

**Universidad Nacional
Facultad de Ciencias de la Salud
Escuela de Medicina Veterinaria**

**Comparación mediante oximetría de pulso de la anestesia inhalada
versus la anestesia inyectada en caninos**

Modalidad: Tesis de grado

**Trabajo Final de Graduación para optar por el Grado Académico
de Licenciatura en Medicina Veterinaria**

José Pablo Solano Rodríguez

**Campus Presbítero Benjamín Núñez
2007**

TRIBUNAL EXAMINADOR

Mauricio Jiménez Soto, DMV
Tutor

Carlos Morales Retana, DMV
Lector

Luis Alfonso Murillo Rivas, MD
Lector

Jorge Quirós Arce, DMV
Decano

Fecha

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primero a Dios, a mi familia y a mi novia, pues sin ellos no sería la persona que soy en este momento. También se lo dedico a todas aquellas personas que a través del tiempo han influenciado mi vida para bien (especialmente), pero también a aquellos que la han afectado para mal, pues todas las experiencias moldean la persona que uno llega a ser.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios, por ser el creador de mi vida y de todo lo que existe. Agradezco también a mis padres Mario Solano, Peggy Rodríguez y a mi hermano Luis Solano, por su apoyo, consejos y esfuerzos por brindarme la mejor educación tanto académica como de la vida para poder llegar hasta este momento. Muchas gracias a mi novia, Marcela Suárez, por acercarme más a Dios, por toda su motivación, por no dejar que me estancara con este trabajo, por todas las alegrías, todas las lágrimas y por todos los preciosos momentos que hemos compartido y espero sigamos compartiendo. A mis amigos Johanna Rojas, Gustavo Araya y Tatiana Leal, muchas gracias por haber sido como mis hermanos durante la carrera, por unas amistades tan especiales y por todo el apoyo que me han dado todos estos años. A mis compañeros, Cinthya Castro, Paola Palavicini, Rodolfo Ramírez, Beatriz Sandí y Cristian Serrano, por haber hecho de nuestro internado una experiencia muy agradable y por todos sus consejos y recomendaciones. Gracias a toda mi extensa y algo complicada familia en general por haber sido siempre mi refugio y mi fuente de fortaleza. Especiales gracias a los doctores Mauricio Jiménez, Carlos Morales y Luis Murillo Rivas, por su ayuda material y en cuanto a consejos y sugerencias para realizar este trabajo. Agradezco a las señoritas Leana Zumbado y Rose Marie Huertas por su colaboración con este proyecto. Al doctor Juan José Romero muchas gracias por toda su colaboración y guía con el análisis estadístico aplicado en este trabajo. A mis compañeros de carrera en general, gracias por su amistad y por los muchos recuerdos que me dejaron. Quiero agradecer también a los doctores Adrián Solano y Oscar Rodríguez por su generosa colaboración con este trabajo y a los señores de la empresa TriDM en Costa Rica por toda su cooperación y ayuda en préstamo de equipo que hizo posible realizar este estudio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

HOJA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS Y FÓRMULAS.....	vi
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	6
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1.Objetivo general.....	7
1.3.2. Objetivos específicos.....	7
2. METODOLOGÍA: MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
2.1.1. Población del estudio.....	8
2.1.2. Evaluación preoperatoria de los pacientes y criterios de inclusión...	8
2.1.3.Procedimiento quirúrgico.....	8
2.1.4. Monitorización durante la anestesia.....	9
2.1.5. Toma de la muestra de sangre arterial.....	9
2.2. Análisis estadístico.....	11
2.2.1. Comparación de los datos obtenidos de los dos grupos del estudio...	11
2.2.2. Corroboración de las mediciones del oxímetro de pulso.....	11
3. RESULTADOS.....	13
4. DISCUSIÓN.....	25
5. CONCLUSIONES.....	27
6. RECOMENDACIONES.....	28
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
8. ANEXOS.....	34
Anexo 1: Registro de parámetros utilizado para la recolección de datos...	36
Anexo 2: Curva de disociación de la hemoglobina (Ko, 2003).....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Distribución de pesos en el grupo A.....	13
Figura 2:	Distribución de pesos en el grupo B.....	14
Figura 3:	Distribución de los animales para el estudio en dos grupos según un peso igual o similar.....	14
Figura 4:	Comparación de los promedios de saturación de cada grupo del estudio.....	17
Figura 5:	Comparación de los intervalos de saturación de ambos grupos del estudio.....	18
Figura 6:	Comparación entre las frecuencias cardíacas reportadas por oximetría y por estetoscopia esofágica para el grupo A.....	19
Figura 7:	Comparación entre las frecuencias cardíacas reportadas por oximetría y por estetoscopia esofágica para el grupo B.....	20
Figura 8:	Distribución porcentual del uso de cartuchos i-STAT en el grupo A (protocolo de Halotano).....	21
Figura 9:	Distribución porcentual de los resultados obtenidos de los cartuchos i-STAT en el grupo B (protocolo de zolacepam y tiletamina).....	21
Figura 10:	Tendencias de los valores reportados por oximetría, cartuchos de gases arteriales y cálculo manual en el grupo A.....	23
Figura 11:	Tendencias de los valores reportados por oximetría, cartuchos de gases arteriales y cálculo manual en el grupo B.....	23

ÍNDICE DE CUADROS Y FÓRMULAS

Fórmula 1:	Corrección de la presión arterial de oxígeno (PaO_2) reportada por gasimetría.....	11
Fórmula 2:	Cálculo de la saturación de oxígeno de la hemoglobina partiendo de la PaO_2 corregida.....	11
Cuadro 1:	Promedios individuales de saturación para el grupo A.....	15
Cuadro 2:	Promedios individuales de saturación para el grupo B.....	16
Cuadro 3:	Comparación de los valores para la saturación obtenidos por oximetría de pulso, gasimetría arterial y cálculo manual para el grupo A.....	22
Cuadro 4:	Comparación de los valores para la saturación obtenidos por oximetría de pulso, gasimetría arterial y cálculo manual para el grupo B.....	22

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

PaO₂: presión arterial de oxígeno medida en mm Hg.

SaO₂: saturación arterial de oxígeno, se reporta como un porcentaje.

SpO₂: saturación de oxígeno de la hemoglobina medida por oximetría de pulso, se reporta como un porcentaje.

HEMS: Hospital de especies menores y silvestres de la Universidad Nacional.

ASA: siglas en inglés que designan a la Sociedad Americana de Anestesiólogos.

FiO₂: fracción inspirada de oxígeno, se refiere a la concentración de oxígeno presente en el aire que se respira, sea este aire ambiental o alguna mezcla anestésica.

RESUMEN

La cirugía en el medio veterinario se ha convertido en una gran fuente de trabajo y de ingresos en los últimos años. La expansión del conocimiento aunado con nuevas técnicas y materiales, disponibilidad de mejores medicamentos y tecnologías hacen que muchos de los problemas antes considerados irreparables se puedan solucionar.

Sin embargo, el desarrollo de la capacidad de cirugía no siempre ha sido acompañado por un similar desarrollo en las técnicas anestésicas. Muchas veces la implementación de técnicas modernas en nuestro medio no se ha diseminado de la manera que si lo ha hecho el conocimiento quirúrgico.

Siempre se debe tener en cuenta que el manejo anestésico del paciente es uno de los puntos críticos en toda cirugía (Muir, 2000). Por esto todo paciente que se encuentra bajo los efectos de un agente anestésico debe ser evaluado constantemente (Haskins, 2003). Además, se debe seleccionar apropiadamente el agente anestésico que se utilizará.

Para un buen manejo anestésico en una cirugía no basta solamente con seleccionar adecuadamente los fármacos. Es indispensable además acompañar el procedimiento con una monitorización atenta para mantener la estabilidad del paciente. En el pasado, las técnicas de monitorización de la anestesia con las que se contaba eran muy elementales y sujetas a interpretación subjetiva, por ejemplo la auscultación, observación de la frecuencia respiratoria, toma de temperatura, entre otras. Sin embargo, la tecnificación de la medicina ha traído hasta el quirófano innovadoras tecnologías que complementan (aunque nunca reemplazan) el trabajo del anesthesiólogo.

En este estudio se implementaron diversas técnicas de monitorización, tales como estetoscopia esofágica, electrocardiografía y oximetría de pulso para monitorizar dos grupos de perras durante la ovariectomía con protocolos anestésicos distintos para cada grupo. Sus parámetros se tomaron frecuentemente y posteriormente se compararon para determinar los grados de saturación de oxígeno de la hemoglobina que se lograron con cada protocolo. Tras realizar los análisis pertinentes por medio de la prueba T de student y comparación de promedios, se logró concluir que el protocolo con halotano mantuvo la saturación cerca de 98%, mientras que con zolacepam y tiletamina la saturación promedio fue de 92%.

ABSTRACT

Surgery in the modern veterinary practice has become an important source of income and work. The expansion of knowledge together with new techniques and materials, availability of better drugs and technologies have made possible the solution of many conditions once deemed untreatable.

However, the development of surgical abilities has not always been followed by a similar improvement in anesthetic abilities. Oftentimes, the use of modern anesthetic techniques in Costa Rica has not been as widespread as is the case with surgical knowledge.

It must be taken into account that the anesthetic management of the patient is always a critical part of any surgery (Muir, 2000). Therefore, every patient under the effects of an anesthetic agent must be constantly monitored (Haskins, 2003). Furthermore, the selection of anesthetic agents must be carefully thought and considered according to each individual case.

It's not enough to select an adequate anesthetic for an appropriate anesthetic management. To ensure a safe surgery someone highly qualified for the job has to thoroughly monitor the anesthetic period. In the past, the techniques used to monitor anesthesia such as auscultation, breathing frequency observation and temperature measuring, were elemental and very prone to subjective interpretation. Now, however, the technological advances in medicine have brought to the operating rooms newer and innovative techniques that complement (but could never replace) the anesthesiologist's work during surgery and which report very accurate results that reflect the patient's condition.

In the present study multiple techniques for monitoring anesthesia, including esophageal sthetoscopy, electrocardiography and pulse oximetry, were used to monitor two groups of dogs undergoing ovariohysterectomy with different anesthetic protocols for each group. Vital parameters were taken every five minutes and afterwards were used to determine the degree of hemoglobin oxygen saturation achieved by each protocol. After analysing the data using the student's T test method and by comparison of the obtained averages, it was concluded that the group anesthetized with halothane maintained a mean saturation of 98%, while the group anesthetized with zolacepam and tiletamine achieved a mean saturation of 92%.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En la práctica veterinaria actual, la cirugía se ha convertido en un servicio muy solicitado por los clientes; desde cirugías electivas, como la esterilización, hasta cirugías de emergencia. El éxito o fracaso de la cirugía depende en gran medida de tres factores: el manejo del paciente, la pericia del cirujano y la anestesia (Hedlund, 2002). Toda cirugía se debe complementar con el debido protocolo anestésico. La finalidad de la anestesia es provocar un estado de insensibilidad al dolor, relajación muscular y de amnesia pero de forma controlada, reversible y, ante todo, segura (Devey, 2003).

El manejo del paciente es uno de los puntos críticos en cualquier intervención, sea esta de naturaleza médica, de emergencia, de rutina y especialmente durante cualquier procedimiento quirúrgico. Al atender un paciente para cirugía, se debe tener una rutina simple de evaluación y realizarla siempre igual, de manera que no se quede ningún detalle por fuera (Yelin, 2005). En primer lugar, se debe evaluar la respiración, la integridad del sistema vascular y la circulación. Esto es de especial importancia en pacientes de emergencia; en pacientes normales, es decir, sin ninguna evidencia de problemas serios, se realiza esta evaluación visualmente (por el patrón respiratorio, actitud del animal, color de las mucosas, entre otros aspectos) y por ello generalmente se procede con la segunda fase: el examen físico completo. Finalmente, una vez evaluados todos los aspectos anteriores, es prudente tomar una muestra de sangre de todo paciente que se va a intervenir quirúrgicamente, para evaluar ciertos parámetros adicionales (tales como hematocrito, proteínas totales o incluso electrolitos) y así determinar si sus condiciones son óptimas para ser llevado a cirugía o para corregir posibles desequilibrios que podrían afectar negativamente durante la misma. Por ejemplo, pacientes que presenten problemas de hipoxia deben recibir una adecuada terapia de oxígeno antes de ser intervenidos, así como todo aquel paciente con anemia severa deberá recibir una transfusión antes de ser operado (Manning, 2002; Yelin, 2005).

Con respecto al cirujano, éste debe estar familiarizado con el procedimiento que se realizará, conocer la anatomía de la región que se va a operar y tener siempre en mente posibles complicaciones relacionadas con el procedimiento en cuestión (Hedlund, 2002). Un

punto clave en la cirugía es la anatomía, que el cirujano debe dominar a la perfección, pues no puede pretender reparar un daño o alterar algún sistema si ni siquiera conoce la arquitectura orgánica normal (Dyce et al., 2002; Hedlund, 2002).

También se debe hacer especial mención de la anestesia. La importancia del adecuado manejo anestésico se ve muy bien reflejada en la frase del Dr. Robert Smith: "no hay agentes anestésicos seguros; no hay procedimientos anestésicos seguros; lo único que hay son anesthesiólogos seguros". El manejo anestésico del paciente es siempre un punto crítico en toda cirugía y determina en gran parte que tan bien o que tan mal se recuperará el paciente después de la intervención (Muir, 2000). Por lo general, un buen manejo anestésico antes, durante y después de la cirugía garantiza un buen resultado del procedimiento. Sin embargo la anestesia es un punto complejo, donde juegan un papel importante la habilidad del anesthesiólogo, el estado del paciente, la patología presente y la selección del agente que se utilizará, que a la vez depende en gran medida del procedimiento que se va a realizar, de la condición del paciente y sobre todo de la familiaridad del anesthesiólogo con el agente (Adams, 2001; Haskins, 2003). El otro gran aspecto que garantiza el éxito de la anestesia (y por tanto de la cirugía), es el control mismo de la anestesia. Todo paciente que se encuentra bajo los efectos de un agente anestésico debe ser evaluado constantemente ya que las complicaciones pueden aparecer en cualquier momento (Haskins, 2003). Para este efecto, existen diversas técnicas, desde las muy simples, como la estetoscopia esofágica, hasta las más avanzadas, como la electrocardiografía, el análisis de gases sanguíneos, la capnografía y la oximetría de pulso (Muir, 2002b).

Históricamente el pulso y la frecuencia respiratoria constituyeron los primeros parámetros en ser evaluados en cualquier paciente. Esto resulta lógico ya que la determinación de sus valores no depende de ningún aparato (Tierney y Whooley, 1997). En 1816, con la invención del estetoscopio, se vuelve más acertada la medición tanto de la frecuencia respiratoria como de la frecuencia cardíaca y esta técnica se convierte en parte invaluable de la evaluación de los pacientes (Tremper, 1992). Posteriormente, alrededor de 1865, con la unificación de los criterios sobre temperatura por Lord Kelvin, el Dr. Wunderlich demostró la aplicación clínica de la toma de temperatura y su importancia en la práctica médica. Adicionalmente, en 1905 se aplicó de manera consistente la esfigmomanometría como método de medición de la presión sanguínea a la práctica clínica, dando paso a una nueva era en la medicina, pues estos cuatro parámetros: frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura y presión sanguínea se

consolidaron como la información mínima requerida sobre un paciente, tanto en el ámbito clínico como en la sala de operaciones. Sin esta información, no se consideraba seguro ni ético proseguir con cualquier procedimiento que se estuviera realizando, pues éstos parámetros determinan el estado del paciente y según se encuentre se debe proseguir o tomar las adecuadas medidas correctivas para garantizar la mejor resolución posible de la situación que se está enfrentando, sea esta una cirugía o cualquier otro procedimiento (Tierney y Whooley, 1997). Sin embargo, estos parámetros, aunque importantes, se ven afectados por diversos factores y no permiten evaluar cambios previos a situaciones de emergencia. Es decir, midiendo solamente la frecuencia respiratoria no se evalúa eficazmente el intercambio gaseoso del paciente, ya que puede presentar una frecuencia relativamente normal, pero su oxigenación a nivel tisular se puede ver afectada por factores que no se reflejan inicialmente en la frecuencia respiratoria, por ejemplo, hipercapnia. Así mismo, el sólo registrar una frecuencia cardíaca normal no garantiza que el funcionamiento eléctrico del corazón es adecuado (Williams, 1998).

Las limitaciones de las técnicas tradicionales llevaron al desarrollo de nuevas formas de monitorización y de nuevas tecnologías capaces de registrar datos que puedan detectar los inicios de problemas serios y no sólo evidenciarlos cuando ya están instaurados. Es aquí que aparecen las pruebas de química sanguínea, de especial interés la determinación del pH sanguíneo, los niveles de electrolitos y los gases sanguíneos (oxígeno y dióxido de carbono) (Williams, 1998). El análisis de gases sanguíneos es una técnica sumamente útil, que brinda gran cantidad de información sobre el estado general del paciente; sin embargo, es más costosa que otras técnicas y requiere más tiempo para dar los resultados, ya que un estudio completo requiere enviar al laboratorio sangre venosa y arterial para el análisis (Day, 2002). A mediados de 1980 se revolucionan las tecnologías e integran los microprocesadores a los analizadores de último modelo y microchips con biosensores a cartuchos individuales que por medio de reacciones eléctricas comunican sus mediciones al analizador (Abbott, 2003; MNT, 2005). Esto permitió llevar el laboratorio en versión miniaturizada hasta el quirófano (Abbott, 2003). A pesar de esto, aún se cuenta con el problema de la invasividad, pues éste método de diagnóstico y monitorización depende de la toma repetida de muestras de sangre arterial, corriendo el riesgo de sangrados, obstrucción de vasos sanguíneos e infecciones en el sitio de toma de muestra (Williams, 1998). Esto se debe a que las lecturas que brinda la medición de

gases arteriales dan mucha información sobre el estado del paciente en el momento de la toma de la muestra, pero no permite establecer tendencias ni una evaluación continua, a menos que se tomen muestras repetidamente, lo cual puede resultar traumático y difícil para el paciente (Williams, 1998).

La necesidad de técnicas poco invasivas y de resultados rápidos o instantáneos para la evaluación de los pacientes durante la cirugía llevó al desarrollo de la capnografía y la oximetría de pulso (Hackett, 2002). La capnografía, mide los niveles de CO₂ en el aire espirado por medio de espectrofotometría (Hackett, 2002). Sus inicios se remontan a finales de la década de 1970, cuando investigadores holandeses aplicaron una técnica desarrollada durante la segunda guerra mundial a la práctica médica y demostraron que la capnografía provee una evaluación con cada respiración de la ventilación y de la perfusión pulmonar. A pesar de esto, su uso no se difunde como parte de un protocolo de evaluación anestésica hasta 1986 (Tremper, 1992). Además, si los resultados de la capnografía no se comparan con la presión arterial de dióxido de carbono se puede incurrir en errores subestimando o sobreestimando la concentración de este gas en la sangre (Koenig et al., 2003).

Por su parte, la oximetría de pulso se desarrolló durante la segunda guerra mundial, como un método para evaluar la oxigenación de los pilotos al volar a grandes alturas. Eventualmente, para 1946, se pensó en aplicar esta tecnología a la medicina, para evaluar la pericia de los médicos clínicos en detectar cianosis en sus pacientes. Para 1951, al demostrarse su gran utilidad, se sugirió su utilización como medio de evaluación transoperatoria. Sin embargo, es hasta mediados de los años 80 que su uso se convirtió en norma en las salas de cirugía (Tremper, 1992). Desde entonces, ha demostrado ser una técnica no invasiva efectiva y de alta utilidad para evaluar la oxigenación del paciente durante la anestesia e incluso después de la misma (Hawkins, 2003). Las mediciones realizadas por un oxímetro de pulso se basan en la absorción de luz infrarroja por parte de la hemoglobina y de los cambios en esta absorción según la hemoglobina se encuentre más o menos saturada con oxígeno (Hackett, 2002; Fearnley, 2002). La hemoglobina y la oxihemoglobina absorben dos diferentes longitudes de onda y esto es lo que permite calcular la concentración de oxihemoglobina (hemoglobina saturada con oxígeno) (Hutton y Clutton-Brock, 1993). La saturación de oxígeno de la hemoglobina (reportada como un porcentaje), es comparable con la presión parcial de oxígeno arterial (ver Anexo 2) (Hackett, 2002; Muir, 2002b). Una ventaja que posee esta técnica es que

los oxímetros que se utilizan en medicina humana pueden también ser utilizados en pacientes veterinarios (George, 2003). Por supuesto, así como las demás tecnologías disponibles, posee sus desventajas y cuidados particulares, por ejemplo, debe siempre compararse la frecuencia cardíaca reportada por el oxímetro con la frecuencia cardíaca que se ausculta o se determina mediante el pulso, para evitar falsas lecturas de oximetría; también se debe tener en consideración que ciertos tintes (como el azul de metileno o la bilirrubina) en la sangre, pueden afectar los valores reportados por la oximetría; además, la elección del sitio donde se coloca el sensor del oxímetro es de suma importancia, ya que se requiere que sea un sitio con un pulso adecuado, de manera que se genere una buena lectura (George, 2003; Fearnley, 2002). Los oxímetros modernos poseen algoritmos que eliminan los artefactos por movimiento e incluso algunos más complejos detectan no dos sino cuatro longitudes de onda (para detectar carboxihemoglobina y metahemoglobina), de manera que reportan valores más confiables (s.a., 2001; Jubran, 1999).

Sin embargo, es importante mencionar que a pesar de que en la actualidad existen gran cantidad de equipos para monitorizar a los pacientes durante la anestesia, ninguno va a poder reemplazar nunca a un anestesiólogo entrenado, metódico y cuidadoso (Bednarski et al., 2000).

1.2. JUSTIFICACIÓN

Dos aspectos revolucionaron el éxito de la cirugía: la asepsia y la anestesia. Sin embargo, sin un control metódico y cuidadoso, la anestesia puede ser tan letal como cualquier enfermedad (Haskins, 2003). La evaluación del paciente durante la cirugía es el componente más importante para una anestesia segura (Bednarski, 2001). Los aspectos fundamentales que se deben evaluar como mínimo son la circulación, la oxigenación y la ventilación (ACVA, 1995).

Llevar a un paciente a planos anestésicos adecuados para la cirugía sin contar con el equipo y el personal capacitado para monitorizar la anestesia no sólo es riesgoso sino reflejo de poca ética profesional (Bednarski, 2001). Estas prácticas ya no son justificables, puesto que existen gran cantidad de métodos y tecnologías que permiten monitorizar al paciente durante la cirugía (Tremper, 1992). Sin embargo, muchas tienden a analizar un solo parámetro y las que estudian varios parámetros a la vez tienden a ser lentas o muy costosas (por ejemplo, el análisis de gases arteriales) (Tierney y Whooley, 1997).

La oximetría de pulso permite, por medio de un solo instrumento, evaluar la circulación y la oxigenación (Fearnley, 2002). Por tanto, es una herramienta indispensable para la evaluación del paciente durante la cirugía, que rápidamente se ha convertido en una de las técnicas más confiables para cuidados anestésicos (Ko, 2003); especialmente si es utilizada en conjunto con el análisis de gases arteriales (Stepien, 2000). Además, es muy útil en salas de cuidados intensivos y en pacientes críticos, pues permite lecturas rápidas, reproducibles y con un alto grado de confiabilidad (Ingram y Munro, 2005). Es fundamental conocer bien la técnica y sus limitaciones, para evitar problemas por lecturas erróneas (Koenig et al, 2003; Muir, 2002a). Entre las grandes limitaciones de la oximetría de pulso están las falsas lecturas causadas por especies diferentes de hemoglobina (carboxihemoglobina y metahemoglobina), la interferencia en las mediciones causadas por pigmentos (como se mencionó anteriormente), errores en las mediciones provocados por luces de cirugía muy brillantes y los artefactos causados por movimiento (Jubran, 1999). Estas limitaciones no representan un gran obstáculo para el anestesiólogo que esté familiarizado con el funcionamiento del oxímetro de pulso y con sus limitaciones, pues es precisamente este conocimiento el que le permite interpretar correctamente los valores reportados por el aparato (Ingram y Munro, 2005; Jubran, 1999; Tremper, 1992).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Determinar el grado de saturación de oxígeno en la sangre arterial en caninos al someter al animal sano a anestesia con un agente inhalatorio en oxígeno y compararlo con la saturación obtenida con la anestesia inyectable, sin suplementación de oxígeno, por medio de la oximetría de pulso.

1.3.2. Objetivos Específicos

- i)** Demostrar la necesidad y la utilidad práctica de la oximetría de pulso para la evaluación trans- y postoperatoria de los pacientes quirúrgicos.
- ii)** Evaluar los parámetros fisiológicos del animal durante la cirugía al utilizar anestésicos inyectables e inhalados.
- iii)** Presentar a los médicos veterinarios del medio nacional no sólo la importancia, sino también las ventajas y desventajas de la oximetría de pulso.
- iv)** Demostrar la naturaleza complementaria de la oximetría de pulso con otras técnicas de evaluación tales como la electrocardiografía, gases arteriales y estetoscopia esofágica.

2. METODOLOGÍA: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.1. Población del estudio

En el presente estudio se utilizaron 58 perras, sin importar la raza, procedentes del Gran Área Metropolitana para realizarles una ovariectomía. Se seleccionaron animales con pesos en un rango entre los 2.5 a los 50 kilogramos y de forma aleatoria se asignaron a uno de los grupos del estudio.

2.1.2. Evaluación preoperatoria de los pacientes y criterios de inclusión

Todos los animales fueron evaluados exhaustivamente, mediante un examen físico completo y además se les tomó una muestra de sangre para determinar el microhematocrito (este dato se anotó en el registro de parámetros, ver Anexo 1). Animales con anemia severa fueron excluidos del estudio. Adicionalmente, los animales se evaluaron según los estándares de ASA (Sociedad Americana de Anestesiología), siendo elegidos sólo aquellos pacientes clínicamente sanos (clase ASA I) y los animales en categoría ASA II (aquellos con una enfermedad sistémica menores que el organismo por si mismo puede compensar, tales como obesidad o infecciones localizadas) (McKelvey y Hollingshead, 2003), de manera tal que ninguna otra variable influyera en el estudio, salvo el protocolo anestésico utilizado.

2.1.3. Procedimiento quirúrgico

Las cirugías fueron realizadas por el mismo cirujano, utilizando dos protocolos anestésicos preestablecidos en el Hospital de Especies Menores y Silvestres de la Universidad Nacional. Cada protocolo anestésico constituye un grupo de estudio aparte.

El grupo A se intervino con anestesia inhalatoria, utilizando maleato de acepromacina (a una dosis de 0.05 mg/kg, EV) como agente de premedicación y halotano en oxígeno como agente de inducción y mantenimiento de la anestesia. Se utilizó solución de Ringer con lactato de sodio como terapia de fluidos durante la cirugía, a la dosis de mantenimiento de 10 ml/kg/h. Los animales se mantuvieron con ventilación espontánea de la mezcla gaseosa con una fracción inspirada de oxígeno (FiO_2) de 100%, a razón de 150 ml/Kg en perras de menos de 10 Kg y 50 ml/Kg en aquellos animales con peso superior a los 10 Kg. Se utilizó meglumina de flunixin como agente analgésico a una dosis de 1.1 mg/kg, intramuscular al final de la cirugía.

Los animales del grupo B se anestesiaron con una combinación de zolacepam con tiletamina a razón de 5 mg/Kg, previa premedicación con acepromacina (en la dosis indicada anteriormente). Igualmente se utilizó solución de Ringer con lactato de sodio a razón de 10ml/Kg/h como fluidos de soporte y se mantuvieron con ventilación espontánea de aire ambiental con una FiO_2 aproximada de 21% (que es la concentración de oxígeno en el aire ambiental). Igualmente se empleó meglumina de flunixin como analgésico.

2.1.4. Monitorización durante la anestesia

Independientemente del protocolo anestésico utilizado, todos los animales se evaluaron durante la cirugía por medio de un oxímetro de pulso Datex-Ohmeda tipo iMM light monitor, con capacidad para electrocardiografía, presión arterial no invasiva y medición de temperatura y frecuencia respiratoria (con sensores opcionales no disponibles para el estudio). El sensor del oxímetro se aplicó en la lengua. Los resultados de la oximetría se anotaron cada 5 minutos en el registro de parámetros (ver Anexo 1), en el periodo trans- y postoperatorio hasta que el animal se recuperó completamente de la anestesia.

Además de la oximetría, se utilizaron diversas técnicas para evaluar las variables fisiológicas de los pacientes durante y después de la cirugía, como lo son el estetoscopio esofágico y la electrocardiografía (los electrodos del electrocardiógrafo se aplicaron directamente sobre las almohadillas de ambos miembros anteriores y del miembro posterior izquierdo para evaluar la segunda derivación).

2.1.5. Toma de la muestra de sangre arterial

Mención especial merece la medición de los gases arteriales, pues sus datos serán utilizados para correlacionarlos con los datos obtenidos por la oximetría. Para esta prueba se dispuso de 60 cartuchos tipo EG 7+ para el analizador sanguíneo portátil i-STAT® de los Laboratorios Abbott. Debido a que en el grupo A se implementó oxígeno al 100%, la muestra se debió tomar a los 10 minutos de desconectar al paciente del sistema anestésico, es decir, al final de la cirugía (excepto en dos casos que se van a utilizar con fines ilustrativos). En el grupo B, como no se suplementó con oxígeno, la muestra se tomó al inicio de la cirugía.

Para la toma de la muestra se seleccionó la arteria femoral por ser fácilmente palpable en todas las perras del estudio y por su fácil acceso. Una vez ubicada la arteria por palpación, se

desinfectó la zona con alcohol y se procedió con la punción del vaso con una jeringa de 1 mL. La cantidad extraída de sangre fue de 0.15 mL aproximadamente. Posteriormente, se colocó la muestra de sangre en el cartucho EG 7+ y se insertó el cartucho en el analizador. Tras un tiempo de espera de 2 minutos se obtuvieron los resultados para esa muestra.

Conjuntamente con la toma de sangre arterial se midió la temperatura del paciente para poder realizar el cálculo manual de la saturación como se describe en la sección de Análisis estadístico.

2.2. Análisis Estadístico

2.2.1. Comparación de los datos obtenidos de los dos grupos del estudio

A los datos de saturación de oxígeno obtenidos por oximetría de pulso de cada individuo se les calculó el promedio individual y la desviación estándar individual. Además, se calculó el promedio de saturación general de cada protocolo, con el fin de poder comparar ambos protocolos. Luego, se agruparon los datos de saturación de cada técnica anestésica por unidad de tiempo y se calculó el promedio, la desviación estándar y el intervalo de confianza para los valores de saturación de oxígeno de cada unidad temporal. Esto se realizó con el fin de obtener un intervalo de valores por cada una de estas unidades de tiempo para un análisis estadístico más preciso. También se realizó una prueba T de student para cada bloque de tiempo, ya que por medio de esta prueba se puede determinar la probabilidad de que los dos grupos de valores sean estadísticamente iguales o no (Guillemat, 2004). Así mismo, los valores de frecuencia cardiaca reportados por el oxímetro de pulso y por medio de la estetoscopia esofágica dentro de cada protocolo fueron analizados y comparados de la manera descrita anteriormente. Esto con el fin de garantizar la certeza de la lectura del oxímetro.

2.2.2. Corroboración de las mediciones del oxímetro de pulso

Para evitar sesgos en el estudio y poder realizar un análisis más certero, se midieron los gases arteriales conjuntamente con la oximetría de pulso. Esto con el propósito de garantizar que la lectura de la oximetría es lo más acertada posible. Adicionalmente, se calculó manualmente la saturación utilizando otro dato (la presión de oxígeno arterial) derivado de la gasimetría arterial de la siguiente manera:

Fórmula 1: Corrección de la presión arterial de oxígeno (PaO₂) reportada por gasimetría (Scott et al., 2005).

$$\text{PaO}_2 \text{ corregida} = \text{PaO}_2 \text{ medida por gasimetría} \times 10^{[0.023 (39-\text{temperatura corporal})] + [0.498 (\text{pH}-7.4)]}$$

Fórmula 2: Cálculo de la saturación de oxígeno de la hemoglobina partiendo de la PaO₂ corregida (Scott et al., 2005).

$$\text{HbO}_2 = [(\{38,848/[(202 \times \text{PaO}_2) + (1.17 \times \text{PaO}_2^2) + \text{PaO}_2^3]\} + 1)^{-1}] \times 100$$

En estas fórmulas PaO_2 representa la presión de oxígeno en la sangre arterial y HbO_2 representa la fracción de hemoglobina saturada con oxígeno (reportada como un porcentaje). Posteriormente los tres valores: el reportado por el oxímetro, el que reportó el i-STAT® y el calculado se compararon por medio de la prueba T de student y por comparación de promedios individuales.

3. RESULTADOS

Las perras que se seleccionaron para el estudio presentaron la siguiente distribución de pesos que se detalla en las Figuras 1 y 2. Para el grupo A la desviación estandar de los pesos es de 9.13, el peso máximo fue 42.4 Kg y el peso mínimo fue 2.5 Kg.

Figura 1: Distribución de pesos en el grupo A.

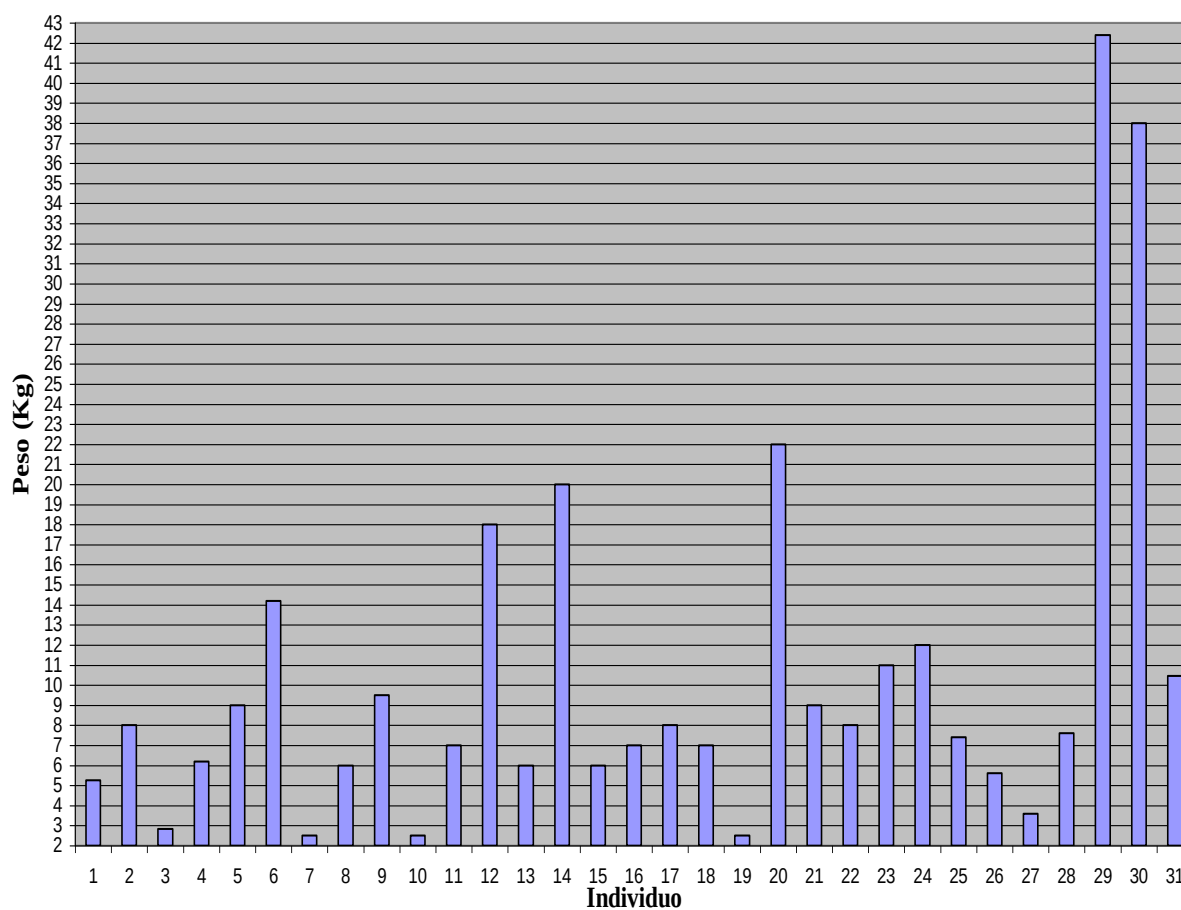
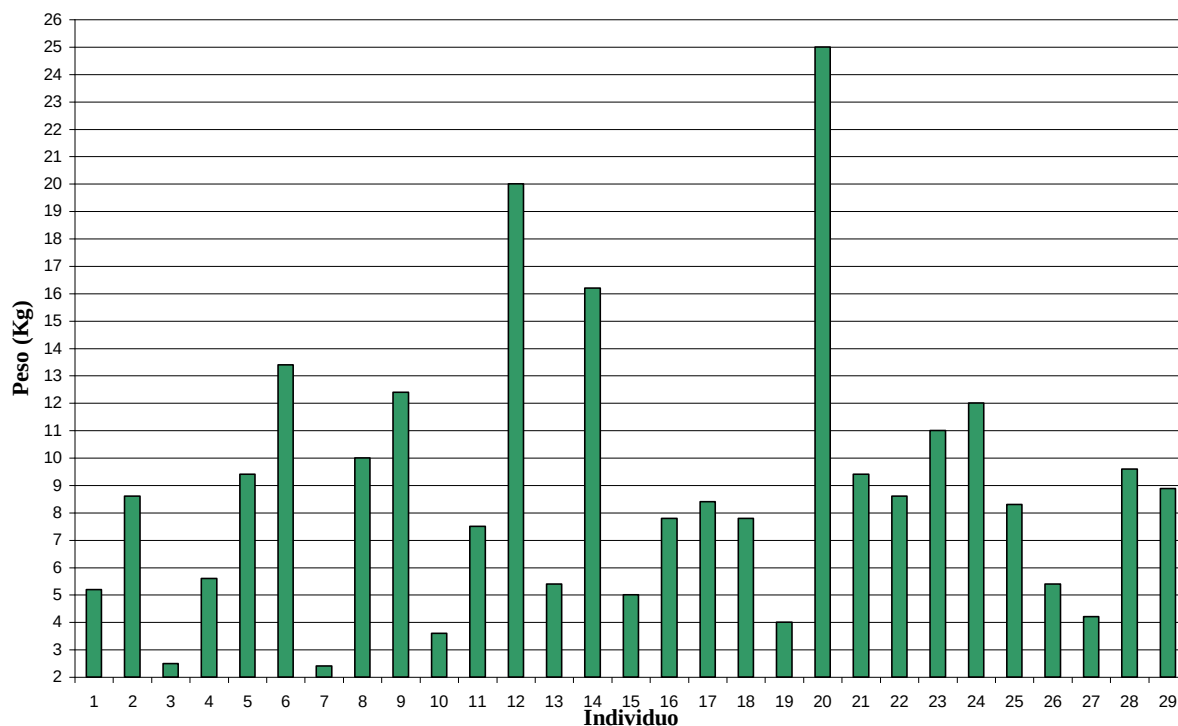


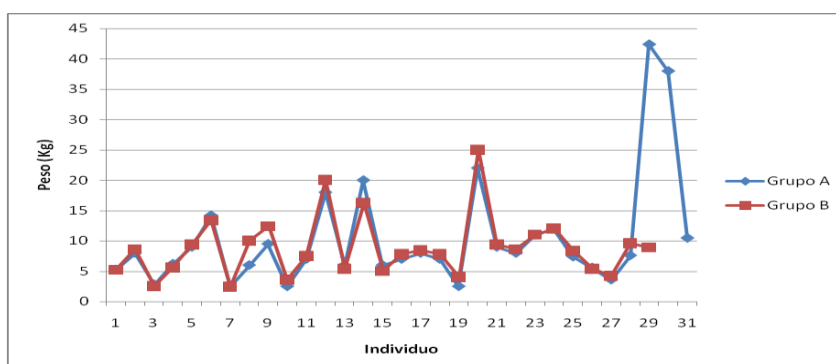
Figura 2: Distribución de los pesos en el grupo B.

En el grupo B el peso máximo fue de 25 Kg, el peso mínimo fue 2.4 Kg y la desviación estandar para los valores del peso en este grupo fue de 5.13.



Para poder garantizar un análisis estadístico más adecuado de los datos, los grupos del estudio se emparejaron, en la medida de lo posible, de acuerdo al peso de los animales. Esto se ilustra a continuación en la Figura 3.

Figura 3: Distribución de los animales para el estudio en dos grupos según un peso igual o similar.



De las 58 perras de las que se dispuso, el 51,72% (n=30) fueron operadas utilizando el protocolo de halotano. El 48,28% (n=28) se intervino quirúrgicamente bajo anestesia con zolacepam y tiletamina. Los animales que recibieron suplementación de oxígeno, es decir, el grupo A (protocolo con halotano), mantuvieron una saturación de oxígeno mayor que el grupo B que no contó con dicha asistencia. Los promedios individuales del grupo A se muestran en el Cuadro 1. El promedio general para el grupo es de 98%.

Cuadro 1: Promedios individuales de saturación para el grupo A. DS representa la desviación estándar individual de la saturación y n representa el número de muestreos para el parámetro de saturación de cada paciente (relacionado con la duración de la cirugía).

Individuo	Promedio Ind.	DS	n	Individuo	Promedio Ind.	DS	n
1	99%	±0,60%	16	16	99%	±0,47%	27
2	96%	±1,67%	16	17	96%	±2,55%	13
3	95%	±2,13%	14	18	95%	±2,45%	9
4	99%	±1,01%	11	19	96%	±1,60%	7
5	98%	±1,73%	18	20	99%	±0,47%	18
6	98%	±0,79%	12	21	98%	±0,75%	29
7	98%	±2,34%	17	22	99%	±0,00%	25
8	98%	±1,03%	13	23	98%	±0,76%	8
9	98%	±0,58%	12	24	98%	±0,00%	17
10	98%	±1,05%	14	25	98%	±2,28%	12
11	98%	±1,54%	12	26	98%	±2,38%	15
12	98%	±1,74%	14	27	97%	±0,53%	8
13	98%	±0,87%	11	28	98%	±1,54%	9
14	99%	±1,11%	25	29	99%	±0,66%	29
15	97%	±3,24%	10	30	98%	±1,15%	15

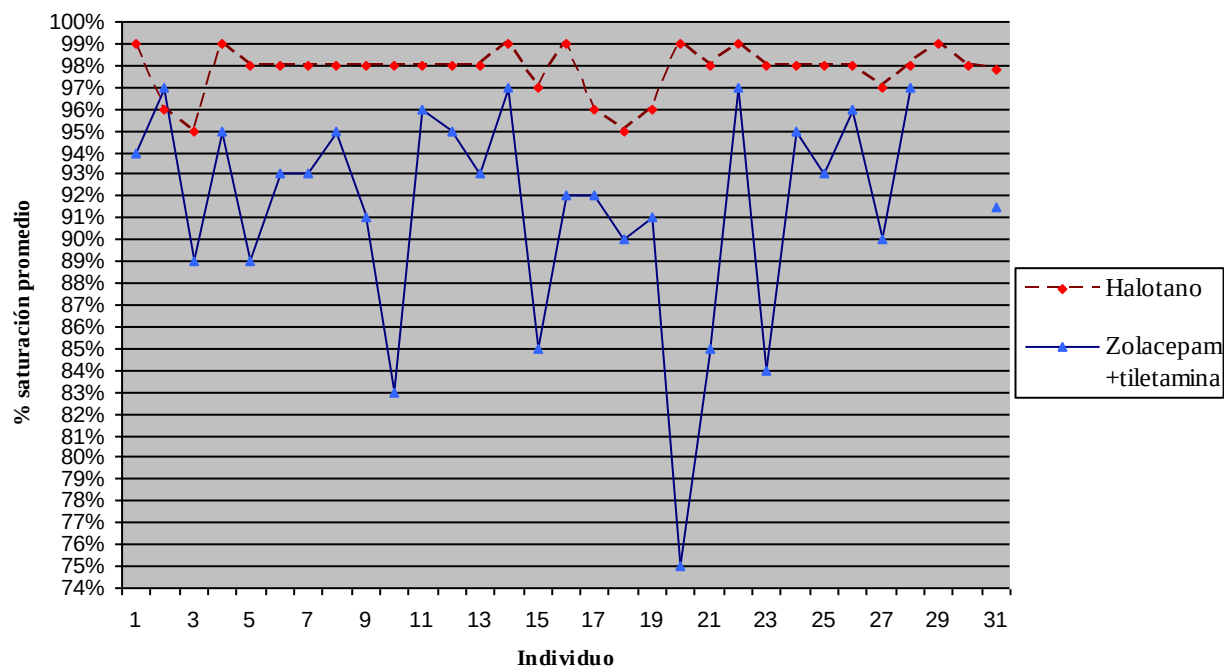
Los promedios individuales para el grupo B se presentan en el Cuadro 2. Este grupo tuvo una saturación promedio de 92%.

Cuadro 2: Promedios individuales de saturación para el grupo B. Para la clave de abreviaturas ver tabla anterior.

Individuo	Promedio Ind.	DS	n	Individuo	Promedio Ind.	DS	n
1	94%	$\pm 0,78\%$	9	15	85%	$\pm 4,17\%$	11
2	97%	$\pm 2,19\%$	8	16	92%	$\pm 5,68\%$	10
3	89%	$\pm 6,62\%$	6	17	92%	$\pm 4,12\%$	9
4	95%	$\pm 2,77\%$	5	18	90%	$\pm 4,09\%$	6
5	89%	$\pm 3,97\%$	5	19	91%	$\pm 3,07\%$	8
6	93%	$\pm 2,67\%$	7	20	75%	$\pm 4,93\%$	5
7	93%	$\pm 4,41\%$	8	21	85%	$\pm 3,56\%$	8
8	95%	$\pm 3,31\%$	11	22	97%	$\pm 2,75\%$	10
9	91%	$\pm 3,87\%$	9	23	84%	$\pm 4,48\%$	12
10	83%	$\pm 1,30\%$	5	24	95%	$\pm 2,78\%$	12
11	96%	$\pm 2,16\%$	11	25	93%	$\pm 4,69\%$	6
12	95%	$\pm 4,15\%$	11	26	96%	$\pm 1,49\%$	15
13	93%	$\pm 3,32\%$	9	27	90%	$\pm 2,05\%$	9
14	97%	$\pm 2,70\%$	12	28	97%	$\pm 3,45\%$	11

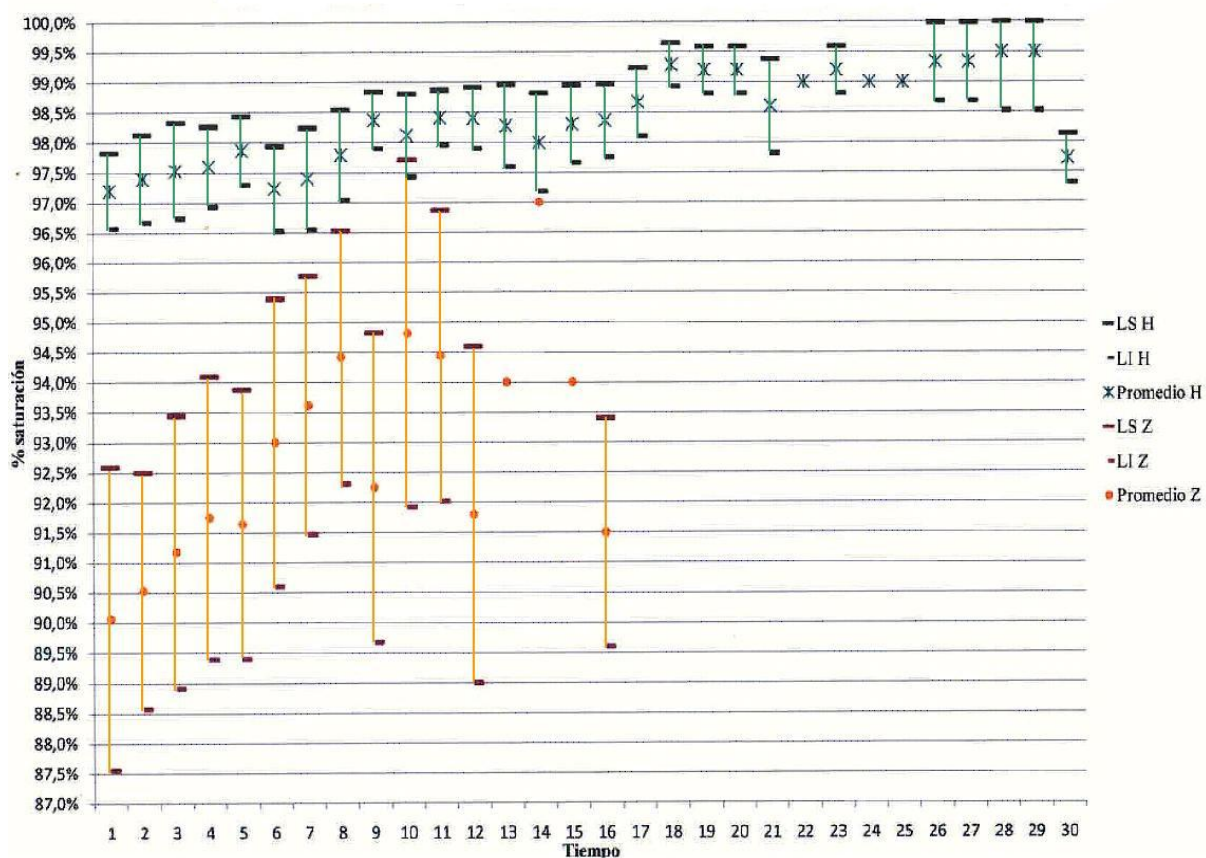
Como se puede ver existen grandes diferencias entre los promedios de saturación de un grupo y el otro. En algunos casos individuales la diferencia fue hasta de un 24% (Ver Figura 4).

Figura 4: Comparación de los promedios de saturación de cada grupo del estudio.



Para garantizar un análisis estadístico más a fondo, se compararon los promedios de cada grupo por unidad de tiempo, para determinar si realmente las tendencias son diferentes o si se debe sólo variaciones individuales. Tras someter los datos a este análisis (descrito en la sección 2.2.1. de este trabajo), se puede ver que ambos grupos son estadísticamente distintos en cuanto a saturaciones de oxígeno (ver Figura 5). Es decir, la diferencia de saturaciones entre ambos grupos es estadísticamente significativa. La prueba T de student para estos valores reportó una probabilidad promedio (p)= 0.00669, lo que quiere decir que la diferencia entre ambos grupos es alta. Más aún, los valores de saturación obtenidos para el grupo intervenido con zolacepam y tiletamina son significativamente bajos (desde el punto de vista clínico), puesto que está bien documentado que valores de saturación inferiores a 90% pueden ser ya indicativos de hipoxia (ver Anexo 2, curva de disociación de la hemoglobina) y muchos de los pacientes anestesiados con este protocolo presentaron saturaciones cercanas o incluso menores al 90%.

Figura 5: Comparación de los intervalos de saturación de ambos grupos del estudio.



Para corroborar que las lecturas del oxímetro son acertadas, se comparó la frecuencia cardiaca que reporta el aparato con la que se ausculta. Esta comparación se realizó de la manera detallada anteriormente y tras realizar dicho proceso se pudo comprobar que a pesar de haber pequeñas diferencias, los valores reportados tanto por el oxímetro como por la estetoscopia para este parámetro son estadísticamente iguales. En este caso, la prueba de T resultó en una $p= 0.868$ y 0.787 para el grupo A y B respectivamente; esto significa que la diferencia entre ambos grupos de valores no es estadísticamente significativa. Estos resultados se ilustran en los Figuras 6 y 7.

Figura 6: Comparación entre las frecuencias cardiacas reportadas por oximetría y por estetoscopia esofágica para el grupo A.

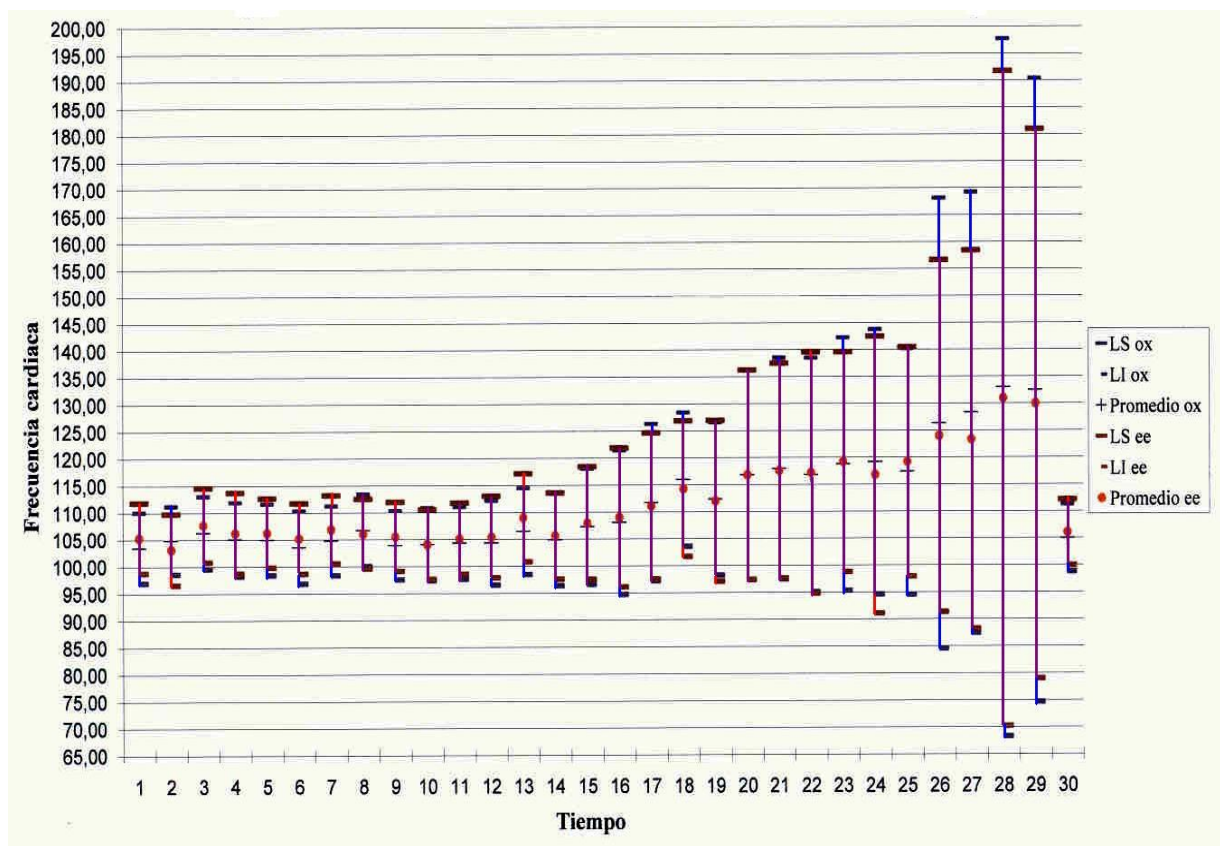
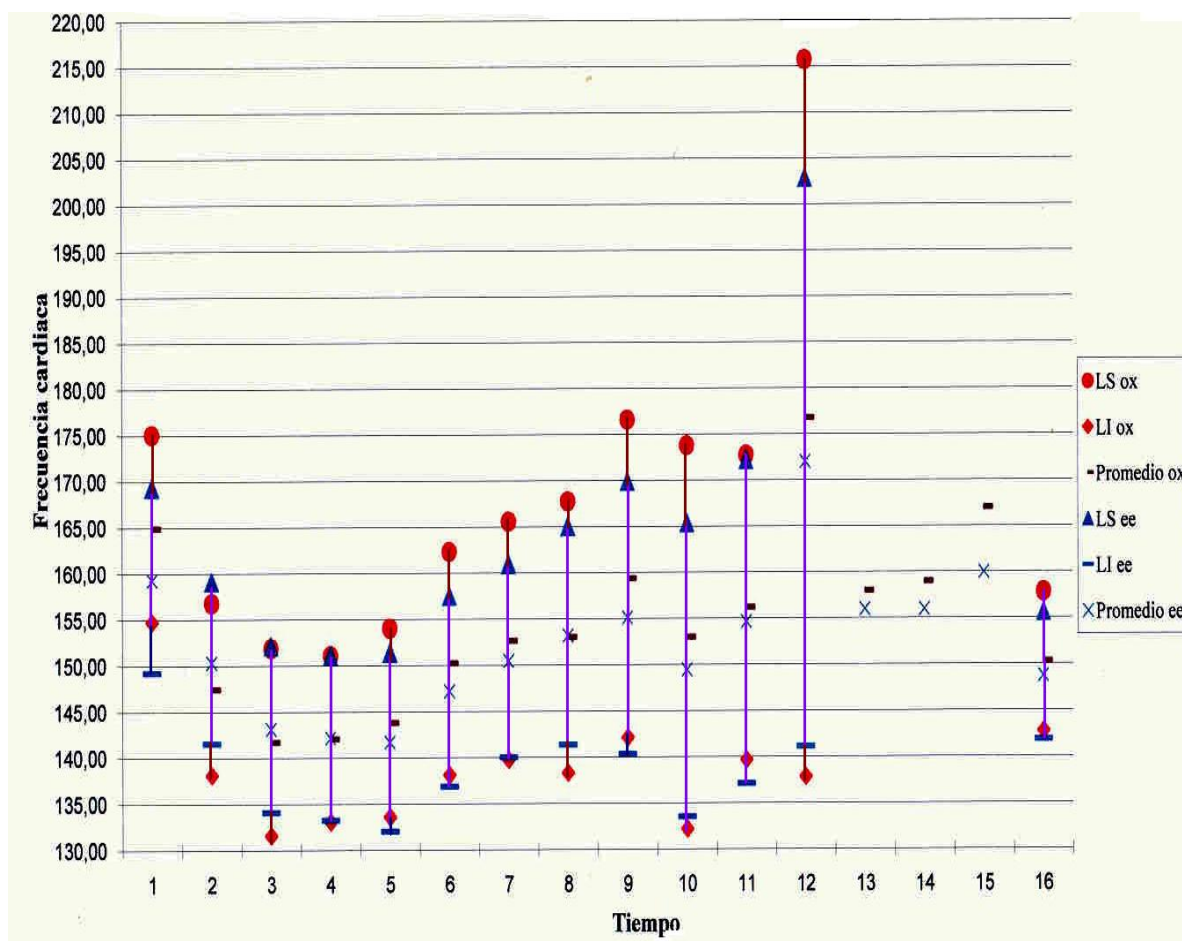


Figura 7: Comparación entre las frecuencias cardiacas reportadas por oximetría y por estetoscopia esofágica para el grupo B.



El análisis de gases arteriales se realizó con un analizador i-STAT® y 60 cartuchos tipo EG 7+, cuyos resultados se detallan a continuación. De los 30 cartuchos utilizados en el grupo A, el 64% (n=19) dio resultados diagnósticos, 13% (n=4) se contaminaron, 13% (n=4) fueron muestras de sangre venosa, en el 7% (n=2) se coaguló la muestra y en el 3% (n=1) restante ocurrieron problemas de software. Estos resultados se resumen en la Figura 8. Para el grupo B se contaron con 30 cartuchos, dos de los cuales se debieron descartar pues expiraron. De los 28 que se utilizaron, 61% (n=17) reportaron valores utilizables, en un 18% (n=5) la muestra fue de sangre venosa, un 7% (n=2) se contaminaron, en otro 7% (n=2) se coaguló la muestra

durante el procesamiento y en el 7% (n=2) restante ocurrieron problemas de software. Estos resultados se encuentran resumidos en la Figura 9.

Figura 8: Distribución porcentual del uso de cartuchos i-STAT en el grupo A (protocolo de halotano).

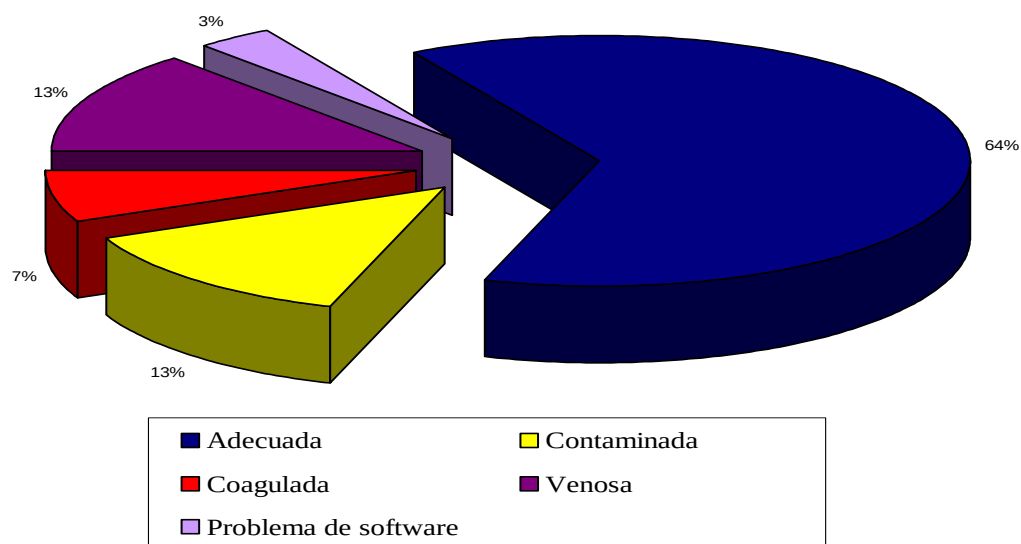
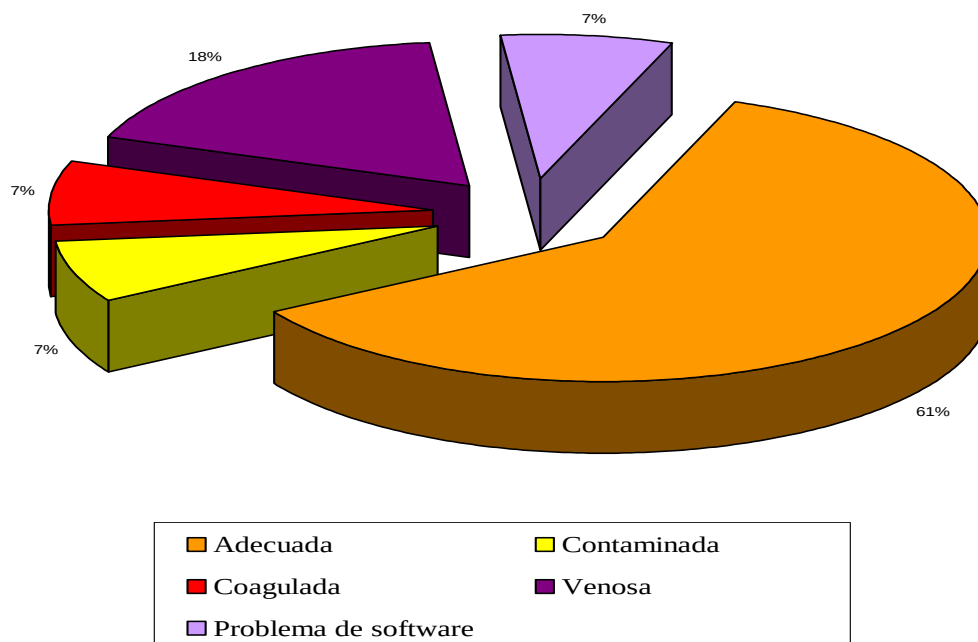


Figura 9: Distribución porcentual de los resultados obtenidos de los cartuchos i-STAT en el grupo B (protocolo de zolacepam con tiletamina).



Al comparar los datos de saturación de la hemoglobina obtenidos por gases arteriales, el oxímetro de pulso y el cálculo manual para ambos grupos, se obtuvo mediante el criterio de la prueba de T (con $p= 0.333$, en promedio) y por la comparación de los promedios individuales que los tres valores son estadísticamente muy similares dentro de cada grupo (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 3: Comparación de los valores para la saturación obtenidos por oximetría de pulso, gasimetría arterial y cálculo manual para el grupo A.

Método	Promedio	ICC955
Gasimetría	95%	$\pm 1,29\%$
Oxímetro	97%	$\pm 1,16\%$
Calculado	95%	$\pm 1,37\%$

Cuadro 4: Comparación de los valores para la saturación obtenidos por oximetría de pulso, gasimetría arterial y cálculo manual para el grupo B.

Método	Promedio	ICC955
Gasimetría	93%	$\pm 1,38\%$
Oxímetro	94%	$\pm 1,72\%$
Calculado	91%	$\pm 2,15\%$

No obstante, si existieron diferencias entre los valores reportados y la tendencia general fue que el oxímetro sobreestimara la saturación de oxígeno. La diferencia promedio entre las tres mediciones fue de un 3%, aunque en algunos casos la diferencia fue hasta de un 8%. En un caso aislado la diferencia fue de 11% (Figuras 10 y 11). Adicionalmente, el análisis de estos datos demostró que en un gran número de los casos el oxímetro tendió a sobreestimar la saturación de oxígeno del paciente (ver Anexos 3 y 4).

Figura 10: Tendencias de los valores reportados por oximetría, cartuchos de gases arteriales y cálculo manual en el grupo A.

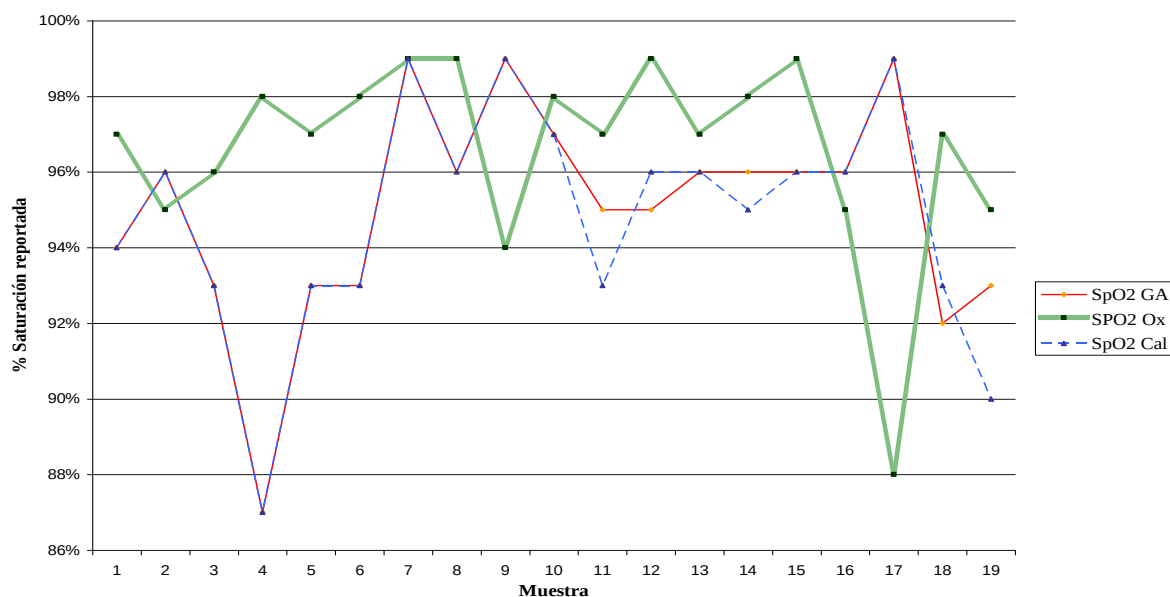
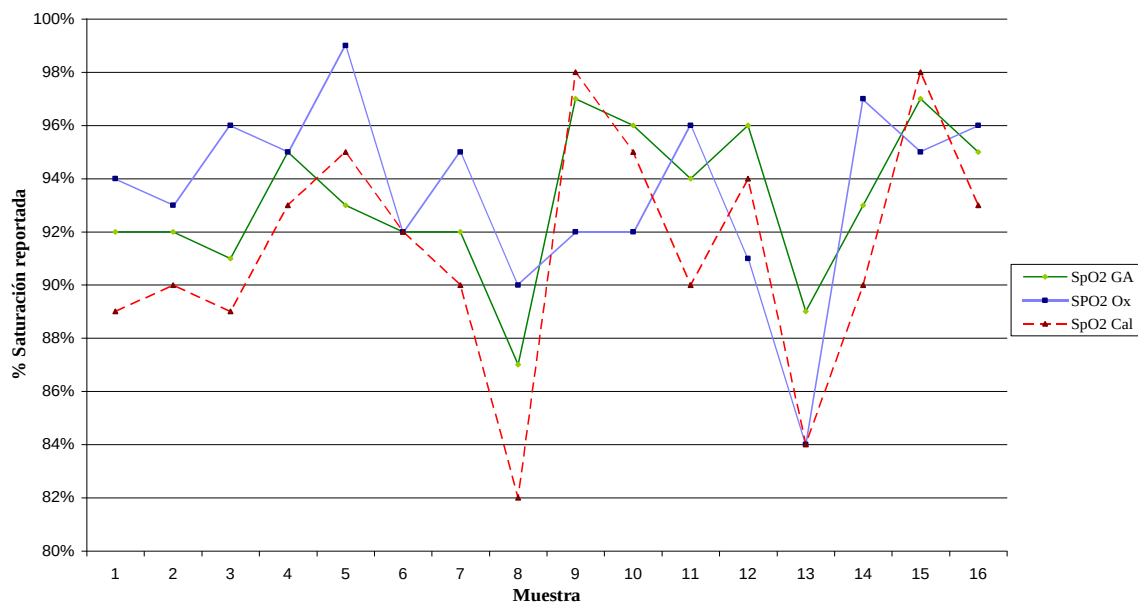


Figura 11: Tendencias de los valores reportados por oximetría, cartuchos de gases arteriales y cálculo manual en el grupo B.



Finalmente, cabe mencionar que la utilización de electrocardiografía resultó exitosa en un 91% de las cirugías (n=53). En el 9% (n=5) de los casos no se obtuvo una buena lectura, probablemente por razones idiosincráticas. Aunque por medio de esta técnica se obtuvo información sobre algunos tipos de arritmia presentes en los pacientes operados, esta información no es relevante para este estudio y por ello se menciona sólo de manera anecdótica.

4. DISCUSIÓN

El presente estudio reveló información importante. En primer lugar, de acuerdo con la teoría, se pudo comprobar que tanto las técnicas de anestesia inhalatoria como inyectable causan una disminución en la saturación de oxígeno de la hemoglobina (Adams, 2001). Sin embargo, por la naturaleza del equipo que se necesita para administrar la anestesia volátil (que requiere una fuente de oxígeno), la desaturación que sufren los pacientes con estos protocolos es significativamente menor que la que experimentan los pacientes con protocolos sin administración de oxígeno. Esto es sumamente relevante pues en nuestro medio se acostumbra trabajar mucho con anestésicos inyectables y especialmente si se considera que muchas veces no se dispone de tubos endotraqueales. Como se ve reflejado en los resultados de este estudio, esto puede resultar potencialmente peligroso, pues algunas perras del estudio llegaron a presentar saturaciones tan bajas como 75%, que consiste ya en un estado de cianosis que atenta contra la vida del paciente. Así mismo, se pudo ver como la tendencia en el grupo B fue que se mantuvieran saturaciones consistentemente cercanas a 90%, lo que se podría considerar niveles umbral, pues disminuciones mayores, incluso de un 1% ó 2% representan una gran caída en cuanto a la presión arterial de oxígeno normal, lo que a su vez causa una reducción en la oxigenación tisular (Tierney y Whooley, 1997). Actualmente en medicina humana se ha establecido una saturación arterial de 90% como un mínimo aceptable para tener buenos resultados en la cirugía; para tener la saturación arterial de oxígeno en 90%, la saturación por oximetría debe estar en el rango de 92% - 96% (Perkins et al., 2003).

En segundo lugar, el análisis de la frecuencia cardiaca de la manera indicada anteriormente deja en evidencia que efectivamente los oxímetros para uso en medicina humana pueden utilizarse en medicina veterinaria (George, 2003), ya que se encontró muy poca variación entre los valores auscultados y los valores reportados por el oxímetro. Esto se ve apoyado además al comparar los datos obtenidos por gasimetría y por cálculo manual contra los datos obtenidos por oximetría. Conforme a lo reportado por Scott et al. (2005), se comprobó que los valores calculados tienden a ser menores que los otros, pero que la diferencia no es relevante. Por tanto, siempre y cuando se cuente con el monitor apropiado y con una persona capaz de interpretar los datos que reporta el oxímetro, esta es una tecnología que debería implementarse como parte del protocolo de control de la anestesia durante toda cirugía que se realice. Se debe

señalar que los monitores utilizados en medicina humana pueden resultar inapropiados para animales de menos de 5 Kg, pues tienden a no obtener una buena lectura con un paciente tan pequeño y por tanto es más recomendable utilizar oxímetros diseñados especialmente para la práctica veterinaria (Muir, 2002b).

Con respecto a la medición de gases arteriales se puede decir que es una técnica valiosa, especialmente cuando se cuenta con analizadores portátiles. Aporta gran cantidad de información que es útil tanto para el médico clínico como para el anestesiólogo. A pesar de su utilidad, esta tecnología posee varios inconvenientes. En primer lugar, requiere la compra de los cartuchos, los cuales al expirar dejan de funcionar, lo que supone entonces que habría que poseer un abastecimiento mínimo para no perder la inversión, pero que supla la demanda por cirugías y esto resulta un poco complicado. En segundo lugar, para poder evaluar las tendencias del paciente durante la cirugía no es suficiente un solo cartucho, sino que se debe tomar varias muestras en serie. Este muestreo constante puede interferir con el trabajo del cirujano, compromete la esterilidad del campo de operaciones y distrae al anestesiólogo de su función de monitorizar al paciente mientras procesa la muestra. En tercer lugar, la muestra se debe manejar con sumo cuidado, pues si se introduce aire, se contamina con el alcohol utilizado para la desinfección o se tarda mucho en procesarla no va a resultar en una muestra diagnóstica (como sucedió en este estudio) y esto implica repetir el proceso. Finalmente, la toma de la muestra requiere entrenamiento, pues resulta algo difícil hacer la punción arterial en pacientes veterinarios (especialmente en aquellos de menos de 7 Kg) e incluso algunas veces lo que se muestrea es sangre venosa y no arterial.

Las otras técnicas de monitorización utilizadas son básicas (al menos la estetoscopia esofágica) y de hecho toda medición realizada por el oxímetro de pulso debe ir acompañada por datos de auscultación, pues es la única manera en que el anestesiólogo puede corroborar que el valor de oximetría es acertado y no producto de artefactos. La electrocardiografía es también una técnica muy valiosa para la evaluación de los pacientes durante la cirugía. Tiene la gran ventaja de que permite ver las tendencias del paciente durante toda la cirugía y el equipo una vez conectado al paciente no requiere ajustes (a menos que un electrodo se desprenda). En este estudio se pudo comprobar que algunas perras no dan buena respuesta a la electrocardiografía, probablemente por causas idiosincráticas, y en algunas el movimiento (a

causa de la manipulación por parte del cirujano) tiende a introducir artefactos en el trazo del electrocardiógrafo.

5. CONCLUSIONES

- El grado de saturación de oxígeno de la hemoglobina en las perras anestesiadas con el protocolo de halotano y suplementación de oxígeno fue consistentemente mayor que la saturación lograda por el protocolo de zolacepam y tiletamina.
- La oximetría de pulso demostró ser una herramienta muy útil en la monitorización de los pacientes durante la anestesia.
- A pesar de utilizar un oxímetro diseñado para uso en humanos, se obtuvieron resultados válidos y acertados de acuerdo con los criterios del estudio. En pacientes con peso superior a 7 Kg se pueden emplear oxímetros diseñados para humanos, pero en pacientes de menor peso es más recomendable utilizar modelos hechos para medicina veterinaria.
- Si bien es cierto que la oximetría de pulso actual corrige los valores reportados según se detecte movimiento y algunos pueden incluso discriminar entre diferentes tipos de hemoglobina, se debe utilizar con cuidado en pacientes muy anémicos, en pacientes con hiperbilirrubinemia, en zonas con piel hiperpigmentada y en presencia de luces que podrían afectar el funcionamiento del sensor y así provocar falsas lecturas.
- Las técnicas anestésicas inyectables podrán ser seguras desde un punto de vista farmacológico, pero no lo son desde el punto de vista de la oxigenación del paciente y menos aún si ni siquiera se cuenta con equipo adecuado para atención de emergencias.
- Aunque la muestra utilizada en este estudio fue relativamente pequeña, los resultados señalan definitivamente que las técnicas anestésicas con suplementación de oxígeno mantienen una mejor saturación de la hemoglobina que las técnicas sin suplementación.

- La medición de gases arteriales es una técnica muy útil, pero al menos de momento su funcionalidad se ve mejor aplicada en cuidados intensivos que en la sala de operaciones, por su costo y por la necesidad de tomas de muestra constantes, a menos que se trate de cirugías especiales que si los requieran.
- La electrocardiografía también demostró ser una técnica aplicable a la monitorización de la anestesia.

6. Recomendaciones

1. Acompañar siempre cada proceso anestésico con la debida monitorización por una persona entrenada para este fin.
2. Garantizar siempre la buena ventilación del paciente anestesiado (utilizando el tubo endotraqueal), especialmente si no se cuenta con suministro de oxígeno.
3. Contar con el equipo básico de atención de emergencias anestésicas (tubos endotraqueales, bolsas ambu, entre otros) antes de realizar cualquier procedimiento que requiera anestesia, incluso sedaciones. De ser posible, contar con una fuente de oxígeno.
4. Implementar en la medida de lo posible diversas técnicas de monitorización y la evaluación de múltiples parámetros para garantizar una anestesia más segura.
5. Hacer consciencia sobre las ventajas de la anestesia inhalatoria con respecto a la anestesia parenteral.
6. Realizar más estudios sobre diversas técnicas de evaluación transoperatoria del paciente y de nuevos protocolos anestésicos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbot, Laboratorios. 2003. The i-STAT® bedside testing system [en línea].
<http://www.abbottpointofcare.com/istat/www/products/analyzers.htm>. (Consulta: 19 feb. 2007).
- Adams, R. H. (ed.). 2001. Veterinary Pharmacology and Therapeutics. 8th ed. Iowa State University Press. Ames, Iowa, E.E.U.U.
- ACVA (American College of Veterinary Anesthesiologists). 1995. Suggestions for monitoring anesthetized veterinary patients [en línea]. J. Am. Vet. Med. Assoc. 206:7.
<http://www.acva.org/professional/Position/monitor.htm> (Consulta: 5 jun. 2005).
- Bednarski, R. M. 2001. Patient monitoring essential for safe anesthesia [en línea]. s.l.
<http://www.dvmnewsmagazine.com/dvm/article/articleDetail.jsp?id=5550> (Consulta: 3 jun. 2005).
- Bednarski, R. M., J. A. E. Hubbell, W. W. Muir III y R. T. Skarda. 2000. Patient monitoring during anesthesia. pp 250-283. Handbook of Veterinary Anesthesia. 3rd ed. Mosby Inc. St. Louis, Mo., E.E.U.U.
- Day, T.K. 2002. Blood gas analysis. . [CD-ROM]. J. Sm. Anim. Pract. 32: 1031-1048.
- Devey, J. 2003. Surgery/emergency critical care [en línea]. California Veterinary Specialists (ed.). San Marcos, California. <http://www.dcavm.org/03mar.html> (Consulta: 6 jun. 2005).
- Dyce, K.M., W.O. Sack y C.G.J. Wensing. 2002. The pelvis and reproductive organs of the carnivores. pp. 435-445. Textbook of Veterinary Anatomy. 3rd ed. Saunders. Pa., E.E.U.U.

- Fearnley, S.J. 2002. Pulse oximetry [en línea]. World Federation of Societies of Anesthesiologists (ed.). s.l. http://www.nda.ox.ac.uk/wfsa/html/u05/u05_003.htm (Consulta: 5 jun. 2005).
- George, J.W. 2003. Water, electrolytes, and acid base. pp. 136-158. *In* Latimer, K.S., E.A. Mahaffey & K.W. Prasse. *Veterinary Laboratory Medicine: Clinical Pathology*. 4th ed. Blackwell Publishing Professional. Ames, Iowa, E.E.U.U.
- Guillemat, F. 2004. La prueba más universal para la comparación de dos tratamientos. [en línea]. http://usuarios.lycos.es/guillemat/t_student.htm (Consulta: 16 mar. 2007).
- Hackett, T.B. 2002. Pulse oximetry and end tidal carbon dioxide monitoring. [CD-ROM]. *J. Sm. Anim. Pract.* 32: 1021-1029.
- Haskins, S. 2003. The relative advantages and disadvantages of common anesthetic agents. [CD-ROM]. Ninth Int. Veterinary Emergency and Critical Care Symp. Proc. San Antonio, Tex., E.E.U.U.
- Hawkins, E.C. 2003. Diagnostic tests for the lower respiratory tract. pp. 255-286. *In* Couto, C.G. & R.W. Nelson (eds.). *Small Animal Internal Medicine*. 3rd ed. Mosby Inc. St. Louis, Mo., E.E.U.U.
- Hedlund, C.S. 2002. Surgery of the reproductive and genital systems. pp. 610-616. *In* Fossum, T.W., G.L. Carrol, C.S. Hedlund, D.A. Hulse, A.L. Johnson, H.B. Seim III, & M.D. Willard. *Small Animal Surgery*. Mosby Inc. St. Louis, Mo., E.E.U.U.
- Hutton, P. y T.Clutton-Brock. 1993. The benefits and pitfalls of pulse oximetry [en línea]. *Br. Med. J.* <http://www.pubmed.com> (Consulta: 15 feb. 2007).

- Ingram, G. y N.Munro. 2005. The use (or otherwise) of pulse oximetry in general practice. [en línea]. Br. J. Gen. Prac. 24: 501-502. <http://www.pubmed.com> (Consulta: 18 feb. 2007).
- Jubran, I. 1999. Pulse oximetry. [en línea]. Crit. C. 2:11-17. <http://www.pubmed.com> (Consulta: 2 mar. 2007).
- Ko, J. 2003. Anesthetic monitoring [en línea]. s.n. Okla. State Univ. College of Veterinary Medicine. <http://www.cvm.okstate.edu/courses/vmed5412/Lect12.asp> (Consulta: 3 jun. 2005).
- Koenig, J., W. McDonell, & A. Valverde. 2003. Accuracy of pulse oximetry and capnography in healthy and compromised horses during spontaneous and controlled ventilation [en línea]. Can. Vet. J. 67:3. Guelph, Ont. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/> (Consulta: 3 jun. 2005).
- Manning, A.M. 2002. Oxygen therapy and toxicity. [CD-ROM]. J. Sm. Anim. Pract. 32: 1005-1020.
- McKelvey, D., K.W. Hollingshead. 2003. The preanesthetic period. pp. 1-50. Veterinary Anesthesia and Analgesia. 3rd ed. Mosby Inc. St. Louis, Mo., E.E.U.U.
- Micro Nano Technologies (MNT). 2005. i-STAT blood analysis chip: A new approach to point-of-care diagnostics enabled by microfluidics and biosensors [en línea]. <http://www.pubmed.com> (Consulta: 20 feb. 2007).
- Muir III, W.W. 2000. Use of injectable & inhalant anesthetics in critical small animal patients. [CD-ROM]. Seventh Int. Veterinary Emergency and Critical Care Symp. Proc. San Antonio, Tex., E.E.U.U.

- Muir III, W.W. 2002 a. Anesthesiology [en línea]. s.n. Ohio State Univ., Columbus, Ohio.
<http://www.dccvm.org/02dec.htm> (Consulta: 5 jun. 2005).
- Muir III, W.W. 2002 b. Monitoring anesthesia: new techniques and their limitations.
 [CD-ROM]. Eighth Int. Veterinary Emergency and Critical Care Symp. Proc. San Antonio, Tex., E.E.U.U.
- Perkins, G., D.F.McAuley, S. Giles, H. Routledge y F. Gao. Do changes in pulse oximeter oxygen saturation predict equivalent changes in arterial oxygen saturation? [en línea] Crit. C. 4:67-71. <http://www.pubmed.com> (Consulta: 10 mar. 2007).
- s.a. 2001. Datex-Ohmeda TruTrak®+ oxymetry technology; a 663 patient, multi-site performance evaluation during clinical motion. [en línea [http](http://www.us.datex-ohmeda.com/products/oximetry_sensors.htm)]. [//www.us.datex-ohmeda.com/products/oximetry_sensors.htm](http://www.us.datex-ohmeda.com/products/oximetry_sensors.htm) (Consulta: 18 feb. 2007).
- Scott, N.E., S.C. Haskins, J. Aldrich, M. Rezende, R.M. Gallagher y M.M. Henderson. 2005. Comparison of measured oxyhemoglobin saturation and oxygen content with analyzer-calculated values and hand-calculated values obtained in unsedated healthy dogs [en línea]. Am. J. Vet. Res. 66:1273-1277. <http://www.pubmed.com> (Consulta: 10 dic. 2005).
- Stepien, L. R. 2000. Cyanosis. pp. 206-210. In Ettinger, S.J., E.C. Feldman (eds.). Veterinary Internal Medicine: Diseases of the Dog and Cat. Vol.1. 5th ed. Saunders. Pa., E.E.U.U.
- Tierney, L. M. y M.A. Whooley.1997. Oxygen saturation: A fifth vital sign? [en línea] West J. Med. 166:285-286. <http://www.pubmed.com> (Consulta: 11 mar. 2007).
- Tremper, K. K. 1992. Noninvasive monitoring of oxygenation and ventilation 40 years in development. [en línea] West J. Med. 156: 662-663. <http://www.pubmed.com> (Consulta: 15 feb. 2007).

- Williams, A. J. 1998. ABC of oxygen: Assesing and interpreting arterial blood gases and acid-base balance. [en línea] *Br . Med. J.* 317: 1213-1216. <http://www.pubmed.com> (Consulta: 11 mar. 2007).
- Yelin, S. C. 2005. Urgencias y terapia intensiva en la práctica diaria. [CD-ROM]. Memorias del 30^{mo} Congreso de la Asociación Mundial de Veterinaria en Pequeños Animales. Mayo 11-14. Ciudad de México, Méx.

8. ANEXOS

Datos del Paciente	
Peso	
Hto.	
Premed.	
Inducción	
Fecha	

	Tiempo							
Parámetro	0´	5´	10´	15´	20´	25´	30´	35´
FC ee								
FR ee								
SpO2								
FC Ox.								
Halotano								

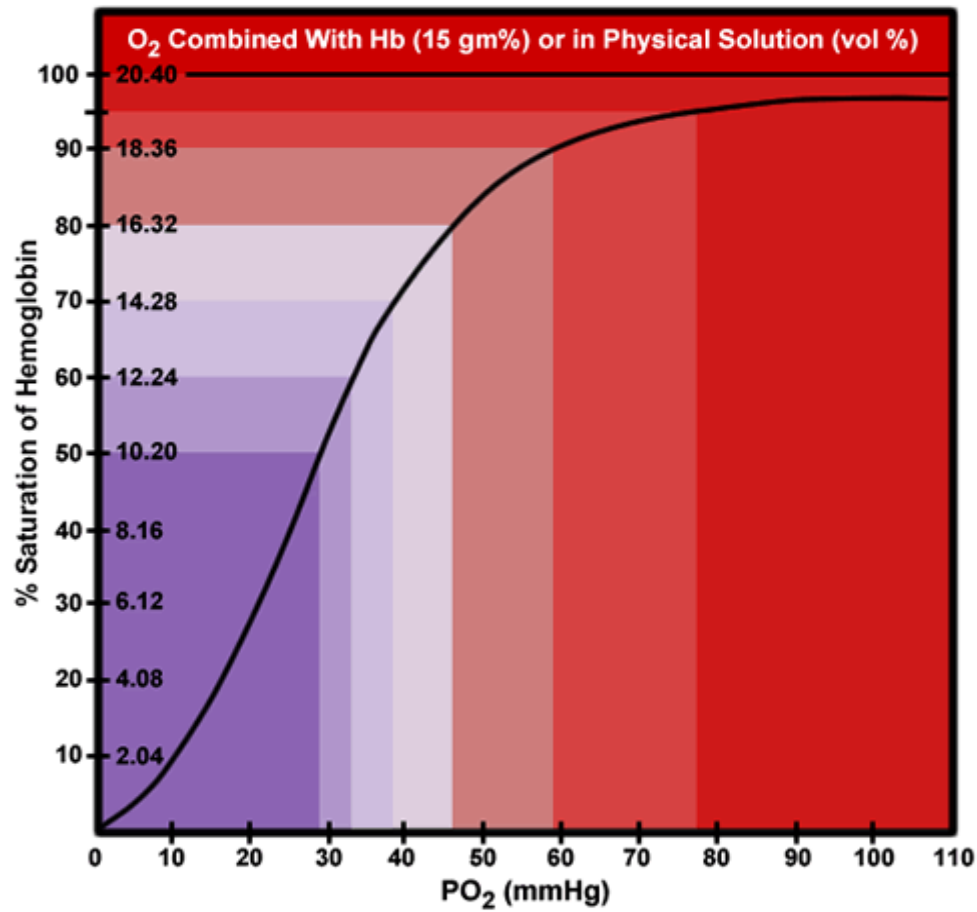
	Tiempo							
Parámetro	40´	45´	50´	55´	60´	65´	70´	75´
FC ee								
FR ee								
SpO2								
FC Ox.								
Halotano								

	Tiempo							
Parámetro	80´	85´	90´	95´	100´	105´	110´	115´
FC ee								
FR ee								
SpO2								
FC Ox.								
Halotano								

	Tiempo							
Parámetro	120´	125´	130´	135´	140´	145´	150´	155´
FC ee								
FR ee								
SpO2								
FC Ox.								
Halotano								

Gases Arteriales	
Tiempo	
Temp.	
SpO2	
pH	
PO2	
SpO2 ox	

Anexo 1: Registro de parámetros utilizado para la recolección de datos.



Anexo 2: Curva de disociación de la hemoglobina (Ko, 2003).