24. Colocación del capnógrafo EMMA, en la imagen de puede apreciar a el co-oxímetro Radical 7 colocado en la lengua.



Figura 25. Mantenimiento anestésico con Isoflorano.



Figura 26. Vaporizador de isoflorano, en esta imagen se observa el dial ( $F_{V_{iso}}$ ) ajustado a 1.6% durante el mantenimiento anestésico de un paciente sometido a cirugía.

Una vez que los animales se encontraron en plano anestésico-quirúrgico, el paciente fue colocado en posición decúbito dorsal para su preparación aséptica, se realizó la tricotomía y limpieza de la zona pélvico-abdominal para su posterior embrocado, al finalizar la asepsia del tejido se colocaron campos de aislamiento quirúrgico (Figura 26). Posteriormente, se colocaron electrodos desechables de monitoreo para ECG en reposo de hidrogel adhesivo-conductivo de conector de broche en los cojinetes de las pacientes, además de un termómetro esofágico, un manguillo de presión arterial y el co-oxímetro de pulso Radical 7 en la lengua, esto para asegurar la monitorización completa del paciente (Figura 27, 28A, 28B, 28C).

Cinco minutos antes del inicio de la cirugía se administró por vía IV fentanil a dosis de 3-4 mcg/kg (Romano *et al.*, 2015) y lidocaína a dosis de 2mg/kg (Ochoa *et al.*, 2017) como analgésicos intraoperatorios.

De forma intraoperatoria las constantes fisiológicas FC, FR, T°, SpO<sub>2</sub>, PAM, Pi, PVi, EtCO<sub>2</sub> y fracción vaporizada de isoflorano (FV<sub>ISO</sub>) fueron evaluadas y registradas cada 5 minutos durante todo el procedimiento quirúrgico. Las OSH's realizadas se hicieron de acuerdo a la técnica de 3 pinzas descrita por Hedlund (2008), donde el cirujano fue siempre el mismo. De la misma manera, en todos los casos el evaluador (anestesiólogo) siempre fue el mismo.

Concluida la cirugía se realizó la limpieza de la zona incidida y se administró benzilpenicilina procaína y benzilpenicilina benzatínica a dosis de 30,000 UI/kg IM (Ruiz y Hernández, 2016).



Figura 27. **A)** Paciente en decúbito dorsal embrocado, en los cojinetes se notan los electrodos para ECG, Capnógrafo EMMA, co-oxímetro Radical 7 colocado en la lengua; **B)** Colocación de campos quirúrgicos.





Figura 28. Colocación del co-oxímetro de pulso Radical 7 en la lengua durante el procedimiento perioperatorio.



Figura 29. **A**) Monitor de signos vitales modelo VS2000VC (Utech Medical Device, China) durante el proceso perioperatorio. **B**) Monitor de oximetría y co-oxímetro, Radical 7 (Masimo, EUA).



Figura 29. C) Estación de anestesia inhalada (Mindray®, modelo Wato EX20Vet), monitor multiparametrico, monitor de co-oximetría radical 7, monitor Root 5, utilizados durante el procedimiento perioperatorio del presente estudio.

### **7.3. Diseño estadístico.**

El análisis estadístico se realizó con el programa GraphPad Prism ® versión 8.3.1 (California, USA) y Microsoft Excel ®.

Para analizar los valores de  $P_i$  y  $P_{Vi}$  en pacientes sanos de acuerdo al sitio de medición, primero fue establecido un modelo de índice de repetibilidad de los valores y posteriormente fue realizado un análisis de varianza (ANOVA) para muestras repetitivas con una prueba post-hoc de Tukey.

En el caso del análisis de las variables FC, FR,  $T^\circ$ , PAM,  $P_i$ ,  $P_{Vi}$  y  $EtCO_2$  se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos, seguida de un ANOVA para muestras repetitivas con una prueba post-hoc de Tukey. Todos los datos fueron reportados como media y desviación estándar, salvo en el caso de  $SpO_2$  y  $FV_{ISO}$  que fueron medidas en porcentaje, por lo que su reporte se hizo en base a mediana y error estándar de la media. Estas variables fueron analizadas por un ANOVA no paramétrico de Friedman con una prueba post-hoc de Dunn.

Para establecer la correlación lineal de los índices  $P_i$  y  $P_{Vi}$  con la FC,  $SpO_2$  y PAM durante el perioperatorio, fue usado el coeficiente de correlación de Pearson. Todas las variables que tuvieron una  $P < 0.05$  fueron consideradas como estadísticamente significativas.

## 8. RESULTADOS.

Los resultados del presente estudio se presentan en cuadros y gráficos. En la cuadro 5 se representan los datos generales del procedimiento perioperatorio, observando los promedios y sus respectivas desviaciones estándar de acuerdo a cada parámetro evaluado, donde se puede apreciar que los animales que integraron este estudio fueron pacientes jóvenes, de talla mediana. El tiempo de acción que tuvo el propofol como inductor anestésico hasta realizar la intubación fue de  $\bar{X}=1.2$  minutos, así mismo los procedimientos quirúrgicos tuvieron una duración de  $\bar{X}=37$  minutos, registrando un tiempo total de anestesia de  $\bar{X}=49$  minutos, el cual comprende desde la inducción hasta la extubación. El tiempo de extubación se refiere al tiempo que pasa desde el cierre del dial del vaporizador de isoflorano hasta que el paciente responde a estímulos ambientales, recuperando la capacidad motora y regulando su respiración de manera autónoma, en este punto se extrae la cánula orotraqueal lo que diferencia al tiempo de recuperación ya que este hace referencia al tiempo que transcurre desde la extubación hasta que el paciente tiene fuerza suficiente para sostener la cabeza y flexionar los miembros. En el presente estudio los tiempos promedio fueron  $9 \pm 3$  y  $3 \pm 1.5$  minutos promedio respectivamente.

<b>Cuadro 5. Datos generales.</b>									
	<b>Edad (años)</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>TDI</b>	<b># cánula OT</b>	<b>TIPI</b>	<b>TE</b>	<b>TCx</b>	<b>TA</b>	<b>TRPE</b>
<b>Promedio</b>	5	11.9	36	5.5	1.2	9	37	49	3
<b>Desviación estándar.</b>	$\pm 3$	$\pm 8.9$	$\pm 9$	$\pm 1$	$\pm 0.5$	$\pm 3$	$\pm 9$	$\pm 10$	$\pm 1.5$

Cuadro 4. TDI= Tiempo de instrumentación en minutos; OT= Orotraqueal; TIPI= Tiempo de intubación posterior a la inducción en minutos; TE= Tiempo de extubación; TCx= Tiempo de cirugía en minutos; TA= Tiempo de anestesia; TRPE= Tiempo de recuperación posterior a la extubación en minutos.

En el cuadro 6 se realiza un comparativo entre los valores de referencia y los obtenidos durante el desarrollo del estudio en los estadios basal e intraoperatorio. En este cuadro se puede observar que existe diferencia significativa con relación a la FR basal, denotando el

mismo comportamiento con respecto a la temperatura basal e intraoperatoria. Por otra parte, el PVi destaca una diferencia muy significativa ( $P<0.05$ ) entre la medición basal (oreja y belfo) y la medición intraoperatoria en comparación con el Pi, el cual no demuestra diferencia en los diferentes momentos de medición. Los demás valores se reportan dentro de los parámetros normales.

Cuadro 6. Valores de referencia comparados con los valores obtenidos durante el perioperatorio de los pacientes en estudio.

Variable	Intervalo de referencia en perros anestesiados	Valor promedio basal	Valor promedio intraoperatorio
<b>FC/min.</b>	60-120	109 ± 21	104 ± 21
<b>FR/min</b>	8-16	39 ± 14	13 ± 3*
<b>PAS (mmHg)</b>	90-140	138 ± 37	117 ± 35
<b>PAD (mmHg)</b>	60-90	87 ± 38	71 ± 30
<b>PAM (mmHg)</b>	70-90	103 ± 32	86 ± 31
<b>Pi (%)</b>	*****	Oreja: 0.69 ± 0.76 Belfo: 1.01 ± 0.88	Lengua: 0.95 ± 0.83
<b>PVi (%)</b>	*****	Oreja: 28 ± 15 Belfo: 27 ± 14	Lengua: 20 ± 5**
<b>Volumen tidal (ml/Kg)</b>	8-22	-----	15 ± 5
<b>EtCO<sub>2</sub> (mmHg)</b>	35-45	-----	35 ± 5
<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	≥ 95	97 ± 2	97 ± 2
<b>Temperatura (grados Celsius)</b>	36.6-38.5	38.5 ± 5	37.5 ± 1*
<b>PSi (%)</b>	30-50%	92% ± 4	40% ± 18
<b>FV<sub>ISO</sub></b>	1.2 - 3.5 %	-----	1.9% ± 0.8

\* Diferencia estadísticamente significativa ( $P<0.05$ ) con respecto al valor basal

\*\* Diferencia estadísticamente significativa ( $P<0.05$ ) con respecto a los sitios de medición en oreja y belfo

Cuadro 5. FC= frecuencia cardiaca; FR= Frecuencia respiratoria; PAS= Presión arterial sistólica; PAD= Presión arterial sistólica; PAM= Presión arterial media; Pi= Índice de perfusión; PVi= Índice de variabilidad pletismográfica; PVC= Presión venosa central; EtCO<sub>2</sub>= CO<sub>2</sub> Espirado; SpO<sub>2</sub>= Saturación de oxígeno en la hemoglobina medida por pulsioximetría; PSi= índice de estado del paciente; FV<sub>iso</sub>= Flujo de gas vaporizado de isoflorano. (Álvarez- Solaz *et al.*, 2009; Ko *et al.*, 2012; Torrente *et al.*, 2012; Mansour *et al.*, 2017; Álvarez-Reséndiz *et al.*, 2013; Granados *et al.*, 2019; Ruíz-López *et al.*, 2019, Joao *et al.*, 2019.

En el cuadro 7 se muestra el seguimiento anestésico en lo que respecta a la medición de los parámetros hemodinámicos y cardiorrespiratorios que fueron monitorizados durante 45 minutos de anestesia. En este cuadro se puede observar que el Pi tiende a decrecer levemente sin embargo el PVi se mantiene sin presentar alteraciones significativas. Lo mismo pasa con la temperatura, siendo más marcada su disminución, sin embargo en ninguna variable monitorizada existió diferencia significativa ( $P>0.05$ ).

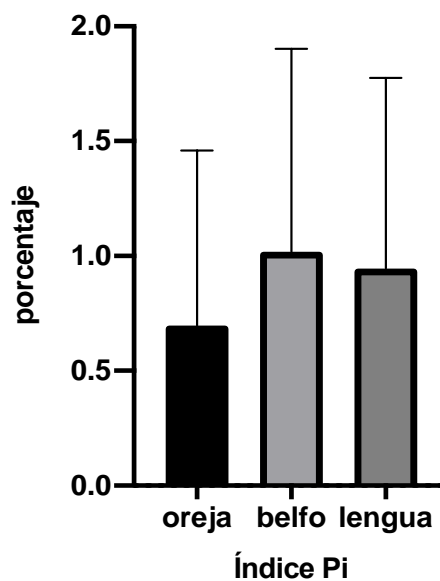
Cuadro 7. Parámetros hemodinámicos y cardiorrespiratorios monitorizados durante 45 minutos que duró la anestesia con Isoflorano.									
Parámetros	Tiempo de anestesia (minutos)								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
PI (%)	1.02 ± 1.01	1.02 ± 1.0	1.04 ± 1.01	0.97 ± 1.06	0.93 ± 0.97	0.92 ± 0.94	0.91 ± 1.03	0.70 ± 0.66	0.75 ± 0.79
PVI (%)	22 ± 11	20 ± 9	19 ± 9	19 ± 7	19 ± 9	19 ± 9	18 ± 6	19 ± 6	20 ± 6
FC/min	104 ± 31	108 ± 23	106 ± 21	106 ± 24	104 ± 18	105 ± 19	106 ± 19	104 ± 17	99 ± 18
FR/min	13 ± 3	13 ± 3	14 ± 4	14 ± 4	14 ± 4	14 ± 4	14 ± 4	14 ± 4	13 ± 4
PAS (mmHg)	122 ± 34	119 ± 38	115 ± 37	118 ± 33	117 ± 36	117 ± 34	119 ± 34	124 ± 34	125 ± 34
PAD (mmHg)	74 ± 32	72 ± 37	71 ± 30	71 ± 26	68 ± 30	71 ± 30	74 ± 26	78 ± 29	76 ± 29
PAM (mmHg)	90 ± 32	88 ± 37	88 ± 30	86 ± 28	84 ± 30	88 ± 34	86 ± 28	91 ± 29	93 ± 31
SpO <sub>2</sub> (%)	97 ± 3	97 ± 3	97 ± 2	97 ± 3	96 ± 3	97 ± 3	97 ± 2	98 ± 2	97 ± 2
EtCO <sub>2</sub> (mmHg)	33 ± 5	35 ± 6	36 ± 6	36 ± 5	36 ± 6	36 ± 5	36 ± 4	36 ± 4	35 ± 5
T° (°C)	37.8 ± 1.5	37.9 ± 0.7	37.8 ± 0.7	37.6 ± 0.8	37.4 ± 0.8	37.3 ± 0.9	37.2 ± 0.9	37.2 ± 0.8	37.1 ± 0.9
FV <sub>iso</sub> (%)	2.4 ± 0.5	2.3 ± 0.4	2.2 ± 0.4	2.2 ± 0.5	1.9 ± 0.6	1.7 ± 0.7	1.6 ± 0.8	1.4 ± 0.7	1.3 ± 0.8

Variables sin diferencia estadísticamente significativa ( $P>0.05$ ) durante el intraoperatorio.

Pi= Índice de perfusión; PVi= Índice de variabilidad pletismográfica; FC= frecuencia cardiaca; FR= Frecuencia respiratoria; PAS= Presión arterial sistólica; PAD= Presión arterial diastólica; PAM= Presión arterial media; SpO<sub>2</sub>= Saturación de oxígeno en la hemoglobina medida por pulsioximetría; EtCO<sub>2</sub>= CO<sub>2</sub> Espirado; T°= temperatura; FV<sub>iso</sub>= Fracción vaporizada de Isoflorano.

En el gráfico 1 se muestra el comportamiento de los valores del índice Pi en los pacientes sanos que integraron el estudio, sin que se observara diferencia estadísticamente significativa ( $P>0.05$ ). La medición de este parámetro fue de  $0.69 \pm 0.76$  en la oreja; de  $1.01 \pm 0.88$  en el belfo y de  $0.95 \pm 0.83$  en la lengua, lo que refleja que para éste índice es indistinto el sitio que se elija para su monitorización.

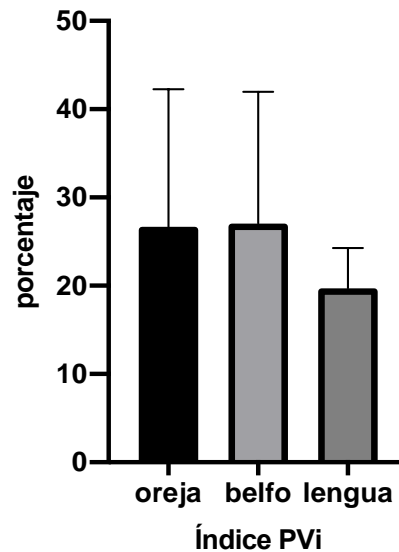
Gráfico 1. Valores del índice Pi en los pacientes sanos que integraron el estudio.



En el gráfico 2 se muestran los promedios obtenidos en los valores del índice PVi en los pacientes sanos que integraron el estudio. En esta variable a diferencia del índice Pi, si fue observada una diferencia estadísticamente significativa ( $P=0.01$ ) con respecto al sitio de medición. Los registros de este parámetro fueron de  $27 \pm 16$  en la oreja y de  $27 \pm 15$  en el belfo ( $P=0.99$ ), siendo menor este parámetro en la lengua, donde fue registrado un promedio de  $20 \pm 5$ ; lo que refleja que para éste índice, el sitio que se elija para su monitorización puede ser un factor a considerar.



Gráfico 2. Valores del índice Pi en los pacientes sanos que integraron el estudio.



Por otra parte, durante el intraoperatorio, tanto el índice Pi (Gráfico 3) como el índice Pvi (Gráfico 4) mostraron un comportamiento homogéneo durante el tiempo que duró el procedimiento anestésico-quirúrgico. En ambos casos no fue observada una diferencia estadísticamente significativa ( $P>0.05$ ) entre los tiempos de evaluación.

Gráfico 3. Monitorización intraoperatoria del índice Pi en los pacientes en estudio.

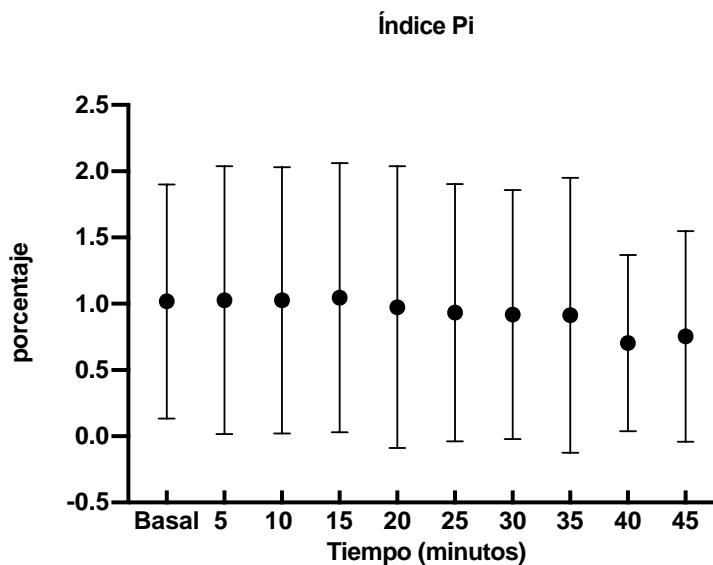


Gráfico 4. Monitorización intraoperatoria del índice PVi en los pacientes en estudio.

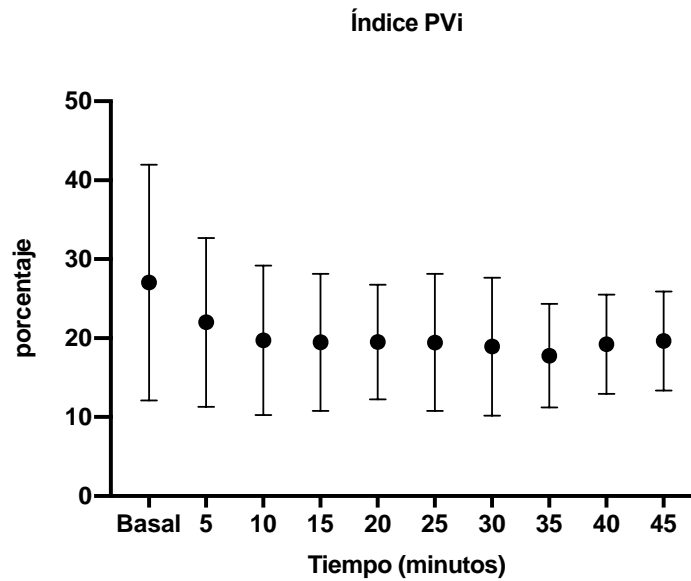


Gráfico 5. Comportamiento intraoperatorio de la presión arterial media de los pacientes en estudio sin diferencia estadísticamente significativa.

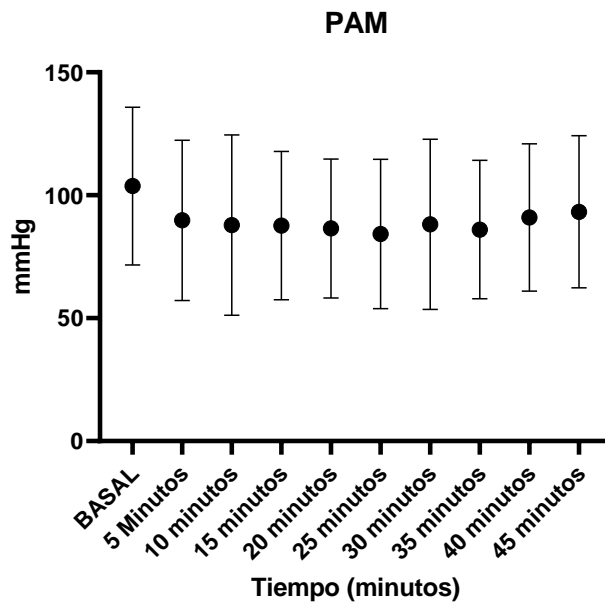


Gráfico 6. Comportamiento intraoperatorio de la temperatura de los pacientes en estudio, en este caso se encuentra diferencia estadísticamente significativa ( $P<0.05$ ) con respecto al valor basal.

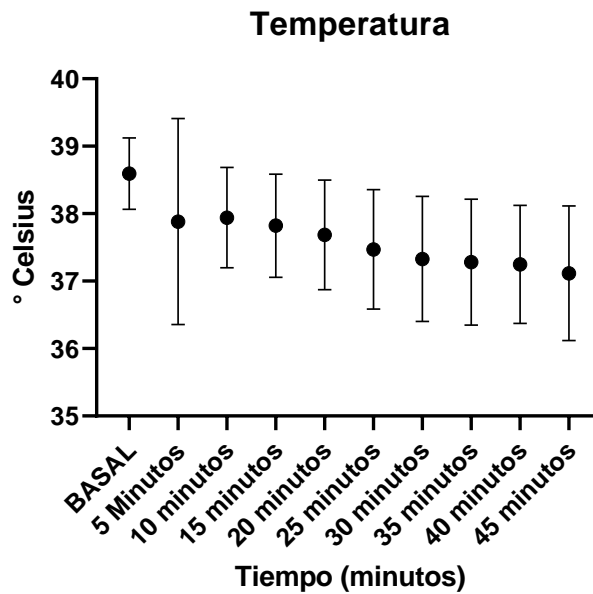


Gráfico 7. Comportamiento intraoperatorio de la frecuencia respiratoria de los pacientes en estudio, se encuentra diferencia estadísticamente significativa ( $P<0.05$ ) con respecto al valor basal.

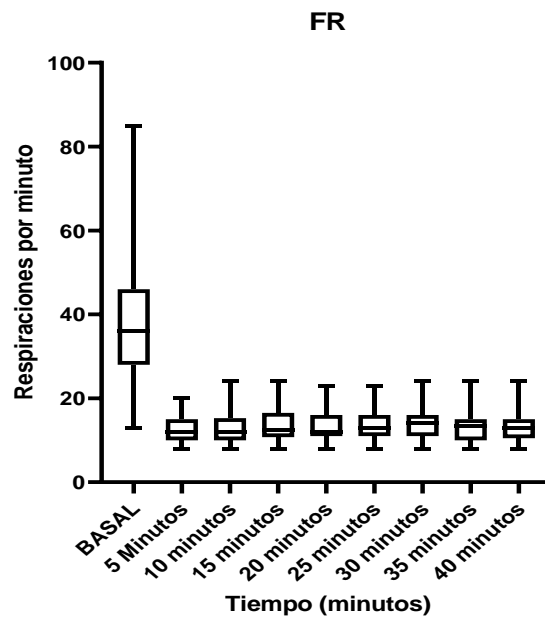
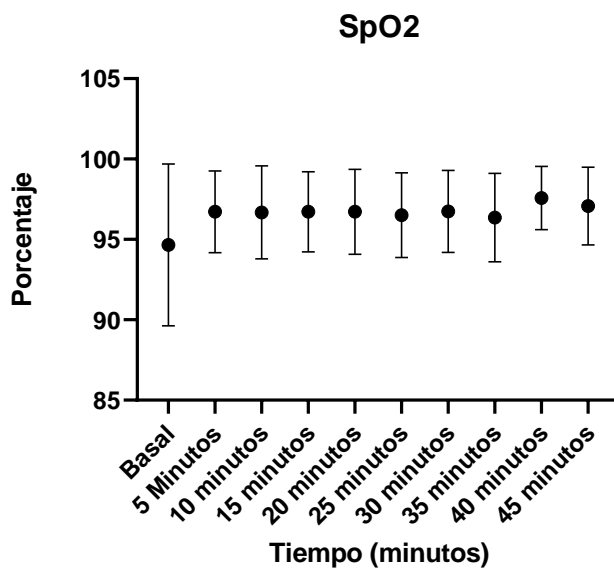


Gráfico 8. Comportamiento intraoperatorio del SpO<sub>2</sub> de los pacientes en estudio sin diferencia estadísticamente significativa.



En el cuadro 8 se presentan los coeficientes de correlación de Pearson, en el que se determinó una correlación débil entre las variables de estudio.

Parámetros	PVi	FC	PAM	SpO <sub>2</sub>
PVi	1.00			
FC	-0.08	1.00		
PAM	-0.12	0.14	1.00	
SpO <sub>2</sub>	-0.13	-0.04	0.02	1.00

## 9. DISCUSIÓN.

El objetivo del estudio fue establecer los valores normales del Pi y PVi en pacientes sanos antes de un proceso anestésico-quirúrgico así como determinar los índices de perfusión y variabilidad pletismográfica durante el procedimiento perioperatorio de perras sometidas a ooforosalingohisterectomía (OSH) electiva.

En este sentido Ochagavía *et al.* (2014), menciona que la monitorización hemodinámica permite obtener información sobre la función cardiovascular del paciente, por lo que constituye una pieza fundamental en la aproximación diagnóstica y en la guía terapéutica del paciente crítico, con hipoperfusión tisular o simplemente sometido a cirugía.

A su vez Martín *et al.* (2008), afirma que el manejo hemodinámico de los pacientes se basa en el conocimiento de una serie de variables fisiológicas que influyen sobre la ley de Frank Starling, tales como la precarga, postcarga, contractilidad cardíaca, y por tanto sobre el gasto cardíaco; describiendo también que las técnicas de monitorización se han ido desarrollando desde medidas no invasivas hasta multiparamétricas y también mediante medidas invasivas, tal es el caso del co-oxímetro de pulso que facilita la monitorización hemodinámica multiparamétrica no invasiva.

De acuerdo a Hamilton *et al.* (2013) y Shaw *et al.*, (2016), entre las complicaciones perioperatorias que provocan la muerte, se encuentra una estancia postoperatoria prolongada y morbilidad a largo plazo. Estas pueden surgir por hipoperfusión tisular perioperatoria provocada por hipovolemia o insuficiencia miocárdica. Existe una necesidad de gestionar esto. Además la monitorización cardiovascular avanzada proporciona información sobre el estado circulatorio, que puede verse alterado en pacientes quirúrgicos críticamente enfermos o de alto riesgo (generalmente definidos como aquellos con una tasa de mortalidad perioperatoria superior al 5%). Esta información puede ayudar al médico a optimizar el volumen intravascular y el estado cardíaco del paciente mediante el uso racional de líquidos intravenosos y fármacos vasoactivos, concordando en que se debe realizar una correcta monitorización hemodinámica del paciente sometido a un

procedimiento quirúrgico, además de la importancia de conocer los valores normales para lograr estabilizar a un paciente crítico en la unidad de cuidados intensivos.

Así por ejemplo, en medicina veterinaria según Stephenson (2014), Navarro *et al.*, (2015), Gould *et al.*, (2019), es común encontrar alteraciones de las funciones transportadoras del sistema cardiovascular. Algunas de éstas son primarias, como es el caso de una hemorragia, la cual genera una disminución en el retorno venoso, que a su vez origina una reducción en el gasto cardíaco, con una respuesta barorreceptora debido a la caída de la presión arterial. Esto es muy común en un procedimiento quirúrgico y para evitar que estos fenómenos se acentúen se administran soluciones intravenosas compensatorias, sin embargo la evaluación hemodinámica tiende a ser un tanto compleja ya que los marcadores hemodinámicos tradicionales han demostrado ser insuficientes para evaluar el comportamiento hemodinámico, por estas razones se necesitan nuevos parámetros clínicos como el Pi y el PVi que identifiquen de una forma más sencilla la reactividad hemodinámica de los pacientes que reciben terapia de fluidos intraoperatoria, ya que se debe recordar y reafirmar que la administración de estos fluidos se considera beneficiosa solo si el paciente se encuentra en la parte ascendente de la curva de Frank-Starling.

Lo anterior lo reafirma Muir (2013) y Clarke *et al.* (2014), pues ambos mencionan que la monitorización con carácter predictor de la respuesta ante la terapia de fluidos es de suma importancia en medicina veterinaria, haciendo énfasis en pacientes sometidos a cirugía y pacientes ubicados en UCI pues aseguran que la pérdida de líquido insensible en animales es generalmente menor de 1-2 ml/kg/h durante la anestesia, las pérdidas por evaporación de los tejidos traumatizados quirúrgicamente son difíciles de evaluar, sin embargo se ha determinado experimentalmente que estas varían de 2-30 ml/h en vísceras no exteriorizadas y exteriorizadas, respectivamente. Aunado a esto, se debe considerar que los tejidos manipulados quirúrgicamente no acumulan cantidades marcadas de líquido a menos que estén gravemente inflamados o traumatizados. Por tanto, la predicción de la respuesta a esta expansión de volumen, evaluando el grado de precarga permitiría realizar un manejo guiado en la terapia de fluidos evitando los efectos adversos del volumen exógeno administrado al paciente.

Lo ideal en anestesiología veterinaria concordando con Solaz *et al.*, (2009), Teixeira *et al.*, (2018) y Granados *et al.*, (2019) es que se puedan establecer niveles avanzados de monitorización y sobre todo cada vez más tecnificados, ya que existe la necesidad de monitorizar determinados parámetros biológicos con relativa frecuencia sin que suponga una sobrecarga excesiva para el paciente y los médicos veterinarios encargados, con la finalidad de realizar una monitorización continua, tal es el caso de la monitorización hemodinámica con base en la perfusión de los tejidos periféricos donde el índice de perfusión (Pi) e índice de variabilidad pletismográfica (PVi) han mostrado ser confiables, significativos y certeros, al menos en medicina humana.

### **9.1. Valores normales de Pi y PVi.**

Se ha demostrado en medicina humana que los valores normales del índice de perfusión (Pi) en pacientes anestesiados y pacientes críticos abarcan un rango muy amplio, donde según Pinto *et al.*, (2002), Granelli *et al.*, (2007), Uygur *et al.*, (2018), Su *et al.*, (2019) y Daş *et al.*, (2020) los valores normales de Pi se encuentran desde 1.2% hasta 7% reportando este rango como medias aceptables en un paciente crítico o anestesiado.

De igual manera, Cannesson *et al.*, (2008), Zimmermann *et al.*, (2010), Fischer *et al.*, (2013), Fischer *et al.*, (2014), Bergek *et al.*, (2015) y Maldonado *et al.*, (2019) afirman que el valor normal del índice de variabilidad pletismográfica (PVi) en humanos va de 7 a 27%, Es importante destacar que desde que Cannesson *et al.*, (2008) publicó su estudio para monitorizar las variaciones respiratorias, la forma de onda pletismográfica del co-oxímetro de pulso y la predicción de la capacidad de respuesta de los fluidos en el quirófano se tomó como referencia un valor de PVi del 14%. Este valor podría ayudar a evaluar a los pacientes que responden a la terapia de fluidos y a los que no, sin embargo en el presente estudio se tuvo un PVi promedio  $20\% \pm 5$ ; esto cuando los pacientes fueron sometidos a cirugía, lo que podría explicarse por el efecto vasodilatador del isoflorano.

Sin embargo en medicina veterinaria los reportes tienden a tener valores fuera de estos rangos, tal es el caso de la investigación hecha por Vaidehi (2014), quién realizó un estudio clínico utilizando 73 perros clasificados en un riesgo ASA (American Society of

Anesthesiologists) I a III, los cuales fueron sometidos a cirugía de tejidos blandos o procedimientos de diagnóstico tales como resonancia magnética o tomografía computarizada, permitiendo una ventilación espontánea en todos los casos, concluyendo que el valor mínimo de  $P_i$  fue de 0.14%, media de 1.7% y como valor máximo un 9.7%; mientras que, los valores de  $P_{Vi}$  que reporta son como mínimo de 5%, media de 18% y el valor máximo de 61%. Situación que fue semejante a lo observado en el presente estudio sin que en ambas investigaciones hubiera correlación estadística entre los valores de  $P_{Vi}$  y  $P_i$ . A diferencia de lo presentado por Cannesson *et al.* (2008) y Vaidehi (2014), hay que puntualizar que este experimento estuvo estandarizado con 50 pacientes sanas (ASA I), además de que la técnica quirúrgica, el procedimiento anestésico y el evaluador que participó, siempre fueron los mismos con la finalidad de reducir variaciones y ofrecer un resultado más certero.

La falta de correlación estadística entre  $P_i$  y  $P_{Vi}$  ya se había reportado en medicina humana por Cannesson *et al.*, (2008), Desebbe *et al.*, (2010), Desgranges *et al.*, (2011) y Loupec *et al.*, (2011), no obstante estos autores si reportan una variación del  $P_{Vi}$  con la administración de fluidos endovenosos, hallazgo que no fue evaluado en el presente estudio ya que la cantidad de fluido isotónico perfundido durante la cirugía siempre fue la misma, además de que el procedimiento quirúrgico electivo realizado transcurrió sin complicaciones.

La falta de relación entre los valores de  $P_{Vi}$  y  $P_i$  tanto en perros como en humanos ha sido discutido y al parecer la respuesta se fundamenta en la forma en que se calcula el  $P_{Vi}$  mediante una fórmula que incorpora valores máximos y mínimos de  $P_i$  en la forma de onda pletismográfica que están presentes en cientos de puntos en esta forma de onda. Por lo tanto, lo que se ve en el dispositivo de oximetría de pulso es el valor acumulado de  $P_{Vi}$  que se promedia a partir de cientos de cálculos que involucran  $P_i$  durante varios ciclos respiratorios. A este respecto, Cannesson *et al.*, (2008) y Klein *et al.*, (2016), mencionan que esta podría ser una de las razones por las cuales no se observa un  $P_{Vi}$  directamente influenciado por  $P_i$ , además de que el tipo de ventilación empleado es otro factor que participa en las variaciones en los valores de  $P_i$  y  $P_{Vi}$ .



Yusuke *et al.*, (2017) reportaron la precisión del índice PVi como un indicador no invasivo de la capacidad de respuesta ante la perfusión de líquidos en perros hipovolémicos, al utilizar 6 perros de la raza Beagle categorizados como ASA I, donde fueron evaluadas la presión arterial media (PAM), presión venosa central (CVP), gasto cardíaco de termodilución transpulmonar (TPTDCO), volumen sistólico (SV), Pi, variación de la presión del pulso (PPV), variación del volumen sistólico (SVV) ) y PVi; determinándose antes y después de seis etapas de extracción gradual de sangre venosa (incrementos de 5 ml/kg) seguidas de seis etapas de infusión gradual (incrementos de 5 ml/kg) de sangre derramada. La extracción de sangre resultó en aumentos significativos en PPV y PVi pero con disminuciones en PAM, CVP, TPTDCO, SV y Pi. La infusión de sangre resultó en aumentos significativos en PPV, PVi, PAM, CVP, TPTDCO, SV y Pi. Con estos resultados, los autores concluyeron que la medición no invasiva de PVi predijo la capacidad de respuesta de fluidos con precisión moderada igual a PPV en perros con ventilación mecánica anestesiados con sevoflorano. Los valores umbrales provisionales para la identificación de la capacidad de respuesta a los líquidos fueron  $PPV > 16\%$  y  $PVi > 12\%$ , lo que en su caso resultó similar a lo observado en el presente estudio.

Mair *et al.* (2019), generó un estudio sobre la medición del Pi en la lengua de perros anestesiados, reportando resultados que van de 0.5% a 7%; donde además también evalúa la medición con presencia de luz ambiental y la ausencia de luz (penumbra), afirmando que no hay intervención significativa sobre la luz en la medición del índice de perfusión, ya que en el caso del  $SpO_2$  el comportamiento es exactamente igual, por lo que si se compara con el presente experimento tampoco hubo interacciones derivadas con la presencia de luz.

Muir (2014) describe que el uso del manejo de líquidos basado en PVi en pacientes quirúrgicos reduce el volumen de líquido intraoperatorio infundido y disminuye las concentraciones de lactato perioperatorio. Estas observaciones fueron fundamentadas en el análisis de datos de 113 perros y 12 gatos a los que se les administraron bolos de fluidos (de 3 a 15 ml/kg durante 10 a 15 minutos) para tratar la hipotensión intraoperatoria. Estos animales mostraron una mejoría en el pulso arterial palpable, mejorando con ello la

perfusión periférica, por lo cual se presentó una disminución en el PVi. De esta manera, este autor concluye que la administración de líquidos es esencial para optimizar la perfusión tisular, donde la determinación de PVi ayuda a predecir la capacidad de respuesta de la terapia de fluidos y a guiar el reemplazo de líquidos durante la anestesia en perros y gatos.

## **9.2. Sitio anatómico de medición.**

La señal pletismográfica en el sensor del oxímetro de pulso mide los cambios en la absorción de luz del lecho vascular en el sitio anatómico de medición. Según Shelley *et al.*, (2006), Pizov *et al.*, (2010) y Zimmermann *et al.*, (2010), el sitio de medición más común para la forma de onda pletismográfica con el fin de medir el PVi en humanos son los dedos.

Sin embargo, estudios recientes como el de Desgranges *et al.*, (2011) sugieren que otros sitios de medición podrían ser más apropiados. Ante esta situación, la elección de un sitio alternativo de medición con menos sensibilidad a los cambios en el tono vasomotor, como el oído o la frente, podría mejorar la precisión del PVi. Sin embargo, el estudio realizado por Desgranges *et al.*, (2011) ha sugerido que la elección de un sitio alternativo de medición, como el lóbulo de la oreja o la frente, podría afectar la capacidad del PVi para predecir con precisión la respuesta a los líquidos.

Al respecto, Shelly *et al.*, (2006) menciona que el efecto de la ventilación sobre la señal pletismográfica se expresa con más fuerza si los sensores infrarrojos se colocan en la cabeza (probablemente debido a una distancia más corta entre el corazón y la región cefálica, en comparación con la separación entre el corazón y los dedos). En el estudio de Desgranges *et al.*, (2011) se puede hacer denotar una diferencia significativa entre los valores según el sitio de medición pues los valores de PVi en el dedo son de  $17 \pm 6$  %, incrementando en el oído a  $19 \pm 6$  % y en la frente a  $20 \pm 4$  %. En el presente estudio se utilizaron zonas cefálicas siendo estas la oreja, bello y lengua, por lo que los resultados obtenidos tienden a ser más elevados en comparación con los resultados de Cannesson *et al.*, (2008) y Vaidehi (2014), concluyendo que los sitios cefálicos (es decir la oreja, bello y

lengua) podrían ser más apropiados en pacientes quirúrgicos o críticamente enfermos, incluso en aquellos que se consideren de alto riesgo en una unidad de cuidados intensivos.

Pavlovitch *et al.*, (2011) informaron resultados similares indicando que los sitios en la oreja y la frente proporcionaron una mejor precisión en comparación con las mediciones registradas a partir de los dedos. Estas observaciones se pueden confirmar con los hallazgos reportados por Landsverk *et al.*, (2008) quienes mencionan que los valores de PVi son más altos en la frente y la oreja en comparación con el dedo. Además de que, el Pi depende de la distensibilidad de la pared vascular y de la presión del pulso intravascular, situación confirmada también por Shelley (2007). Por lo tanto, cualquier cambio en las condiciones locales (como cambios agudos en el tono vasomotor) podrían alterar el Pi y, en consecuencia, el PVi, ya que este índice refleja variaciones en el primero.

Shelley *et al.*, (2006), Landsverk *et al.*, (2007) y Landsverk *et al.*, (2008) mencionan que muchos factores pueden disminuir la corriente alterna del Pi (como vasoconstricción, frío, estrés quirúrgico o uso de fármacos vasoactivos). Sin embargo, la anestesia general reduce los componentes oscilatorios de la señal de perfusión relacionados con la actividad simpática, miogénica y el componente modulado por el endotelio, de ahí la importancia de que la presente investigación se realizara como un estudio clínico controlado.

### **9.3. Interacción con los parámetros cardiorrespiratorios.**

Matín *et al.*, (2008) y Klabunde (2012), comentan que la FC puede tener modificaciones sobre la distribución sanguínea por la alteración de la respuesta de precarga y por ende la modificación del gasto cardíaco. En el presente estudio los pacientes se comportaron dentro de los parámetros normales, ningún paciente presentó bradicardia a pesar de que el 80% presentara bloqueo atrio-ventricular de primer grado por la dexmedetomidina, el cual se corrigió en minutos sin ayuda de algún fármaco. Así, con el comportamiento de esta variable se reporta una correlación nula ( $R = -0.08$ ) entre la FC y el PVi.

Este comportamiento también ha sido descrito en humanos, donde las investigaciones hechas por Tsuchiya *et al.*, (2010) y Desgranges *et al.*, (2011) afirman que no se ha encontrado correlación entre los valores de PVi registrados antes de la inducción anestésica y los cambios en la FC durante el mismo periodo. Sin embargo, Roeth *et al.*, (2012) publica que al realizar cirugías vasculares a humanos monitorizando el PVi y la FC bajo ventilación mecánica, los resultados evidencian que únicamente cuando la FC aumenta un 28 a 37% el PVi tiende a incrementarse un 4%. Esto no sucedió en el presente estudio, lo cual puede deberse a la especie, el tipo de cirugía o el estado ASA de los mismos.

En el caso de la FR no existe correlación evidente, debido a que los pacientes que integraron el estudio estuvieron bajo ventilación por presión positiva totalmente controlada entre 12-15 cmH<sub>2</sub>O. No obstante, uno de los factores que se ha descrito como uno de los más importantes para modificar el Pi y el PVi en pacientes sometidos a cirugía es la asistencia con ventilación mecánica con el uso de la presión positiva al final de la espiración (PEEP). En este sentido, estudios en humanos y animales como el de García-Sanz *et al.*, (2019) han demostrado que presiones con una PEEP igual o mayor a 7 cmH<sub>2</sub>O refleja cambios significativos en los índices antes mencionados ya que los pulmones ejercen una fuerza o presión positiva sobre el corazón dando como resultado la disminución del gasto cardiaco y por ende la caída hacia la parte descendente de la curva de Frank Starling. Estas observaciones difieren de los resultados obtenidos en esta investigación debido a que se utilizó una PEEP de 2 cmH<sub>2</sub>O, misma que resultó insuficiente para modificar el Pi o en su caso el PVi.

El resultado de un mal manejo de la PEEP según Desebbe *et al.*, (2010) y Gould *et al.*, (2019) va en un aumento del volumen sistólico y, por lo tanto, una elevación de la presión del pulso la cual es mayor al final de la inspiración y más baja durante la espiración creando modificaciones en el gasto cardiaco y variaciones del Pi y PVi. Es importante mencionar que los pacientes hipovolémicos ventilados mecánicamente pueden identificarse más fácilmente pues al existir un menor volumen de sangre se generan variaciones respiratorias indeseables que pueden visualizarse con una ventilación mecánica, esta información esta respaldada por Smeding (2010).

A pesar de que en el presente estudio el Pi, PVi y SpO<sub>2</sub> se evalúan con el mismo monitor no se encontró relación importante, entre el PVi y el SpO<sub>2</sub> donde la correlación fue negativa presentando una  $r = -0.13$ , lo cual contrasta con el Pi pues algunos autores como Mair *et al.* (2019), reporta que a menos perfusión la oxigenación de los tejidos tendrá que disminuir. En el presente proyecto ningún paciente presentó hipoxia lo que lleva a inferir que los niveles de perfusión (Pi) son los correctos.

Ninguno de los pacientes sometidos al experimento pasó por un proceso de hipotensión a pesar de los medicamentos utilizados (Propofol e isoflorano) en el presente estudio, lo cual se reflejó en una correlación positiva nula entre el PVi y la PAM, sin embargo, existen otros estudios en humanos donde Bagci *et al.*, (2013) y Yokose *et al.*, (2013) informan que el PVi puede determinar de manera subjetiva si un paciente tiene hipotensión, ayudando a estabilizarlo antes, durante la anestesia y el procedimiento quirúrgico.

Según Armstrong *et al.*, (2005) los pacientes que presentan hipotermia moderada a severa generan cambios cardiovasculares que pueden afectar las lecturas tanto de Pi como de PVi, aspectos que fueron controlados en el presente estudio, donde los semovientes evaluados en el experimento sólo manifestaron una hipotermia leve, principalmente debida a que los anestésicos deprimen el sistema termorregulador, actuando directamente en el hipotálamo según Costa *et al.*, (2011). Por ello, a pesar de que no existe una correlación entre el PVi y la temperatura en este estudio, es importante destacar que Armstrong *et al.*, (2005) comenta que la hipotermia severa provoca un aumento de la FC y PAM debido a la liberación de catecolaminas secundaria a la estimulación del sistema nervioso autónomo. De hecho Yoshida *et al.*, (2001) considera que la hipotermia también puede causar un desplazamiento hacia la izquierda en la curva de disociación oxígeno-hemoglobina que da como resultado una disminución de la descarga de oxígeno a los tejidos e hipoxia o disoxia local, dando como resultado que el organismo genere una respuesta a la hipotermia con vasoconstricción cutánea y aumento del flujo sanguíneo a través de derivaciones arteriovenosas, que son los principales efectos que modificarían el Pi y el PVi. Es decir, la mala perfusión cutánea puede provocar hipoxia de las extremidades y un aumento de la resistencia vascular

sistémica, efectos que no fueron observados en los animales en estudio dado que la PAS y PAM estuvieron en rangos fisiológicos.

También ha sido reportado por Scott *et al.*, (2006) y Haskins (2007), que la caída de temperatura en los perros aumenta la viscosidad de la sangre, la resistencia vascular periférica, el hematocrito, la presión venosa y la fracción de filtración, lo que disminuye la elasticidad vascular, la presión arterial, el consumo de oxígeno, la FC, el flujo sanguíneo coronario, el rendimiento cardíaco, y el volumen de plasma.

Oncken *et al.*, (2001) y Yoshida *et al.*, (2001) mencionan que la hipotermia grave disminuye la capacidad de respuesta a las catecolaminas y la capacidad de respuesta de los barorreceptores, lo que puede provocar bradicardia, hipotensión y disminución del gasto cardíaco. La hipotermia explicada por Bessen *et al.*, (2000) también puede alterar la microcirculación miocárdica que conduce a arritmias. Por tal motivo, se ha observado que la fibrilación ventricular en perros con temperaturas corporales por debajo de 23.5° Celsius es un efecto común.

Con todo lo anterior se puede determinar que un paciente con hipotermia tendrá interacciones indeseables en el sistema cardiovascular afectando principalmente el SpO<sub>2</sub> elevando directamente los niveles de lactato y como resultado de estas interacciones, aumentaría también el estrés quirúrgico. Además si se permite que la hipotermia sea severa, el gasto cardíaco y la perfusión se verían afectados y por ende el PVi, lo cual, en el presente estudio no fue objeto de interacciones ni correlaciones entre la temperatura, Pi y PVi, pues los animales en estudio sólo tuvieron hipotermia leve durante el procedimiento quirúrgico.

Cabe destacar que de acuerdo a Forget *et al.*, (2010) una correcta monitorización del Pi y PVi disminuirá la acidosis metabólica asegurando de esta manera la oxigenación periférica y por ende los niveles de lactato serán casi nulos asegurando de esta manera una disminución en el estrés quirúrgico, disminuyendo la mortalidad, y mejorando la recuperación anestésica-quirúrgica del paciente, sin embargo en medicina veterinaria no

existen correlaciones específicas sobre el PVi y el lactato por lo que abre la puerta a una nueva investigación sobre la variabilidad pletismográfica y la gasometría.

#### **9.4. Interacción farmacológica.**

Ruiz *et al.* (2016) afirman que tanto la dexmedetomidina como el propofol, isoflorano y los opioides como el fentanil provocan hipotensión vascular, además de la disminución de temperatura y bradicardias. En este caso, el isoflorano puede deprimir incluso la contractibilidad cardiaca disminuyendo la resistencia vascular cuando se utiliza a 2-3 CAM. Estos factores pueden afectar directamente el PVi, sin embargo, en el presente estudio se encuentra una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ) de la medición anestésica-quirúrgica en la lengua con respecto a los sitios de medición en oreja y belfo, esto puede deberse a la interacción que presentaron los fármacos administrados.

Tsuchiya *et al.*, (2010) han estudiado la relación de los valores de PVi con los preanestésico y la hipotensión inducida por propofol. Mizuno *et al.*, (2012) informaron que la inducción, la anestesia general, la dexmedetomidina y los analgésicos opioides aumentan significativamente el Pi y disminuyen el PVi en pacientes adultos, lo cual confirma los resultados observados.

#### **9.5. Soluciones cristaloides y coloidales.**

La administración de líquidos de acuerdo a Muir (2014) es esencial para optimizar la perfusión tisular, donde la determinación de PVi ayuda a predecir la capacidad de respuesta de la terapia de fluidos y a guiar el reemplazo de líquidos durante la anestesia en perros y gatos, comentando que el PVi es dependiente del tipo de solución a utilizar, ya que las diferencias en los tipos de fluidos (cristaloides o coloides) disponibles determinan sus efectos sobre el equilibrio electrolítico y ácido-base, así como su capacidad para restaurar o mantener la presión arterial y la perfusión tisular. Así, los cristaloides isotónicos equilibrados mantienen los requerimientos de agua, la amoralidad de la sangre, la perfusión tisular y el equilibrio ácido-base en candidatos quirúrgicos sanos normales, mientras que las soluciones coloides son más efectivas para tratar la presión arterial baja, la perfusión tisular deficiente y la pérdida de sangre.

En el presente estudio no se determinaron los pacientes que responden y no responden a la terapia de fluidos, sin embargo se utilizó una solución cristaloide teniendo una velocidad de infusión de 10 ml/kg/hora sugerida por Kropf *et al.*, (2019).



## 10. CONCLUSIONES.



Se lograron establecer los valores normales de Pi y PVi en pacientes no anestesiados tomando las mediciones en diferentes zonas anatómicas; a su vez se tomaron los rangos normales en pacientes anestesiados y ventilados mecánicamente estableciendo las correlaciones entre estos parámetros tomando en cuenta que no existe correlación estadísticamente significativa entre el Pi y PVi, sin embargo de manera fisiológica si pueden tener correlación significativa, tanto el Pi como el PVi pueden compartir de manera individual ciertas correlaciones con diferentes parámetros evaluados, además se determinó que las zonas cefálicas tienden a ser más confiables para la medición de estos índices.

Se concluye que la correcta monitorización cardiovascular, la evaluación del volumen intravascular y el mantenimiento de la normovolemia, son parámetros cruciales y deben ser uno de los principales objetivos en la monitorización anestésica permitiendo un control más preciso del estado fisiológico del animal reduciendo las complicaciones intra y post-anestésicas, ya que la monitorización de los pacientes se basa en el deseo de mejorar el bienestar animal, dado que se agregan beneficios como una recuperación más rápida y controlada, así como un tiempo de hospitalización más corto.

## 11. REFERENCIAS.



- Abouleish AE, Leib ML, Cohen NG. 2015. Example ASA physical status class. American society of anesthesiologists, 79;1-3.
- Aguado D, Benito J. 2007. ¿Qué monitorización requiere un paciente anestesiado?. Residente European College of Laboratory Animal Medicine. 27;148-152.
- Alkire MT, Hudetz AG, Tononi G. 2008. Consciousness and anesthesia. Science. 322;876-80.
- Álvarez-Reséndiz GE, Ochoa-Gaitán G, Velazco-González JG, Gutiérrez-Porras CL, Monares-Zepeda E. 2013. Monitoreo anestésico básico. Revista mexicana de anestesiología. 36;95-100.
- Armstrong SR, Roberts BK, Aronsohn M. 2005. Perioperative hypothermia. Journal of Veterinary Emergency and Critical Care, 15;32–37.
- Asnes FC, Marquez JP, Elson LJ, Wakatsuki T. 2006. Reconstitution of the Frank-Starling mechanism in engineered heart tissues. Biophysical Journal 91;1800-1810.
- Asuero MS, Reverte C, García A. 2004. Capítulo 1 Concepto y filosofía de la monitorización en Monitorización en anestesia, cuidados críticos y medicina de urgencias. Chamorro C, Planas A, López E. Elsevier, España.
- Atef H, Fattah S, Abd-Gaffer M, Al-Rahman A. 2013. Perfusion index versus non-invasive hemodynamic parameters during insertion of i-gel, classic laryngeal mask airway and endotracheal tube. Indian Journal of Anaesthesia, 57;156-162.
- Bagci S, Müller N, Müller A, Heydweiller A, Bartmann P, Franz AR. 2013. A pilot study of the pleth variability index as an indicator of volume-responsive hypotension in newborn infants during surgery. Journal of Anesthesia. 27;192–198.
- Bein B, Renner J. 2019. Advances in haemodynamic monitoring for the perioperative patient, perioperative cardiac output. Best practice & research clinical anaesthesiology. 33;139-153.
- Bergek C, Zdolsek JH, Hahn RG. 2015. Non-invasive blood haemoglobin and plethysmographic variability index during brachial plexus block †. British Journal of Anaesthesia, 114;812–817.

- Bessen HA. 2000. Hypothermia, In: Tintinalli JE, Kelen GD, Stapczynski JS. eds. *Emergency Medicine*, 5th edn. New York: McGraw-Hill., pp.1231–1235.
- Bhismadev T, Riahi T, Bernard O, Sesay M, Maurette P, Nouette-Gaulain K. 2012. Comparison between pleth variability index and arterial pulse pressure variation in the neurosurgical intensive care unit (ICU). *Proceedings of the American Society of Anesthesiologists*. 72;466-471.
- Biais M, Cottenceau V, Petit L. 2011. Impact of norepinephrine on the relationship between pleth variability index and pulse pressure variations in ICU adult patients. *Crit Care* 15;4 R168.
- Braunwald E, Loscalzo J. 2016 Capitulo 50: Edema en Harrison. *Principios de Medicina Interna*. Kasper D, Fauci A, Hauser S, Longo D, Jameson JL, Loscalzo J. Harrison. Principios de medicina 19a ed. McGraw-Hill Interamericana editores.
- Briganti A, Portela DA, Barsotti G, Romano M, Breggi G. 2012. Evaluation of the endotracheal tube cuff pressure resulting from four different methods of inflation in dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 39;488–494.
- Broch O, Bein B, Gruenewald M, Höcker J, Schöttler J, Meybohm P, Renner, J. 2011. Accuracy of the pleth variability index to predict fluid responsiveness depends on the perfusion index. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 55;686–693.
- Cannesson M, Desebbe O, Rosamel P, Delannoy B, Robin J, Bastien O, Lehot J. 2008. Pleth variability index to monitor the respiratory variations in the pulse oximeter plethysmographic waveform amplitude and predict fluid responsiveness in the operating theatre. *British Journal of Anaesthesia*, 101;200-206.
- Chantler PD, Lakatta EG. 2012. Arterial–Ventricular Coupling with Aging and Disease. *Frontiers in Physiology*, 3;1-12.
- Chen G, Chung E, Meng L. 2012. Impact of non invasive and beat-to-beat arterial pressure monitoring on intraoperative hemodynamic management. *J Clin Monit Comput* 26;133-140
- Chu H, Wang Y, Sun Y, Wang G. 2016. Accuracy of pleth variability index to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Monitoring Computer*. 3;265-274.

- Clarke KW, Trim CM, Hall LW. 2014. Veterinary anaesthesia, 11a ed., Elsevier. EUA. Capitulo 15;405-498.
- Conway DH, Mayall R, Abdul-Latif MS, Gilligan S, Tackaberry C. 2002. Randomised controlled trial investigating the influence of intravenous fluid titration using oesophageal Doppler monitoring during bowel surgery. *Anaesthesia*. 57:845-849.
- Costa NJ, Ramírez URA, Carneiro RL, Nóbrega PI, Brito MA. 2011. Control de hipotermia con colchón térmico en perras durante ovario-histerectomía. *Revista de medicina veterinaria de Bogotá*. 22;11-19.
- Daş M, Bardakci O, Siddikoğlu D, Akdur G, Yilmaz MC, Akdur O, Beyazit Y. 2020. Prognostic performance of peripheral perfusion index and shock index combined with ESI to predict hospital outcome. *The American Journal of Emergency Medicine*. 38;1-19.
- De Backer D, Pinsky MR. 2007. Can one predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients? *Intensive Care Medicine*, 33;1111-3.
- Delorme S, Renault R, Le Manach Y. 2007 Variations in pulse oximetry plethysmographic waveform amplitude induced by passive leg raising in spontaneously breathing volunteers. *american journal of emergency medicine* 25;637-42.
- Dennis MJ. 2000. Plethysmography: the new wave in haemodynamic monitoring – a review of clinical applications. *Australian Critical Care*, 13;14–20.
- Desgranges FP, Desebbe O, Ghazouani A, Gilbert K, Keller G, Chiari P, Robin J, Bastien O, Lehot JJ, Cannesson M. 2011 Influence of the site of measurement on the ability of plethysmographic variability index to predict fluid responsiveness. *British journal of anaesthesia*. 107;329-335.
- Desebbe O, Boucau C, Farhat F, Bastien O, Lehot J-J, Cannesson M. 2010. The ability of pleth variability index to predict the hemodynamic effects of positive end-expiratory pressure in mechanically ventilated patients under general anesthesia. *anesthesia & analgesia*, 110;792–798.

- Fantoni DT, Ida KK, Gimenes AM. 2017. Pulse pressure variation as a guide for volume expansion in dogs undergoing orthopedic surgery. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 44;709-717.
- Feissel M, Kalakhy R, Banwarth P, Badie J, Pavon A, Faller J, Quenot J. 2013. Plethysmographic variation index predicts fluid responsiveness in ventilated patients in the early phase of septic shock in the emergency department: a pilot study. *Journal of Critical Care*. 28;634–639.
- Fischer MO, Pelissier A, Bohadana D, Gérard JL, Hanouz JL, Fellahi JL. 2013. Prediction of Responsiveness to an Intravenous Fluid Challenge in Patients After Cardiac Surgery With Cardiopulmonary Bypass: A Comparison Between Arterial Pulse Pressure Variation and Digital Plethysmographic Variability Index. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 27;1087–1093.
- Fischer M-O, Pellissier A, Saplacan V, Gérard J-L, Hanouz J-L, Fellahi JL. 2014. Cephalic Versus Digital Plethysmographic Variability Index Measurement: A Comparative Pilot Study in Cardiac Surgery Patients. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 28;1510–1515.
- Forget P, Lois F, Kock M. 2010. Goal-Directed Fluid Management Based on the Pulse Oximeter-Derived Pleth Variability Index Reduces Lactate Levels and Improves Fluid Management. *Anesthesia & Analgesia*. 111;910-914
- Forouzanfar M, Dajani HR, Groza VZ, Bolic M, Rajan S, Batkin I. 2015. Oscillometric Blood Pressure Estimation: Past, Present, and Future. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 8;44–63.
- Frasca D, Dahyot-Fizelier C, Catherine K, Levrat Q, Debaene B, Mimoz O. 2011. Accuracy of a continuous noninvasive hemoglobinmonitor in intensive care unit patients. *Critical Care Medicine*. 39;2277-2282
- Gan TJ, Soppitt A, Maroof M. 2002. Goal-directed intraoperative fluid administration reduces length of hospital stay after major surgery. *Anesthesiology*. 97: 820–826.
- García F, Marín L, Mayugo S, Serra M, Frisas E. 2000. La pulsioximetría en el perro estudio clínico. *Clinica veterinaria en pequeños animales*. 16;219-223.

- García-Sanz V, Aguado D, Gómez de Segura IA, Canfrán S. 2019. Comparative effects of open-lung positive end-expiratory pressure (PEEP) and fixed PEEP on respiratory system compliance in the isoflurane anaesthetised healthy dog. *Veterinary Science*. 127;91-98
- Goldman JM, Petterson MT, Kopotic RJ, Barker SJ. 2000. Masimo extraction pulse oximetry *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 16;475–483.
- Goldstein M, Lopez M, Saesim D, Peverini R. 2007. Use of pleth variability index (PVi) to detect changes in intrathoracic pressure. *Respiratory Care*. 52:A1287.
- Gould C, Hopper J. 2019. Applied cardiovascular physiology en *Anaesthesia Care Intensive Medicine*. Pace N, Serpell M. Volumen 20. Elsevier.
- Granados MM, Navarrete R. 2019. Capítulo 13 Complicaciones anestésicas en *Anestesiología y cuidados intensivos: Manuales clínicos de veterinaria*. Muñoz P, Granados MM, Navarrete R. Elsevier, España.
- Granelli Ad, Ostman-Smith I. 2007. Noninvasive peripheral perfusion index as a possible tool for screening for critical left heart obstruction. *Acta Paediatrica* 96;1455–1459.
- Haggerty A, Nirmalan M. 2019. Capillary dynamics, interstitial fluid and the lymphatic system en *Anaesthesia Care Intensive Medicine*. Pace N, Serpell M. Volumen 20. Elsevier.
- Hamilton M, Chishti A. 2013. Advanced cardiovascular monitoring. *Surgery (Oxford)*, 31;90–97.
- Haskins SC. 2007. Monitoring anesthetized patients. In Tranquilli, W. J., Thurmon, J. C., Grimm, K. A. Lumb & Jones *Veterinary Anesthesia and Analgesia*. 4ta edition. Iowa: Blackwell Publishing.
- Hedlund CS. 2008 *Cirugía del aparato genital y reproductor en Cirugía en pequeños animales*. Fossum TW, 3ª ed. Elsevier, España.
- Heidemann SR. 2014. Capítulo 1 Bases moleculares y celulares de la regulación fisiológica en *Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology*, Pedro L. Lorenzo González. 5a ed. Elsevier, España.
- Hernández-Avalos, I., Flores-Gasca, E., Mota-Rojas, D., Casas-Alvarado, A., Miranda-Cortés, A. E., & Domínguez-Oliva, A. (2021). Neurobiology of anesthetic-

surgical stress and induced behavioral changes in dogs and cats: A review. *Veterinary world*. 14;393–404.

- Hofer CK, Cannesson M. 2011. Monitoring fluid responsiveness. *Acta anaesthesiologica Taiwanica* 49;59-65.
- Jaffer M, Odeh MD, Steven E. Hill MD. 2019. Noninvasive Continuous Hemoglobin Monitoring: Role in Cardiovascular Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 33;873-875.
- Joao HN, Henao NG, Pavlisko ND, Williamson A, Giannella AN. 2019. The effect of two doses of fentanyl on chest wall rigidity at equipotent doses of isoflurane in dogs, *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 46;360-364.
- Keller G, Cassar E, Desebbe O. 2008. Ability of pleth variability index to detect hemodynamic changes induced by passive leg raising in spontaneously breathing volunteers. *Critical Care*. 12;R37.
- Kitakule M, Mayo P. 2010. Use of ultrasound to assess fluid responsiveness in the intensive care unit. *The Open Critical Care Medicine Journal*. 3;33-37.
- Klein AV, Teixeira-Neto FJ, Garofalo NA, Lagos-Carvajal AP, Diniz MS, Becerra-Velásquez DR. 2016. Changes in pulse pressure variation and plethysmographic variability index caused by hypotension-inducing hemorrhage followed by volume replacement in isoflurane-anesthetized dogs. *American journal of veterinary research*, 77;280-287.
- Klopsis DN, Serafin J, Kanjilal A, Svyatets M, Schreiber A, Twersky RS. 2015. Quality control review of the ASA Physical Status (ASA-PS) Classification of patients undergoing moderate sedation by non-anesthesiologists. Poster presented at: SAMBA 30th Annual Meeting. 30;23-25
- Ko J, Kriminins R. 2012. Anesthetic monitoring: devices to use and what the results mean. *today's veterinary practice*, 2;23-31.
- Kropf J, Hughes JML. 2019, Effect of midazolam on the quality and duration of anaesthetic recovery in healthy dogs undergoing elective ovariohysterectomy or castration. *Association of Veterinary Anaesthetists and American College of Veterinary Anesthesia and Analgesia*, 47;1-31.
- Lake CL. 1993. American monitoring. *Standards and State of the Art* 20;104-110.

- Landsverk SA, Kvandal P, Bernjak A, Stefanovska A, Kirkeboen KA. 2007. The effects of general anesthesia on human skin microcirculation evaluated by wavelet transform. *Anesthesia & Analgesia*. 105;1012–1019.
- Landsverk SA, Hoiseth LO, Kvandal P, Hisdal J, Skare O, Kirkeboen KA. 2008. Poor agreement between respiratory variations in pulse oximetry photoplethysmographic waveform amplitude and pulse pressure in intensive care unit patients. *Anesthesiology*. 109;849–55.
- Latini G, Dipaola L, De Felice C. 2012. First day of life reference values for pleth variability index in spontaneously breathing term newborns. *neonatology*, 101;179–182.
- Leblanc P, Macklem PT, Ross WR. 2000. Breath sounds and distribution of pulmonary ventilation. *The American Review of Respiratory Disease Journal*. 102;10-16.
- Levick JR, Michel CC. 2010 Microvascular fluid exchange and the revised Starling principle. *Cardiovascular Reserch*. 87: 198-210.
- Levitov A, Marik PE 2012. Echocardiographic assessment of preload responsiveness in critically ill patients. *Cardiology Research and Practice*, 2012;1–7.
- Logroño SE. 2017. Guía de manejo anestésico perioperatorio aplicable a programas de esterilización masiva en caninos en el distrito metropolitano de Quito Ecuador mediante revisión sistemática de literatura. Trabajo profesional, licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Facultad de Ciencias de la Salud. Ecuador. 1-102.
- Lopes MR, Oliveira MA, Pereira VO, Lemos IP, Auler JO Jr, Michard F. 2007. Goal-directed fluid management based on pulse pressure variation monitoring during high-risk surgery: a pilot randomized controlled trial. *Journal of Critical Care*. 11-19.
- Loupec T, Nanadoumgar H, Frasca D, Petitpas F, Laksiri L, Baudouin D. Mimoz O. 2011. Pleth variability index predicts fluid responsiveness in critically ill patients. *Critical Care Medicine*, 39;294–299.



- Mair A, Ferreira J, Ricco C, Nitzan M. 2019. Appraisal of the “penumbra effect” using lingual pulse oximetry in anaesthetized dogs and cats. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 47;177-182.
- Maja JD, Chang YM, Giacomo S, Ludovic P, 2018 Evaluation of the dynamic predictors of fluid responsiveness in dogs receiving goal-directed fluid therapy. *Association of Veterinary Anaesthetists, Veterinary Anesthesia and Analgesia* 45;22-30.
- Maldonado F, Fábregas N, Ortega R, Carrero E, Valero R. 2019. Placement in the prone position predisposes patients to a near volume-response state. A plethysmographic comparison of two prone positions using the Pleth Variability index. *Journal of Clinical Anesthesia*, 58;79–80.
- Mallat J, Meddour M, Durville E, Lemyze M, Pepy F. 2015. Decrease in pulse pressure and stroke volume variations after mini-fluid challenge accurately predicts fluid responsiveness. *British Journal of Anaesthesia*. 115;449-456.
- Manandhar S, Liu ZJ. 2018. Pleth Variability Index: An Insight into Its Benefits and Limitations as a Predictor of Fluid Responsiveness. *Science Letters*, 6;28-33.
- Mansour C, Merlin T, Bonnet-Garin JM, Chaaya R, Mocchi R, Ruiz C, Allaouchiche B, Boselli E, Junot S. 2017. Evaluation of the Parasympathetic Tone Activity (PTA) index to assess the analgesia/nociception balance in anaesthetised dogs, *Veterinary science*. 115;271-277.
- Marik, PE, Monnet X, Teboul JL. 2011. Hemodynamic parameters to guide fluid therapy. *Annals of Intensive Care*, 1;1–9.
- Martín Vivas A, Saboya Sánchez S, Patiño Rodríguez M, Silva Obregón JA, Gómez Rosado S Blanco García, JJ. 2008. Monitorización hemodinámica: sistema PiCCO®. *Enfermería Intensiva*, 19;132–140.
- Masimo. 2005. Pleth variability index (PVi) respiratory effect on plethysmographic waveform. *Technical Bulletin Masimo*, 1–4.
- Matthew E, Cove MD , Michael R, Pinsky MD. 2012. Perioperative hemodynamic monitoring. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*. 26;453-462.
- Matthews NS, Hartke S, Allen JC. 2003. An evaluation of pulse oximeters in dogs, cats and horses. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 30;3–14.

- Mazzaferro EM. 2008. Complications of fluid therapy. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*, 38;607–19.
- Meder AR. 2010. Utilidad de la electrocardiografía en la clínica veterinaria de animales de compañía. *Ciencia veterinaria* 12; 39-43.
- Mellema MS, McIntyre RL. 2015. Capitulo 184: Cardiac Output Monitoring. En: *Small Animal Critical Care Medicine 2a edición*. 962–967.
- Michard F, Boussat S, Chemla D. 2000. Relation between respiratory changes in arterial pulse pressure and fluid responsiveness in septic patients with acute circulatory failure. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 162:134–138.
- Michard F. 2005. Changes in arterial pressure during mechanical ventilation. *Anesthesiology*. 103:419–428.
- Miranda-Cortés AE, Ruiz-García AG, Olivera-Ayub AE, Garza-Malacara G, Ruiz-Cervantes JG, Toscano-Zapien, JA, Hernández-Avalos I. 2020. Cardiorespiratory effects of epidurally administered ketamine or lidocaine in dogs undergoing ovariohysterectomy surgery: a comparative study. *Iranian Journal of Veterinary Research*. 21;92-96.
- Mizuno J, Morita Y, Kakinuma A, Sawamura S. 2012. General anaesthesia induction using general anaesthetic agents and opioid analgesics increases perfusion index (PI) and decreases pleth variability index (PVi): observational clinical study. *Sri Lankan Journal of Anaesthesiology*, 20;7–12.
- Mohamed ZU, Mullenheim JW. 2012. Predicting fluid responsiveness. *Trends in Anaesthesia and Critical Care*. 2;15–19.
- Monnet X, Osman D, Ridet C, Lamia B, Richard C, Teboul JL. 2009. Predicting volume responsiveness by using the end-expiratory occlusion in mechanically ventilated intensive care unit patients. *Critical Care Medicine*. 37;951-956.
- Monnet X, Guérin L, Jozwiak M, Bataille A, Julien F, Richard C, Teboul J-L. 2013. Pleth variability index is a weak predictor of fluid responsiveness in patients receiving norepinephrine, *BJA: British Journal of Anaesthesia*. 10;207–213.
- Moran MR., Valverde A., Ibancovich JA., Acevedo CM., Recillas MS., Sanchez AP., Osorio AJ. 2017. Cardiovascular effects of constant rate infusions of lidocaine,

lidocaine and dexmedetomidine, and dexmedetomidine in dogs anesthetized at equipotent doses of sevoflurane. *Canadian Veterinary Journal*. 58;729-734.

- Mosing M, Iff I, Hirt R, Moens Y, Tusman G. 2012. Evaluation of variables to describe the shape of volumetric capnography curves during bronchoconstriction in dogs. *Research in Veterinary Science*. 93;386-392.
- Mousa WF. 2013. Effect of hypercapnia on pleth variability index during stable propofol: Remifentanil anesthesia. *Saudi journal of anaesthesia*, 7;234–237.
- Muir William W., Helio S.A. de Moraes, Seeler David C. 2011. Capítulo 7 Equilibrio ácido base y fluidoterapia en *Manual de anestesia y analgesia en pequeñas especies*. Grimm Kurt A., Tranquilli William J., Lamont Leigh A. 2a ed. Editorial el manual moderno, EU.
- Muir William W. 2015. Sección 3. Body Fluids and Thermoregulation Capítulo 18. Acid–Base Physiology en *Veterinary anesthesia and analgesia*, Grimm Kurt, Leigh Lamont, Tranquilli William, Greene Stephen, Robertson A. Sheilah. 5a ed. Editorial Offices, EU.
- Muir William W. 2007. Considerations for general anesthesia en *Lumb Jones Veterinary Anesthesia and Analgesia* 4ed. Tranquilli WJ, Thurmon JC, Grimm KA. editorial Ames, Blackwell publishing.
- Muir William. 2013. A new way to monitor & individualize your fluid therapy plan. *Veterinary medicine. Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 67;7-14.
- Natalini G, Rosano A, Taranto M, Faggian B, Vittorielli E, Bernardini A. 2006, Arterial versus plethysmographic dynamic indices to test responsiveness for testing fluid administration in hypotensive patients: a clinical trial. *Anesthesi and analgesia*. 103;1478-1484.
- Navarro LH, Bloomstone JA, Auler JO. 2015. Perioperative fluid therapy: a statement from the international Fluid Optimization Group. *Perioper Medicine Lond* 4;3-23
- Nieto-Pérez OP, Sánchez-Díaz JS, Solórzano-Guerra A, Márquez Rosales E, García-Parra OF, Zamarrón-López EI, Deloya-Tomas E, Monares-Zepeda E, Peniche-Moguel KG, Carpio-Orantes L. 2019. Intravenous fluid therapy guided by goals. *Medicina Interna de México*. 35;235-250.

- Ochagavía A, Baigorri F, Mesquida J, Ayuela JM, Ferrándiz A, García X, Gil A. 2014. Monitorización hemodinámica en el paciente crítico. Recomendaciones del Grupo de Trabajo de Cuidados Intensivos Cardiológicos y RCP de la Sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias. *Medicina Intensiva*, 38;154–169.
- Ochoa AG, Aguirre ICP, Franco MC. 2017. Lidocaína: aspectos generales y nuevas implicaciones en la inflamación. *Revista mexicana de anestesiología*. 4;220-225.
- Oncken A, Kirby R, Rudloff E. 2001. Hypothermia in critically ill dogs and cats. *Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian*. 23;506–520.
- Otero P. 2012. Protocolos anestésicos y manejo del dolor en pequeños animales: reporte de casos. 2a edición. Intermedia. 1-16.
- Otto MR, Doreen M, 2002. Examen y diagnóstico clínico en veterinaria, ediciones Harcourt, edición en español, Velásquez, 5° Dcha. 28001 Madrid España.
- Ozakin E, Yazlamaz NO, Kaya FB, Karakilic EM, Bilgin M. 2020. Perfusion Index Measurement in Predicting Hypovolemic Shock in Trauma Patients. *The Journal of Emergency Medicine*. 58;1-8.
- Pavlakovitch I, Dessebbe O, Cannesson M, Bastein O, Lehot J. 2011. What is the best site for measuring the pleth variability index (PVi) during a surgery procedure? *European Journal of Anesthesiology*. 1306; 28-36.
- Pavlov AD, Lansedberg A. 2016. The cross-bridge dynamics is determined by two length-independen kinetics: Implications on muscle economy and Frank-Starling law. *Journal of molecular and cellular cardiology*. 90;94-101.
- Perel A. 2015. Non-invasive monitoring of oxygen delivery in acutely ill patients: new frontiers, *Anesthesiology and Intensive Care, Sheba Medical Center*, 5;1-24.
- Pizov R, Eden A, Bystriski D, Kalina E, Tamir A, Gelman S. 2010. Arterial and plethysmographic waveform analysis in anesthetized patients with hypovolemia. *Anesthesiology*. 113: 83–91.
- Poeze M, Greve JW, Ramsay G. 2005. Meta-analysis of hemodynamic optimization: relationship to methodological quality. *Crit Care*. 9:771–779.

- Proulx J. 2000. Respiratory monitoring: arterial blood gas analysis, pulse oximetry, and end-tidal carbon dioxide analysis. *Clinical Techniques in Small Animal Practice* 14:227–230.
- Puente Barbas JA., Navarro Suay R, Gutiérrez Ortega C, Gilsanz Rodríguez F. 2016. Empleo del índice biespectral para monitorización de la hipnosis en sedación durante anestesia regional, experiencia en tres pacientes militares. *Sanidad militar.* 73; 190-193.
- Radostits, Otto M, Doreen M. 2002. Examen y diagnóstico clínico en veterinaria, ediciones Harcourt. Edición en español, Velásquez, 5° Dcha. 28001 Madrid, España.
- Ramírez-Picazo EU, Muñoz-Flores AA, Hernández-Ávalos I, Miranda-Cortés AE, Casas-Alvarado A. 2021. Perfusion index and plethysmographic variability index as a predictor of perioperative fluid therapy perfusion response in dogs and cats. *Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Pequeñas Especies.* 32;16-23.
- Roach KJ, Thiele HR. 2019. Perioperative blood pressure monitoring. *Best practice & Research clinical anaesthesiology.* 33;127-138.
- Robinson N.E. 2014. Capítulo 53 Termoregulación en *Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology.* Pedro L. Lorenzo González. 5a ed. Elsevier, España.
- Roeth N, Ball T, Atkins M, Bohannon W, Culp W, Johnston W. 2012. Increasing heart rate and tidal volume increases plethysmography variability index values. *Critical Care Medicine,* 40;267-274.
- Roeth NA, Ball TR, Culp WC, Todd Bohannon W, Atkins MD, Johnston WE. 2014. Effect of Increasing Heart Rate and Tidal Volume on Stroke Volume Variability in Vascular Surgery Patients. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia,* 28;1516–1520.
- Romano M, Portela DA, Verdierb N, Otero PE. 2015, Changes in serum cortisol and blood glucose concentrations in anesthetized, pain-free dogs administered fentanyl. *Anaesthesia and Analgesia.* 40;1-4.

- Romero CM, Luengo C, Tobar E, Fábrega L, Vial MJ, Cornejo R, Llanos O. 2014. Central venous saturation in septic shock: co-oximetry vs gasometry. *The American Journal of Emergency Medicine*, 32;1275–1277.
- Ricco C, Henao GN., Shih A, Pavlisko N, Killos M, Queiroz P. 2012. Pleth Variability Index derived from the Radical-7 Masimo pulse oximeter as a noninvasive indicator of circulating volume changes in dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 40;6-12.
- Ruiz JG, Hernández AI. 2016 *Farmacología para médicos veterinarios zootecnistas*. 2ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Ruíz-López P, Domínguez JM, Granados MM. 2019. Intraoperative nociception-antinociception monitors: a review from the veterinary perspective, *Veterinary anesthesia and analgesia*. 47;152-159.
- Sabatier C, Monge I, Maynar J, Ochagavia A. 2012. Valoración de la precarga y la respuesta cardiovascular al aporte de volumen. *Medicina intensiva*. 36:45-55.
- Sandroni C, Cavallaro F, Marano C. 2012. Accuracy of plethysmographic indices as predictors of fluid responsiveness in mechanically ventilated adults: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Medicine*. 38;1429–1437.
- Scallan J, Huxley VH, Korthuis RJ. 2010. *Capillary fluid exchange: regulation, function, and pathology*. San Rafael, Morgan & Claypool, Life Sciences. Vol. 2.
- Schoonjans A, Forget P, Labriola L, Deneys V, Jadoul M, Pingaut I. 2012. Pleth variability index combined with passive leg raising-induced pulse pressure variation to detect hypovolemia in spontaneously breathing patients. *Acta Anaesthesiologica Belgica*. 61;147–50.
- Schwender D, Kunze-Kronawitter H, Dietrich P, Klasing S, Forst H, Madler C. 2000. Conscious awareness during general anaesthesia: patients' perceptions, emotions, cognition and reactions. *British Journal of Anaesthesia*. 80;133-139.
- Scott EM, Buckland RA. 2006. Systematic review of intraoperative warming to prevent postoperative complications. *AORN Journal*. 5;13-14.
- Sebel PS, Bowdle TA, Ghoneim MM, Rampil IJ, Padilla RE, Gan TJ, Domino KB. 2004. The incidence of awareness during anesthesia: a multicenter United States study, *Anesthesia & Analgesia*. 99;833–839.

- Sesso HD, Stampfer MJ, Rosner B, Hennekens CH, Gaziano JM, Manson JE. 2000. Systolic and diastolic blood pressure, pulse pressure, and mean arterial pressure as predictors of cardiovascular disease risk in men. *Hypertension*, 36;801–807.
- Shafer SL. 2011. From d-tubocurarine to sugammadex: the contributions of T. Cecil Gray to modern anaesthetic practice. *British Journal of Anaesthesia*. 107;97-102.
- Shaw M, Chishti A. 2016. Advanced cardiovascular monitoring. Perioperative management. Elsevier. 34;97-104.
- Shelley KH, Jablonka DH, Awad AA, Stout RG, Rezkanna H, Silverman DG. 2006. What is the best site for measuring the effect of ventilation on the pulse oximeter waveform? *Anesthesia and Analgesia*. 103;372–7.
- Shelley KH. 2007. Photoplethysmography: beyond the calculation of arterial oxygen saturation and heart rate. *Anesthesia & Analgesia*. 105:31–36.
- Shiels HA, White E. 2008. The Frank-Starling mechanism in vertebrate cardiac myocytes. *Journal of experimental biology*. 211;2005-2013.
- Sinclair S, James S, Singer M. 2000. Intraoperative intravascular volume optimisation and length of hospital stay after repair of proximal femoral fracture: randomised controlled trial. *British Medical Journal*. 315;909–912.
- Smeding, L. 2010. Clinical Implications of Heart Lung Interactions. *Netherlands Journal of Medicine*, 68;56–61.
- Solaz C, Soliveres J, Carrera J, Gallego JM. 2009. Sección 1 bases de la monitorización. Capítulo 1 Monitorización: conceptos e infraestructura en Monitorización clínica. Gallegos JM, Soliveres J, Carrera J, Solaz C. Ed. Cecova. España.
- Stephenson RB. 2014. Capítulo 18 Fisiología cardiovascular en *Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology*. Pedro L. Lorenzo González. 5a ed. Elsevier, España.
- Su L, Zhang R, Zhang Q, Xu Q, Zhou X, Cui N, Long Y. 2019. The Effect of Mechanical Ventilation on Peripheral Perfusion Index and Its Association With the Prognosis of Critically Ill Patients. *Critical Care Medicine*, 47;685–690.
- Takeyama M, Matsunaga A, Kakihana Y. 2011. Impact of skin incision on the pleth variability index. *Journal of Clinical Monitoring and Computing* 25;215.

- Teixeira LG, Martins LR, Schimites PI, Oliveira RB, Bonella J, Campos RV, Soares AV 2018. Peripheral perfusion index does not accurately reflect hypoperfusion in healthy dogs undergoing elective ovariohysterectomy. *The Veterinary Journal*. 240;27-30.
- Thawley V, Waddell LS. 2013. Pulse Oximetry and Capnometry. *Topics in Companion Animal Medicine*, 28;124–128.
- Thiele RH, Durieux ME. 2011. Arterial Waveform Analysis for the Anesthesiologist. *Anesthesia & Analgesia*. 113;766–776.
- Torrente C, Bosch LI. 2012. *Medicina de urgencias en pequeños animales Tomo I, Anexo 1. Parámetros fisiológicos en la especie canina y felina*. Ed. servet, España.
- Toupin F, Clairoux A, Deschamps A, Lebon JS, Lamarche Y, Lambert J. 2016. Assessment of fluid responsiveness with end-tidal carbon dioxide using a simplified passive leg raising maneuver: a prospective observational study. *Canadian Journal of Anesthesia*. 63;1033-1041.
- Tranquilli WJ, Thurmon JC, Grimm KA. 2007. *Lumb and Jones Veterinary Anesthesia and Analgesia*. 4 Edition. Blackwell Publishing. Oxford. 260-262.
- Tsuchiya M, Yamada T, Asada A. 2010. Pleth variability index predicts hypotension during anesthesia induction. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 54;596–602.
- Tusman G, Acosta CM, Pulletz S, Böhm SH, Scandurra A, Arca JM, Sipmann FS. 2018. Photoplethysmographic characterization of vascular tone mediated changes in arterial pressure: an observational study. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. 33;815-824.
- Uygur O, Koroglu OA, Levent E, Tosyali M, Akisu M, Yalaz M, Kultursay N. 2018. The Value of Peripheral Perfusion Index Measurements for Early Detection of Critical Cardiac Defects. *Pediatrics & Neonatology*. 60;68-73.
- Vaidehi V, Paranjape. 2014. Clinical investigation of plethysmographic variability index: A derivative index of pulse oximetry in anesthetized dogs Open Access Theses. Purdue University, Purdue e-Pubs 663;1-145.
- Venn R, Steele A, Richardson P, Poloniecki J, Grounds M, Newman P. (2002). Randomized controlled trial to investigate influence of the fluid challenge on



duration of hospital stay and perioperative morbidity in patients with hip fractures. *British Journal of Anaesthesia*. 88:65–71.

- Wakeling HG, McFall MR, Jenkins CS. 2005. Intraoperative oesophageal Doppler guided fluid management shortens postoperative hospital stay after major bowel surgery. *British Journal of Anaesthesia*. 95:634–642.
- Yin, JY, Ho KM. 2012. Use of plethysmographic variability index derived from the Massimo<sup>®</sup> pulse oximeter to predict fluid or preload responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia*, 67;777–783.
- Ynaraja E. 2015. Guía de auscultación clínica en perros y gatos. *Ekuore*. 1;1-25.
- Yokose, M., Mihara, T., & Goto, T. 2013. Pre-anesthetic PVi (pleth variability index) predicts hypotension after spinal anesthesia during cesarean section. *European Journal of Anesthesiology*. 30;51-59.
- Yoshida M, Shibata K, Itoh H, Yamamoto k, 2001. M.D Cardiovascular response to the induction of mild hypothermia in the presence of epidural anesthesia. *Anesthesiology*. 94;678–682.
- Yusuke E., Koudai K., Taku M., Tadashi S., Kazuto Y. William WM. 2017. Plethysmography variability index for prediction of fluid responsiveness during graded haemorrhage and transfusion in sevoflurane-anaesthetized mechanically ventilated dogs. *Association of Veterinary Anaesthetists and American College of Veterinary Anesthesia and Analgesia*. 106;1-10.
- Zaballos M, Del Blanco B, Sevilla R, De Diego C, Anadon MJ, Jimeno C, Almendral J. 2019. Differential effects of sevoflurane and propofol on swine 11 cardiac conduction system. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 46;344-351.
- Zimmermann M, Feibicke T, Keyl C, Prasser C, Moritz S, Graf BM. 2010. Accuracy of stroke volume variation compared with pleth variability index to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients undergoing major surgery. *European Journal of Anaesthesiology*. 27;555–560.
- Zoff A, Dugdale, AHA D, Scarabelli S, Rioja E. 2019. Evaluation of pulse co-oximetry to determine haemoglobin saturation with oxygen and haemoglobin concentration in anaesthetised horses: a retrospective study. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 46; 452-457.

Anexo 1. Formato de registro de los pacientes en estudio para el monitoreo perioperatorio.

Registro: Evaluación Pi y PVI.

Fecha:	
Hora:	
Cirugía:	
Anestesiista:	

Datos del paciente			
Nombre:		Especie:	
Raza:		Peso:	
Talla:		Edad:	
Sexo:		Patología:	

Temperamento

Muy bueno.	Bueno.	Nervioso.	Muy nervioso.	Normal.	Agresivo.	Miedoso.
------------	--------	-----------	---------------	---------	-----------	----------

Constantes

T°	FC:	FR:	TLLC:	Pulso:	PA:
----	-----	-----	-------	--------	-----

Medición sin anestesia.

Oreja			
SpO <sub>2</sub> :	FC:	PI:	PVI:
Belfo			
SpO <sub>2</sub> :	FC:	PI:	PVI:

Protocolo anestésico.

Procedimiento.	Fármaco.	Dosis.	Vía.	Hora	Resultado (leve, moderado, marcado)
Premedicación.					
Inducción					
Mantenimiento CAM					
Intraoperatorio					

Sonda:

Hora Inicio / término:

Hora de intubación:

Hora de extubación:

Tiempo de recuperación:

Tiempo de instrumentación:

**Anexo 1. Formato de registro de los pacientes en estudio para el monitoreo perioperatorio.**

Momento:	Hora:	FC	FR	T°	Spo2	PI (Lengua)	PVi (Lengua)	PA	EtCO <sub>2</sub>	CAM
Basales.										
5 minutos.										
10 minutos.										
15 minutos.										
20 minutos.										
25 minutos.										
30 minutos.										
35 minutos.										
40 minutos.										
45 minutos.										

Notas:

---



---



---



---