

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



**Determinación del lactato y dióxido de carbono total como pre quirúrgicos
en la cirugía ortopédica de caninos. Arequipa- 2023**

Tesis presentada por la Bachiller:

Alarcon Villamarin, Kamyla Leyha

ORCID: 0009-0006-9535-8727

para optar el Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista

Asesor (a):

Mg. Sanz Ludeña, Carlo Edison

ORCID: 0000-0002-5833-6442

Arequipa - Perú

2025

UCSM-ERP

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

Arequipa, 03 de Octubre del 2025

Dictamen: 011457-C-EPMVZ-2025

Visto el borrador del expediente 011457, presentado por:

2018240052 - ALARCON VILLAMARIN KAMYLA LEYHA

Titulado:

**DETERMINACIÓN DEL LACTATO Y DIÓXIDO DE CARBONO TOTAL COMO PRE QUIRÚRGICOS
EN LA CIRUGÍA ORTOPÉDICA DE CANINOS. AREQUIPA- 2023**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

**29624016 - ROMAN COYLA VERONICA MARIANELLA
DICTAMINADOR**



**29595150 - NEIRA HUAMANI MARCOS LEANDRO
DICTAMINADOR**



**42960827 - MEDINA ESCALANTE CYNTIA KARIN
DICTAMINADOR**



DETERMINACIÓN DEL LACTATO Y DIÓXIDO DE CARBONO TOTAL COMO PRE QUIRÚRGICOS EN LA CIRUGÍA ORTOPÉDICA DE CANINOS. AREQUIPA- 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	3%
2	www.affinity-petcare.com Fuente de Internet	1%
3	www.zoetis.es Fuente de Internet	1%
4	vetzootec.ucaldas.edu.co Fuente de Internet	1%
5	core.ac.uk Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	pinnacle.allenpress.com Fuente de Internet	1%
8	axoncomunicacion.net Fuente de Internet	1%
9	www.spinreact.com Fuente de Internet	

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía en cada paso, por darme la vida, la fuerza y la fe necesarias para seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.

A mi inspiración mi amada mamá, Catherine Villamarín Poblete, por su amor incondicional, por cada esfuerzo silencioso y por enseñarme con su ejemplo el valor de la perseverancia y el sacrificio.

A mi hermanita Andrea Alarcón Villamarín, por ser mi apoyo constante, mi confidente y mi compañera incondicional en este camino, siempre brindándome palabras de aliento cuando más las necesitaba.

A mi papá Betito, por ser un pilar fundamental en mi vida. Por su esfuerzo, apoyo incondicional y ejemplo de perseverancia, que me han inspirado a alcanzar cada uno de mis objetivos.

A mi papá, por su apoyo y acompañamiento a lo largo de mi vida y en la culminación de este trabajo académico.

A quien ha sido y es mi compañero en este largo camino Scott Cortez Rojas, por ser mi mayor inspiración para crecer, para ser mejor cada día y por acompañarme con amor, paciencia y fe en mí.

Y a Luchín, mi fiel compañero de cuatro patas, por su ternura, compañía y esa alegría que siempre supo reconfortarme en los momentos de cansancio y estrés.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor Doctor Carlo Sanz Ludeña, por la orientación y acompañamiento brindados durante el desarrollo de esta investigación.

A mi casa de estudios la Universidad Católica de Santa María, por proporcionarme los conocimientos y recursos necesarios para mi formación académica y profesional.

A mis docentes que fueron parte de mi formación, por compartir sus enseñanzas y experiencias, que han contribuido de manera significativa a mi crecimiento académico y profesional.

A todo el equipo de Avant Grand, mi centro de trabajo, por su constante apoyo y comprensión durante el desarrollo de esta tesis. Agradezco profundamente las facilidades y permisos brindados cada vez que los necesité para cumplir con mis responsabilidades académicas. Su respaldo y consideración fueron fundamentales para culminar con éxito esta etapa tan importante de mi formación profesional.

A mis compañeros de trabajo, por su compañerismo, aliento y apoyo incondicional en cada etapa de este proceso.

Expreso mi más sincero agradecimiento al Dr. Víctor Pacheco, por el valioso apoyo brindado durante la realización de esta investigación. Su generosidad al facilitarme el acceso a las instalaciones de su Clínica Veterinaria Diagnovet y su permanente disposición para colaborar fueron determinantes en el desarrollo de este trabajo académico.

RESUMEN

El presente estudio, de tipo descriptivo, se planteó como objetivo el determinar los valores de lactato y dióxido de carbono total (tCO₂) en sangre venosa de perros sometidos a procedimientos quirúrgicos ortopédicos en la Clínica Veterinaria Diagnovet SAC, durante el periodo de marzo a diciembre del 2023. Se trabajó con una muestra de 50 caninos donde cada uno de ellos representa una unidad experimental, a los cuales se les tomaron muestras de sangre venosa para su análisis mediante espectrofotometría ultravioleta visible.

Para la determinación del lactato se utilizó un analizador automático bioquímico SUNNIMED SL120VET con el kit de Spinreac®, mientras que para el tCO₂ se empleó el equipo Abaxis VetScan 2.0® y rotores específicos de electrolitos y CO₂.

El estudio fundamentó la importancia del lactato y el tCO₂ como indicadores del estado metabólico y respiratorio, así como su relevancia clínica en el diagnóstico, pronóstico y seguimiento de patologías en medicina veterinaria.

La metodología incluyó la recolección de muestras por venopunción, su procesamiento bajo condiciones estandarizadas y análisis mediante métodos enzimáticos. El diseño fue observacional y descriptivo, aplicándose pruebas estadísticas como Kolmogorov-Smirnov y t de Student con el software Infostat 2020.

Los resultados mostraron valores promedio de $1,68 \pm 0,64$ mmol/L para el lactato y $18,14 \pm 6,65$ mmol/L para el tCO₂. Se identificaron seis casos de hiperlactatemia y un caso de hipercapnia. Se evidenció además una correlación significativa entre ambos parámetros, lo que respalda su utilidad conjunta como biomarcadores para evaluar la perfusión tisular, el equilibrio ácido-base y el pronóstico en pacientes caninos sometidos a cirugía ortopédica.

Palabras clave: Lactato, Dióxido de carbono, Riesgo quirúrgico.

ABSTRACT

The present descriptive study aimed to determine the values of lactate and total carbon dioxide (tCO₂) in the venous blood of dogs undergoing orthopedic surgical procedures at the Diagnovet SAC Veterinary Clinic from March to December 2023. We worked with a sample of 50 canines, each of which represent an experimental unit, from which venous blood samples were for analysis by ultraviolet-visible spectrophotometry.

A SUNNIMED SL120VET automatic biochemical analyzer with the Spinreac® kit was used to determine lactate, while the Abaxis VetScan 2.0® device and specific electrolyte and CO₂ rotors were used for tCO₂ determination.

The study established the importance of lactate and tCO₂ as indicators of metabolic and respiratory status, as well as their clinical relevance in the diagnosis, prognosis, and monitoring of pathologies in veterinary medicine.

The methodology included sample collection by venipuncture, processing under standardized conditions, and analysis using enzymatic methods. The design was observational and descriptive, applying statistical tests such as Kolmogorov-Smirnov and Student's t tests using Infostat 2020 software.

The results showed average values of 1.68 ± 0.64 mmol/L for lactate and 18.14 ± 6.65 mmol/L for tCO₂. Six cases of hyperlactatemia and one case of hypercapnia were identified. A significant correlation was also observed between both parameters, supporting their combined usefulness as biomarkers for assessing tissue perfusion, acid-base balance, and prognosis in canine patients undergoing orthopedic surgery.

Keywords: Lactate, Carbon dioxide, Surgical risk.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO	3
1.1 Determinación del problema.....	3
1.2 Descripción	3
1.3 Efecto en el progreso Local o Regional	4
1.3.1 Campo y área de estudio.....	5
1.3.2 Tipo de problema.....	6
1.3.3 Variables.....	6
1.3.4 Operacionalización de variables	6
1.4 Justificación	6
1.4.1 Aspecto General	6
1.4.2 Aspecto Tecnológico	7
1.4.3 Aspecto Social	8
1.4.4 Aspecto Económico.....	8
1.5 Objetivos	9
1.5.1 Objetivo General.....	9
1.5.2 Objetivos Específicos	9
1.6 Hipótesis.....	9
CAPÍTULO II	10
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Análisis bibliográfico	11
2.1.1 Importancia del lactato en medicina veterinaria.....	11
2.1.2 Estructura fisiológica del lactato	12
2.1.3 Dióxido de carbono total (tco2).....	13
2.1.4 Alteraciones del equilibrio ácido básico.....	14
2.2 Antecedentes de investigación	19

2.2.1 Análisis de tesis	19
CAPÍTULO III	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1 Materiales.....	25
3.1.1 Localización de estudio	25
a. Localización espacial.....	25
b. Localización temporal.....	25
3.1.2 Materiales Biológicos	25
3.1.3 Material de Laboratorio	25
3.1.4 Material de Campo	26
3.1.5 Materiales Digitales.....	26
3.2 Métodos.....	26
3.2.1 Unidades de estudio.....	26
a. Universo.....	26
b. Tamaño de muestra	27
3.2.2 Formación de unidades experimentales de estudio	27
3.2.3 Estrategia de recolección de datos.....	27
3.2.4 Recursos necesarios.....	27
a. Humanos	27
b. Financieros.....	27
3.2.5 Métodos de evaluación	27
a. Metodología de la experimentación.....	27
3.2.6 Número de evaluados	32
3.2.7 Variables de Respuesta.....	32
3.3 Evaluación Estadística	33
3.3.1 Diseño Experimental	33
3.4 Análisis Estadístico	33
CAPÍTULO IV	34
4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	35
4.1 Cuadros de Resultados	35
4.1.1 Determinación de los valores de lactato en muestras de sangre venosa de perros.....	36
4.1.2 Determinación de los valores de tCO ₂ en muestras de sangre venosa de perros.....	42

4.1.3 Relación de los valores de lactato y tCO ₂ en muestras de sangre venosa de perros.....	48
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

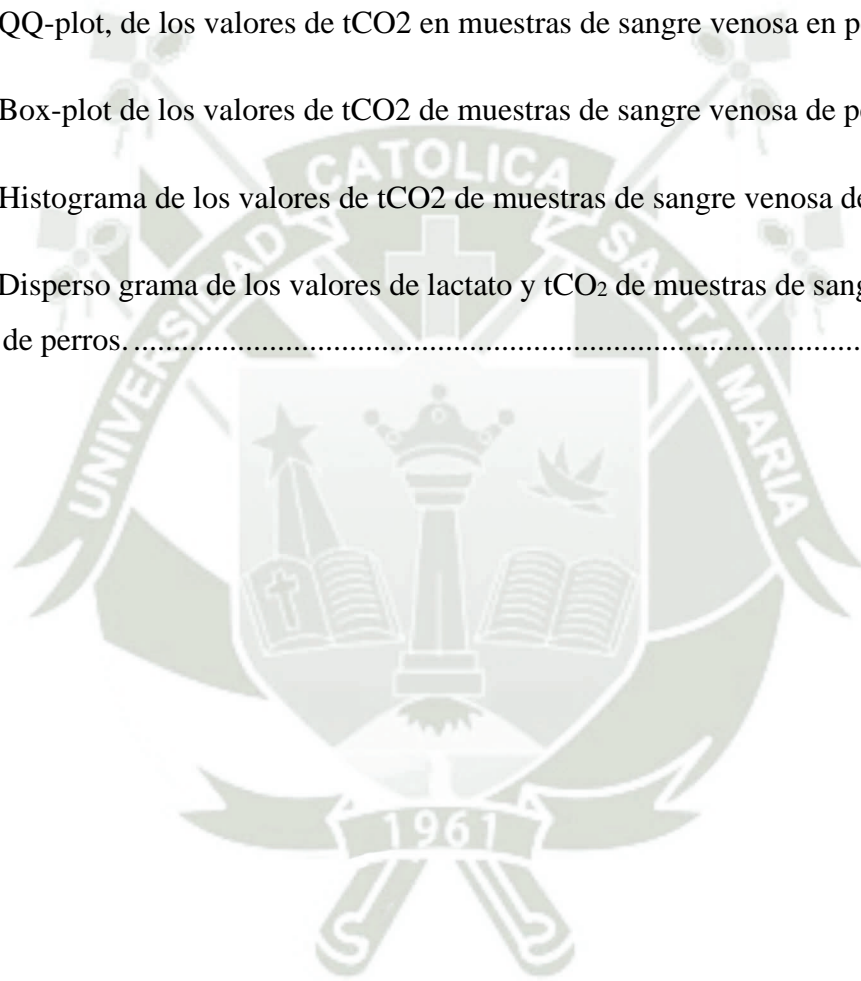


ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestra los valores de lactato obtenidos de las muestras de sangre venosa en perros.....	36
Tabla 2. Prueba de bondad de ajuste de los valores de lactato de muestras de sangre venosa de perros.....	38
Tabla 3. Medidas de resumen de los valores de lactato de muestras de sangre venosa de perros.....	38
Tabla 4. Distribución de frecuencias de los valores de lactato de muestras de sangre venosa de perros.....	40
Tabla 5. Valores de tCO ₂ en muestras de sangre venosa de perros.....	42
Tabla 6. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks de los valores de tCO ₂ en sangre venosa en perros.....	44
Tabla 7. Medidas de resumen de los valores de tCO ₂ de muestras de sangre venosa de perros.....	44
Tabla 8. Distribución de frecuencias de los valores de tCO ₂ de muestras de sangre venosa de perros.....	46
Tabla 9. Correlación entre S de los valores de lactato y tCO ₂ de muestras de sangre venosa de perros.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Qq-plot de los valores de lactato de muestras de sangre venosa de perros	37
Figura 2. Box-plot de los valores de lactato de muestras de sangre venosa de perros.....	39
Figura 3. Histograma de los valores de lactato de muestras de sangre venosa de perros	41
Figura 4. QQ-plot, de los valores de tCO ₂ en muestras de sangre venosa en perros.....	43
Figura 5. Box-plot de los valores de tCO ₂ de muestras de sangre venosa de perros.....	45
Figura 6. Histograma de los valores de tCO ₂ de muestras de sangre venosa de perros.	47
Figura 7. Dispersograma de los valores de lactato y tCO ₂ de muestras de sangre venosa de perros.....	48



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Determinación Cuantitativa de Lactato	61
Anexo 2. Lector de Rotores Vet Scan V	63
Anexo 3. Rotor Vetscan V2 de Electrolito Plus	65
Anexo 4. Toma de muestra de sangre venosa en caninos	67
Anexo 5. Proceso de centrifugado de la muestra de sangre venosa de canino.....	69
Anexo 6. Preparación de uso del Rotor Vetscan V2 de Electrolyte Plus	71
Anexo 7. Recolección de plasma sanguíneo en pipeta de 100 uL.....	73
Anexo 8. Aplicación del plasma recolectado en el rotor.....	75
Anexo 9. Etapa previa al análisis del rotor con la muestra de plasma	77
Anexo 10. Inicio de análisis posterior a la transferencia de la muestra de plasma al rotor reactivo	79
Anexo 11. Resultado final de análisis del rotor	81
Anexo 12. Constancia de validación de resultados de muestras de sangre tomadas	83

INTRODUCCIÓN

En la medicina veterinaria, la evaluación prequirúrgica de los pacientes representa una herramienta fundamental para reducir riesgos anestésicos, mejorar el pronóstico quirúrgico y asegurar una recuperación adecuada. En el caso específico de las cirugías ortopédicas en caninos, procedimientos que conllevan una importante carga fisiológica, la correcta interpretación de parámetros bioquímicos y fisiológicos antes de la intervención se vuelve esencial para la toma de decisiones clínicas acertadas.

Entre los marcadores que han cobrado relevancia en el ámbito clínico, el lactato y el dióxido de carbono total en sangre han sido ampliamente estudiados por su capacidad de reflejar el estado metabólico y ventilatorio del paciente. Elevaciones en los niveles de lactato suelen asociarse a hipoperfusión tisular, mientras que alteraciones en el dióxido de carbono total pueden indicar desequilibrios ácido-base significativos. Ambos parámetros se han relacionado con un incremento en la morbilidad, especialmente en contextos quirúrgicos y de cuidados críticos.

En la ciudad de Arequipa, donde la medicina veterinaria ha mostrado un desarrollo sostenido en los últimos años, la aplicación de análisis bioquímicos avanzados como parte del protocolo prequirúrgico aún presenta desafíos en cuanto a su implementación rutinaria. Por ello, la presente investigación tiene como objetivo determinar los niveles de lactato y dióxido de carbono total en sangre como parte de la evaluación prequirúrgica en caninos sometidos a cirugía ortopédica, contribuyendo así a una mejor comprensión del estado fisiológico del paciente y a la optimización de los protocolos clínicos en medicina veterinaria.

Este estudio, de enfoque descriptivo, busca generar evidencia local sobre la importancia de estos parámetros en el pronóstico quirúrgico, destacando su valor predictivo y su posible inclusión como indicadores estándar en la práctica clínica veterinaria. La alta tasa de complicaciones y mortalidad observadas en pacientes con alteraciones en estos biomarcadores justifica la necesidad de su evaluación oportuna, permitiendo establecer medidas preventivas y correctivas que mejoren los resultados postoperatorios.



1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1 Determinación del problema

“Determinar el Lactato y el Dióxido de Carbono total como prequirúrgicos en la cirugía ortopédica a de caninos. Arequipa.”

1.2 Descripción

El examen preoperatorio, también denominado evaluación prequirúrgica, comprende una serie de pruebas diagnósticas que se realizan antes de un procedimiento quirúrgico con el fin de verificar el estado general de salud del paciente y asegurar que se encuentra en condiciones adecuadas para ser sometido a anestesia. Este proceso es fundamental en cualquier intervención quirúrgica, ya que permite identificar posibles riesgos y complicaciones. No obstante, presenta ciertas limitaciones, como la imposibilidad de predecir reacciones alérgicas específicas a los agentes anestésicos, ya que actualmente no existen pruebas diagnósticas que permitan anticipar este tipo de eventos, ni en medicina humana ni en veterinaria. En animales geriátricos o en razas con predisposición a complicaciones anestésicas, como aquellas de tipo braquicéfalo (por ejemplo, bulldog francés, bulldog inglés, pug, lhasa apso, entre otras), la realización del examen preoperatorio cobra especial relevancia, ya que permite adoptar medidas preventivas que disminuyan el riesgo de eventos adversos durante la anestesia.

El lactato es un metabolito altamente dinámico cuya producción puede variar según las condiciones fisiológicas. En contextos anaerobios, su síntesis está asociada a procesos de hipoxia o isquemia, mientras que en condiciones aerobias se genera como resultado de una glicólisis acelerada, estimulada por la activación adrenérgica a través de receptores β_2 , los cuales incrementan la actividad de la bomba sodio-potasio. Este compuesto actúa como un intermediario metabólico capaz de desplazarse entre diferentes tipos celulares, funcionando tanto como producto como sustrato, lo que permite su participación en el mantenimiento del equilibrio energético a nivel sistémico.

Para enfrentar situaciones clínicas críticas, resulta fundamental contar con un biomarcador confiable que oriente y facilite la toma de decisiones. En este contexto, el lactato ha demostrado ser una herramienta valiosa durante más de seis décadas.

Su medición ha sido propuesta, evaluada y aplicada en múltiples escenarios clínicos, especialmente en pacientes críticamente enfermos. Gracias al avance tecnológico, su utilidad se ha extendido al ámbito veterinario, donde permite valorar el estado hemodinámico, metabólico y la respuesta terapéutica de los animales en situaciones de emergencia o durante el periodo perioperatorio (1).

El incremento en los niveles de lactato ocurre cuando su producción supera su depuración, lo cual conduce a una acidosis láctica. Esta condición se debe a un aumento en la concentración de protones, en respuesta al incremento de aniones. La única terapia eficaz consiste en identificar y controlar la causa subyacente de la hiperlactatemia. Tradicionalmente, las causas del aumento del lactato se han clasificado en dos tipos: las asociadas a hipoxia tisular o metabolismo anaerobio (tipo A) y aquellas no relacionadas con hipoxia, sino con alteraciones del metabolismo aerobio (tipo B) (2).

Por lo tanto, resulta fundamental considerar los valores de dióxido de carbono total (tCO_2) como parte de los parámetros preoperatorios en cirugías ortopédicas en caninos, ya que estos aportan información relevante sobre el estado ácido-base del paciente y permiten anticipar posibles complicaciones anestésicas o metabólicas.

1.3 Efecto en el progreso Local o Regional

La mortalidad de los pacientes sometidos a intervenciones quirúrgicas ortopédicas se reducirá a medida que se realice una evaluación preoperatoria más efectiva. Se reconocen analitos como el lactato y el tCO_2 como indicadores de riesgo quirúrgico, los cuales pueden asistir en la identificación de qué paciente se somete a cirugía y cuál requiere seguir su estabilización.

Los riesgos asociados a la anestesia, a las intervenciones quirúrgicas veterinarias y al proceso de recuperación postoperatoria pueden clasificarse en función de diversos factores. Estos incluyen características propias del paciente (como edad, condición física o comorbilidades), el tipo y complejidad del procedimiento quirúrgico, los protocolos anestésicos empleados, la experiencia del cirujano, así como las condiciones estructurales y operativas del establecimiento hospitalario donde se lleva a cabo la intervención (3).

Uno de los peligros más significativos es el propio del paciente. Los exámenes bioquímicos previos a la cirugía, como la medición de lactato y tCO₂, entre otros, junto con el examen clínico, ECG y finalmente Rx, realizados unos días antes de la cirugía, proporcionarán información acerca de las condiciones del animal para enfrentar con eficacia la operación (4).

Varios desórdenes pueden incrementar o disminuir los efectos anestésicos, alterar la coagulación, provocar trombosis, postergar la cicatrización, incidir en el flujo sanguíneo, disminuir la oxigenación de los tejidos, alterar el metabolismo, disminuir las defensas y modificar las funciones del corazón y la respiración. A menudo, alteraciones subclínicas renales, hepáticas o coagulativas dificultan gravemente la operación (5).

Una evaluación preoperatoria adecuada guiará hacia la implementación de medidas de precaución variadas e incluso sugerirá la postergación de la cirugía hasta que se haya resuelto el problema identificado (6).

Una evaluación prequirúrgica exhaustiva permite identificar condiciones clínicas subyacentes como diabetes, anemia, enfermedades cardíacas, respiratorias o renales, las cuales podrían incrementar significativamente el riesgo de complicaciones durante la intervención quirúrgica y en el periodo postoperatorio, afectando directamente la morbilidad y mortalidad del paciente (7).

El objetivo de la evaluación preoperatoria es disminuir la morbimortalidad, lo que permite mejorar la salud del paciente y desarrollar estrategias y tácticas para su gestión (8).

Según los hallazgos de este análisis preoperatorio, podemos deducir que el paciente no presenta ninguna anomalía y, por lo tanto, la cirugía puede llevarse a cabo sin dificultades, o en cambio, que muestre irregularidades que nos permitan posponer o postergar dicha intervención quirúrgica. Además, es crucial para realizar la anestesia a cada paciente de manera personalizada.

1.3.1 Campo y área de estudio

- **Campo:** Ciencias Veterinarias
- **Área:** Medicina Veterinaria

- **Línea:** Optimización del manejo prequirúrgico en caninos para mejorar resultados post operatorios.

1.3.2 Tipo de problema

- **Por el tiempo:** Transversal
- **Investigación:** Descriptiva, cuantitativa y observacional

1.3.3 Variables

- Determinación del lactato como prequirúrgico
- Determinación del dióxido de carbono total como prequirúrgico

1.3.4 Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADOR	SUB INDICADOR
Determinación del lactato como prequirúrgico	Valor reportado por el laboratorio	≤ 0.5 mmol/L
		0.5 a 2.5 mmol/L
		≥ 2.5 mmol/L
Determinación del dióxido de carbono total como prequirúrgico	Valor reportado por el laboratorio	Alcalosis metabólica
		Acidosis metabólica primaria
		12 – 27 mmol/L
		Alcalosis respiratoria
		Acidosis respiratoria primaria

1.4 Justificación

1.4.1 Aspecto General

El principal propósito de la evaluación preanestésica es detectar las alteraciones fisiológicas presentes en el paciente y determinar la gravedad de cada una. Esta información se obtiene principalmente a partir de una historia clínica completa y un examen físico minucioso. Para confirmar los diagnósticos presuntivos, se requiere del apoyo de pruebas complementarias como la electrocardiografía, radiografías y análisis de laboratorio.

En consecuencia, el protocolo anestésico debe adaptarse de manera individualizada, considerando el estado físico específico de cada paciente. La evaluación preanestésica constituye una herramienta clave para disminuir los riesgos de morbilidad y mortalidad relacionados con el procedimiento anestésico. Dentro del protocolo de evaluación prequirúrgica, resulta fundamental incluir ciertos parámetros clínicos, entre ellos el lactato sérico, ampliamente reconocido como un marcador útil en el manejo de pacientes con lesiones ortopédicas. Se ha documentado que niveles elevados de lactato antes de una intervención quirúrgica se correlacionan con un mayor riesgo de complicaciones postoperatorias. No obstante, aún no se ha estudiado en profundidad el uso del lactato como herramienta para determinar el momento óptimo de intervención en casos de fracturas no críticas en caninos. En la práctica clínica, tanto cirujanos como anestesiólogos e intensivistas enfrentan frecuentemente situaciones en las que, tras procedimientos quirúrgicos prolongados, los pacientes requieren soporte hemodinámico intensivo mediante grandes volúmenes de fluidoterapia cristalinoide, presentando a menudo una acidosis metabólica persistente. Esta condición representa un desafío tanto diagnóstico como terapéutico y se asocia con hipovolemia, perfusión tisular inadecuada, hipoxemia celular y acumulación de lactato. El enfoque terapéutico se centra en restaurar una perfusión tisular adecuada, mediante una reanimación con fluidos apropiada y, en caso necesario, la administración de fármacos inotrópicos (9).

1.4.2 Aspecto Tecnológico

La cirugía constituye una forma de agresión para el organismo que puede influir de manera significativa en la evolución clínica del paciente. Desde mediados del siglo XX, se ha reconocido que el pronóstico se ve aún más comprometido cuando existen condiciones preexistentes o factores asociados que agravan la situación que no son controladas y siempre se está en la continua búsqueda de técnicas o metodologías que permitan reducir los riesgos. Se estima que entre el 0.1% y 0.2% de los perros y gatos considerados sanos, y entre el 0.5% y 2% de aquellos con alguna enfermedad, fallecen debido a causas relacionadas con la anestesia. Estas cifras superan notablemente las tasas de mortalidad observadas en la anestesia humana. Cabe destacar que una proporción significativa de estos fallecimientos -que varía entre el 18.2% y el 44%- tiene lugar durante el período postoperatorio (10).

Este hecho resalta la relevancia de una vigilancia estricta y un control adecuado durante la fase postoperatoria, ya que muchas de las complicaciones e incluso fallecimientos podrían prevenirse mediante una supervisión más rigurosa de los pacientes en este periodo crítico. Por este motivo la evaluación pre quirúrgica del lactato y el tCO₂, nos permitirá tomar las medidas necesarias para reducir aún más los porcentajes de peri mortalidad relacionados a la cirugía ortopédica.

1.4.3 Aspecto Social

Una de las particularidades del duelo por la pérdida de una mascota es la frecuente aparición del sentimiento de culpa. Aunque este suele estar presente en distintos tipos de duelo, diversos estudios indican que adquiere un papel especialmente relevante cuando se trata del fallecimiento de un animal de compañía. Esta sensación puede intensificarse aún más si la persona tuvo que tomar la difícil decisión de practicar la eutanasia. Por otro lado, se ha observado que la culpa es más común cuando la muerte ocurre de forma repentina, a diferencia de los casos en los que la pérdida era previsible. Esta diferencia podría explicarse por el fuerte sentido de responsabilidad que asume el tutor sobre la vida y el bienestar de su mascota, lo cual genera la impresión de que se pudo haber actuado de otra manera para evitar el desenlace. Por ello si podemos desde el inicio de la evaluación prequirúrgica informar las posibilidades de éxitos del procedimiento sin riesgo alguno para nuestros pacientes a los tutores, podríamos disminuir la culpa por un lado y la responsabilidad por otro, del tutor y del equipo médico veterinario.

1.4.4 Aspecto Económico

La elaboración cuidadosa de la historia clínica junto con un examen físico exhaustivo puede reducir hasta en un 60% la necesidad de realizar pruebas preoperatorias rutinarias. Si se limitaran los exámenes prequirúrgicos únicamente a los estrictamente necesarios, se lograría una disminución en los costos por paciente, una menor saturación en los servicios de laboratorio y una optimización en los tiempos previos a la cirugía. Aunque las pruebas comúnmente utilizadas en la evaluación preoperatoria en medicina veterinaria implican costos de moderados a elevados, representan una carga económica significativa en términos de costos directos. Además, al considerar factores como la

pérdida de jornadas laborales, el tiempo invertido y las molestias para los tutores y pacientes, se generan también costos indirectos e incluso intangibles que no siempre son evidentes, pero que resultan igualmente relevantes.

Finalmente, si comparamos que lo que se busca es asegurar el éxito del procedimiento quirúrgico ortopédico, podemos aumentar sus resultados midiendo el lactato y tCO₂, y así hacer que la inversión económica del tutor está más segura y por nuestra parte, al brindar servicios de calidad y con mayor porcentaje de éxito asegurar nuestra cartera de clientes y conseguir más por el éxito brindado.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Determinar el Lactato y el dióxido de carbono total como prequirúrgicos en la cirugía ortopédica de caninos. Arequipa- 2023.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar el nivel de Lactato como pre quirúrgico en la cirugía ortopédica de caninos.
- Determinar el nivel de Dióxido de carbono total como pre quirúrgico en la cirugía ortopédica de caninos.

1.6 Hipótesis

Dado que la cirugía ortopédica en caninos representa un riesgo alto, es posible la determinación del Lactato y Dióxido de carbono total como pre quirúrgicos y así posiblemente podemos disminuir la mortalidad en nuestros pacientes.



2. MARCO TEÓRICO

2.1 Análisis bibliográfico

2.1.1 Importancia del lactato en medicina veterinaria

En la actualidad, se reconoce el lactato plasmático como un importante indicador de clasificación, señal de pronóstico y meta terapéutica en pacientes de emergencia, ya sean humanos o veterinarios (9).

Desde una perspectiva fisiológica, el lactato es un resultado habitual de la glucólisis y bajo condiciones de salud, cerca del 10% del piruvato se transforma en lactato a través de una enzima citosólica específica conocida como lactato deshidrogenasa (LDH) (10).

La hiperlactatemia es una situación habitual en el paciente de urgencia veterinaria. Inicialmente, se consideró un indicador patognomónico de hipoxia sistémica y metabolismo anaeróbico; no obstante, ahora se ha evidenciado que tiene diversas causas, cada una de las cuales necesita un enfoque individualizado (9).

La hiperlactatemia es una emergencia frecuente en el paciente veterinario y siempre debería requerir más estudios para identificar la causa raíz e instaurar el tratamiento apropiado. Es crucial entender que un alto nivel de lactato en el plasma no es dañino en sí mismo y debe ser visto como un mecanismo de protección para mantener la producción de energía celular. No obstante, se ha vinculado la hiperlactatemia persistente con un incremento en la mortalidad, lo que hace que las mediciones reiteradas de lactato en el plasma y las tendencias relativas sean indicadores de pronóstico útiles. También es necesario evaluar meticulosamente las técnicas de muestreo al interpretar estos resultados (11).

2.1.2 Estructura fisiológica del lactato

El proceso de glucólisis es un proceso citosólico que transforma una molécula de glucosa en dos moléculas de piruvato, dos moléculas de ATP y dos moléculas de reducida nicotinamida adenina (NADH). Este procedimiento no está sujeto al oxígeno; no obstante, la conversión extra del piruvato en acetil CoA y ATP necesita de la disponibilidad de oxígeno. En circunstancias hipoxémicas, el piruvato suele acumularse en el citosol y provoca una regulación positiva de la LDH, lo que puede llevar a que el piruvato sobrante se convierta en lactato. Por lo tanto, la molécula de lactato funciona como un almacenamiento de energía que puede transformarse con facilidad en piruvato cuando se restablezca el abastecimiento de oxígeno (12).

Aunque la mayoría de los tejidos del cuerpo tienen la capacidad de producir y metabolizar lactato, los principales generadores de lactato en estado de reposo son el músculo esquelético, el cerebro, el tejido graso y los glóbulos rojos. En situaciones habituales, la cantidad fisiológica de lactato generada por el hígado (60 a 70%), la corteza renal (20 a 30%) y el miocardio (10%) (9). No obstante, estos procesos son saturables y cuando la generación de lactato supera los niveles fisiológicos, se genera una alta concentración de lactato en el plasma.

La hiperlactatemia se caracteriza por tener un lactato presente en suero, plasma o sangre que supera el rango de referencia específico de la especie: más de 2,5 mmol/l en caninos (13; 14) y más de 2 mmol/l en felinos (15; 16).

La hiperlactatemia se ha categorizado en dos grupos extensos: el tipo A, originado por un abastecimiento deficiente de oxígeno, y el tipo B, que ocurre a pesar de un abastecimiento apropiado de oxígeno. La hiperlactatemia de tipo B se clasifica en B1 (vinculada a una patología preexistente), B2 (vinculada a medicamentos y toxinas) y B3 (debido a irregularidades metabólicas congénitas) (9).

El lactato debe ser visto como una molécula crucial para el almacenamiento de energía y, frecuentemente, como un mecanismo de protección que el organismo pone en marcha para mantener la producción energética de las células y disminuir la acidosis mediante la hidrólisis de ATP (9).

No obstante, diversas investigaciones realizadas en perros y gatos han demostrado que los no sobrevivientes suelen presentar un valor de lactato en el plasma superior al momento de su ingreso (17) y, lo que es más relevante, que la hiperlactatemia persistente a pesar del tratamiento está vinculada con un incremento en la mortalidad (18; 19; 20).

Con la aparición de analizadores de lactato en el lugar de atención, que resultan relativamente asequibles y fácilmente accesibles, las mediciones de lactato se están extendiendo en el campo veterinario. Es necesario considerar meticulosamente las técnicas de muestreo y manipulación para conseguir valores consistentes y fiables. Es imprescindible tratar rápidamente las muestras sanguíneas, dado que los glóbulos rojos son los principales generadores de lactato y se ha comprobado que los niveles de lactato se incrementan en un 20% cada hora de almacenaje a temperatura ambiente (16).

Por otro lado, las muestras pueden ser guardadas en hielo o, en caso de ser enviadas a un laboratorio externo, pueden ser guardadas en tubos con fluoruro de sodio, que inhibe las enzimas glicolíticas intracelulares (16).

Además, es necesario prevenir las luchas y la oclusión venosa extendida, dado que ambas pueden incrementar de manera falsa el valor del lactato en el plasma (15).

2.1.3 Dióxido de carbono total (tco2)

En suero o plasma, el dióxido de carbono total se presenta en forma de dióxido de carbono disuelto, carbamino procedente de proteínas, iones de bicarbonato, carbonato y ácido carbónico. El dióxido de carbono total puede ser cuantificado a través de un indicador de pH, un electrodo de CO₂ y técnicas de enzimas espectrofotométricas, las cuales proporcionan resultados precisos y exactos (21; 22).

El procedimiento enzimático es apropiado para ser utilizado en un analizador convencional de química sanguínea sin añadir complejidad. Resulta útil para establecer clínicamente la alcalosis y acidosis metabólica primaria, así como la acidosis y alcalosis respiratoria primaria.

En años recientes, se han realizado significativos hallazgos acerca del rol del dióxido de carbono (CO₂) en el ámbito celular y molecular, así como acerca de los impactos de la hipercapnea (23).

2.1.4 Alteraciones del equilibrio ácido básico

Los procesos metabólicos a nivel intracelular producen compuestos ácidos como resultado de la oxidación de carbohidratos y lípidos. Cuando dicha oxidación es completa, se genera ácido carbónico (H_2CO_3); sin embargo, si el proceso es incompleto, se producen ácidos orgánicos como el ácido láctico, pirúvico, acetoacético y beta-hidroxibutírico, entre otros. Adicionalmente, también se derivan productos ácidos del catabolismo de proteínas.

Asimismo, se generan sustancias que pueden acoger iones H^+ , conocidas como bases, lo que conduce a un equilibrio justo entre la generación de ácidos y bases, lo que facilita un estado normal de neutralidad en los fluidos corporales (24).

El balance ácido-base del cuerpo se logra gracias a la interconexión de tres sistemas:

- Tampones intra y extracelulares, que amortiguan la intensidad de los cambios agudos del equilibrio ácido-base.
- La regulación de las respiraciones, estrechamente vinculada con el sistema anterior.
- La eliminación renal de los ácidos sobrantes. La concentración de iones H^+ presentes en el líquido extracelular se representa por el pH, que oscila entre 7,35 y 7,45; tanto la vida en seres vivos como en seres humanos se desarrolla dentro de límites muy reducidos de Ph (24).

La acidemia se caracteriza por una reducción en el pH de la sangre (o un aumento en la concentración de H^+), mientras que la alcalemia se caracteriza por un incremento en el pH de la sangre (o una disminución en la concentración de H^+).

Las palabras acidosis y alcalosis hacen referencia a todas las circunstancias que suelen reducir o elevar el pH, respectivamente. Estas alteraciones en el pH pueden ser provocadas por las concentraciones en el plasma de la pCO_2 o del bicarbonato.

La acidosis respiratoria (pCO_2 alta) y la alcalosis respiratoria (pCO_2 baja) son las alteraciones primarias de la pCO_2 . Se denominan acidosis metabólica (CO_3H^- bajo) y alcalosis metabólica (CO_3H^- alto) cuando los cambios en la concentración de CO_3H^- son los principales. Con sus correspondientes reacciones metabólicas y respiratorias que buscan mantener el pH estable (24).

La compensación metabólica de los trastornos respiratorios comienza entre 6 y 12 horas y no alcanza su máximo nivel hasta días o semanas después, mientras que la compensación respiratoria de los trastornos metabólicos es más veloz, aunque no alcanza su máximo nivel hasta las 12 a 24 horas.

- **Acidosis láctica**

Condición médica que se caracteriza por la acumulación excesiva de ácido láctico en la sangre, lo que provoca una disminución del pH sanguíneo. Puede ser causada por una producción aumentada de lactato, una disminución de su eliminación, o por una combinación de ambos factores, a menudo relacionada con una falta de oxígeno en los tejidos (25).

- **Acidosis metabólica**

Afección en la que los líquidos corporales tienen un exceso de ácido, lo que provoca que el pH de la sangre sea inferior a 7.35. Esto puede ocurrir porque el cuerpo produce demasiado ácido o porque los riñones no pueden eliminarlo correctamente (10).

- **Adrenérgica**

Se refiere a las neuronas, receptores o sustancias que interactúan con la adrenalina y la noradrenalina (neurotransmisores y hormonas clave en la respuesta del cuerpo al estrés, conocida como "lucha o huida") (26).

- **Aerobia**

Aerobia se refiere a un organismo, proceso o ambiente que requiere oxígeno para vivir o funcionar (27).

- **Alcalosis**

Afección causada por un exceso de base (álcali) en los líquidos corporales, lo opuesto a la acidosis, que se caracteriza por una reducción en la concentración de iones de hidrógeno (28).

- **Acidosis**

La acidosis es una afección en la que hay un exceso de ácido en los fluidos corporales, lo que provoca que el pH de la sangre arterial sea inferior a 7,35. Se clasifica en acidosis metabólica y respiratoria, dependiendo de si el problema se

origina en un desequilibrio metabólico o en una ventilación pulmonar inadecuada (29).

- **Anaerobia**

Se refiere a organismos o procesos que no requieren oxígeno para vivir o funcionar. Se aplica a bacterias, protozoarios y otros organismos capaces de sobrevivir en entornos sin oxígeno (30).

- **Anestesia**

Pérdida temporal de las sensaciones de tacto y dolor producida por un medicamento (31).

- **Aniones**

Es un ion con carga eléctrica negativa, formado cuando un átomo o molécula neutra gana uno o más electrones (32).

- **Braquicéfalo**

Un braquicéfalo es un animal cuyo cráneo es casi redondo, ya que su diámetro mayor excede en menos de un cuarto al menor.

- **Cirugía ortopédica**

Campo de la cirugía cuyo objetivo es resolver diversos trastornos del aparato esquelético y locomotor (o disminuir sus síntomas). Los problemas que trata pueden afectar a los huesos, las estructuras cartilaginosas o las articulaciones (33).

- **Coagulación**

Proceso por el cual la sangre pierde su liquidez y se convierte en un gel para formar un coágulo, lo que detiene el sangrado tras una lesión (34).

- **Dióxido de carbono**

Gas sin color ni olor. Es un producto de desecho producido por el cuerpo. El dióxido de carbono circula en la sangre desde los tejidos del cuerpo hasta los pulmones. La respiración limpia el dióxido de carbono de los pulmones (35).

- **Exámenes prequirúrgicos**

Son un conjunto de evaluaciones médicas que se realizan antes de una cirugía para determinar el estado de salud del paciente, identificar posibles riesgos y optimizar

las condiciones para el procedimiento. Estos exámenes permiten al equipo médico, especialmente al cirujano y al anestesiólogo, tomar decisiones informadas sobre el plan quirúrgico y la anestesia, reduciendo así la probabilidad de complicaciones. La evaluación incluye una historia clínica detallada, un examen físico y, en la mayoría de los casos, análisis de sangre, electrocardiograma y radiografía de tórax, aunque el tipo y la cantidad de pruebas pueden variar según la cirugía y las condiciones de cada paciente (36).

- **Glicolisis aerobia**

La glucólisis es una ruta metabólica que ocurre en el citoplasma de las células. Consiste en la descomposición de una molécula de glucosa de seis carbonos en dos moléculas de piruvato de tres carbonos, generando una pequeña cantidad de ATP y NADH. Este proceso puede ocurrir tanto en presencia de oxígeno (aeróbica) como en su ausencia (anaeróbica), pero la glucólisis por sí misma no requiere oxígeno.

Cuando el oxígeno está presente (condiciones aeróbicas), el piruvato resultante de la glucólisis entra en la mitocondria para ser oxidado completamente en el ciclo de Krebs y la cadena de transporte de electrones, lo que genera una gran cantidad de ATP. Este es el proceso de la respiración celular aeróbica (37).

- **Hiperlactatemia**

Aumento anormal de la concentración de lactato en la sangre. A diferencia de la acidosis láctica, el pH de la sangre se mantiene en un rango normal (38).

- **Hipoperfusión tisular**

Flujo sanguíneo insuficiente que no satisface las necesidades metabólicas de los tejidos, lo que puede causar daño irreversible (39).

- **Hipovolemia**

Disminución anormal del volumen de líquido extracelular en el cuerpo, lo que puede ser causado por la pérdida de sal y agua o una disminución del volumen sanguíneo (40).

- **Hipoxemia celular**

Deficiencia de oxígeno a nivel de los tejidos y las células, lo que impide que funcionen correctamente. A diferencia de la hipoxemia (bajos niveles de oxígeno

en sangre), la hipoxemia celular se centra en la incapacidad de las células para usar el oxígeno, incluso si el suministro sanguíneo es adecuado (41).

- **Hipoxia sistémica**

Reducción del suministro de oxígeno a los tejidos del cuerpo (42).

- **Isquemia**

Disminución del flujo sanguíneo a un órgano o tejido, lo que resulta en un aporte insuficiente de oxígeno y nutrientes. Si esta situación persiste, puede causar daño celular irreversible y la muerte del tejido, un proceso conocido como infarto (43).

- **Lactato sérico**

Marcador biológico que mide la concentración de lactato en la sangre. Se utiliza para evaluar el metabolismo energético y la oxigenación de los tejidos, siendo un indicador de hipoperfusión tisular y un predictor de mortalidad en condiciones críticas como la sepsis y el shock (44).

- **Lactato**

Molécula derivada del piruvato que se genera principalmente en el músculo cuando realiza un ejercicio intenso por el proceso conocido como fermentación láctica (45).

- **Metabolismo aerobio**

Proceso químico que utiliza oxígeno para producir energía a partir de carbohidratos, lípidos y proteínas (46).

- **Metabolismo anaeróbico**

Producción energía sin oxígeno, principalmente mediante la glucólisis y la fermentación (47).

- **Morbimortalidad**

Tasa de muertes por una enfermedad específica en una población y en un periodo determinado. Es un término que combina los conceptos de morbilidad (prevalencia de una enfermedad) y mortalidad (tasa de muertes) (48).

- **Mortalidad**

Es el número de muertes en una población durante un período específico (49).

- **Plasma sanguíneo**

Componente líquido de la sangre, de color amarillento, en el que se encuentran suspendidos los glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas. Representa aproximadamente el 55% del volumen total de la sangre y está compuesto en un 90% por agua, además de proteínas, sales minerales, hormonas y nutrientes que son esenciales para el funcionamiento del organismo (50).

- **Perfusión tisular**

Es el paso de sangre a través del sistema circulatorio hasta los tejidos y órganos. Se considera uno de los parámetros más importantes para evaluar la microcirculación y el suministro de oxígeno. Una perfusión adecuada es esencial para mantener el metabolismo celular y la homeostasis(51).

- **Riesgo quirúrgico**

Probabilidad de que un paciente sufra complicaciones o incluso la muerte durante el período perioperatorio, que incluye la preparación, la cirugía y el postoperatorio. Esta evaluación es crucial para tomar decisiones informadas y mejorar la seguridad del paciente (52).

- **Trombosis**

Es la formación de un coágulo de sangre (trombo) dentro de un vaso sanguíneo, que obstruye total o parcialmente el flujo de sangre. Es un proceso patológico que puede ocurrir en venas (trombosis venosa) o arterias (trombosis arterial) y, si el coágulo se desprende, puede viajar por el torrente sanguíneo y causar una embolia (53).

2.2 Antecedentes de investigación

2.2.1 Análisis de tesis

- **Las concentraciones de glucosa y lactato en el plasma sanguíneo de los caninos durante la primera hora de la operación.**

El procedimiento quirúrgico en animales provoca un estrés quirúrgico-metabólico, resultado de la anestesia y otros procesos durante la intervención quirúrgica, que exige al cuerpo a regular su metabolismo basal. La meta es contrastar los niveles de glucosa y lactato en el plasma sanguíneo de los caninos que han sido operados bajo

anestesia general, estudiando su relación durante la primera hora de la intervención quirúrgica. Se recolectaron muestras de plasma sanguíneo en ayunas de 19 caninos adultos de raza criolla, tanto machos como hembras, que fueron sometidos a diversas intervenciones quirúrgicas bajo anestesia general. Los hallazgos se examinaron mediante el software estadístico IBM SPSS Statistics 23. Los niveles de glucosa (mg/dl) en los pacientes previos a la cirugía, según las medias, muestran valores de $99,47 \pm 14,51$, mientras que aquellos que fueron operados bajo anestesia general, dependiendo del tiempo, presentan los siguientes valores: $91,68 \pm 18,97$, $104,21 \pm 38,09$, $115,31 \pm 34,42$ y $117,15 \pm 30,62$. Se nota una variación estadísticamente relevante ($P < 0,005$). Se observó estrés metabólico en todos los pacientes con un incremento subsiguiente de los niveles de glucosa durante la primera hora del procedimiento quirúrgico, mientras que los niveles de lactato no mostraron cambios relevantes (25).

- **La lactatemia en cuidados veterinarios críticos: fisiopatología y terapia.**

La evaluación del lactato es un examen diagnóstico de gran utilidad, que puede llevarse a cabo junto a la cama. Asiste en la identificación de hipoperfusión (la causa más frecuente de acidosis láctica en especies veterinarias), y posee consecuencias predictivas para la acidosis láctica de tipo A y su manejo. La evaluación del lactato también puede ser beneficiosa para identificar o descartar la existencia de un derrame séptico en diversos derrames cavitarios, y puede tener consecuencias predictivas cuando se cuantifica en líquidos como el LCR tras un traumatismo. En la actualidad, existen escasas investigaciones publicadas en medicina veterinaria, y posiblemente futuras investigaciones definirán aún más el rol del lactato en el diagnóstico y tratamiento de perros y gatos que llegan a la UCI (10)

- **Pronóstico del lactato en gatos que se manifiestan con problemas respiratorios a emergencias**

Las investigaciones que evidencian la eficacia predictiva de la concentración de lactato en el plasma y el aclaramiento de lactato en gatos son restringidas. El propósito de esta investigación fue establecer la utilidad predictiva de la concentración de lactato en el plasma al ingreso y la eliminación de lactato en el plasma en gatos que se presentaron en la sala de emergencia con problemas

respiratorios debido a una enfermedad cardíaca o respiratoria subyacente. Además, se intentó establecer si la concentración de lactato en el plasma al ingreso tenía una relación significativa con la causa de dificultad respiratoria (cardíaca versus respiratoria), el tipo de patología respiratoria y los parámetros vitales. Este estudio retrospectivo incluyó a setenta y un gatos que presentaron problemas respiratorios en la sala de urgencias de un hospital universitario. No se encontró una relación entre la supervivencia, la duración de la internación, los parámetros vitales o la causa de la dificultad respiratoria. En cambio, se encontró una correlación significativa entre la supervivencia y el tiempo de la hospitalización. Aunque se detectó una correlación estadísticamente relevante entre el aclaramiento de lactato y el tiempo de hospitalización, este descubrimiento no tuvo relevancia clínica cuando un incremento en la concentración de lactato en un 1% se relacionó con un prolongamiento de la hospitalización en 11,4 min ($p = 0,035$). Los hallazgos de esta investigación indican que el aclaramiento de lactato podría ser beneficioso pronóstico en este grupo de gatos. Se respaldan investigaciones adicionales que contemplen la mayor cantidad de gatos con una enfermedad cardíaca o respiratoria asociada (26).

- **Evaluación antes y después de la cirugía de la concentración de lactato en 45 canes con dilatación gástrica-vólvulo: una investigación inicial**

Este análisis inicial fue creado para aportar a la valoración de la confiabilidad de la concentración plasmática de lactato (PLC) y su explicación como elementos predictivos y predictivos de la necrosis gástrica y el desenlace clínico de los perros que sufren de dilatación gástrica-vólvulo (GDV). Los propósitos principales de la investigación consistieron en: 1) valorar la confiabilidad predictiva de la PLC en la presentación (T0) en perros con GDV, 2) cotejar los datos y consideraciones recogidos con la bibliografía veterinaria, y 3) poner en evidencia la potencial validez de los valores de PLC a las 24 (T24) y 48 (T48) horas posteriores a la cirugía como factor predictivo. Se realizó una evaluación retrospectiva de los perros con GDV. Se identificaron PLC en T0, T24 y T48, vinculados con la existencia o inexistencia de necrosis macroscópica del estómago y su resultado. Cuarenta y cinco perros satisficieron los requisitos para ser incluidos. No se observaron variaciones importantes en los valores medios del PLC inicial en perros con y sin necrosis de la pared gástrica, así como entre perros que sobrevivieron y los que no sobrevivieron;

estos valores no se vincularon con un incremento en el riesgo de necrosis gástrica o fallecimiento. En los estudios de T24 y T48, no se observaron diferencias relevantes entre la necrosis y la no necrosis, así como entre las categorías de sobrevivientes y no sobrevivientes. Se detectó una mediana en el aclaramiento de la concentración de lactato en el plasma desde el arribo a T24 \geq del 50% en ambos grupos (con y sin necrosis), pero este indicador no logró identificar perros que sobrevivieron hasta el alta. Para concluir, los hallazgos expuestos aquí no consiguieron identificar PLC en T0 y su aclaración en T24 como elementos predictivos en esta población de perros con GDV (27).

- **Analizar retrospectivamente la utilidad predictiva de la concentración plasmática de lactato y realizar mediciones seriadas de lactato en perros y gatos que se presentaron en urgencias (enero 2012 - diciembre 2016): 4863 casos.**

Establecer la relevancia pronóstica de la concentración de lactato en el plasma, la eliminación de lactato en el plasma y el lactato delta en perros y gatos que acuden a una unidad de urgencias (ER). Retrospectiva de estudio. Universitario Hospital Universitario. Un total de 8.321 animales con una concentración de lactato en el plasma medida, incluyendo 4.863 que llegaron a la sala de emergencias, así como 1.529 perros y 444 gatos que realizaron la medición dentro de las 4 horas siguientes a su ingreso. Se realizó una evaluación retrospectiva de la concentración de lactato en el plasma de perros y gatos en un hospital universitario. La hiperlactatemia fue frecuente en perros y gatos que tuvieron una concentración de lactato en el plasma medida dentro de las 4 horas posteriores al ingreso en el centro de urgencias. La prevalencia de hiperlactatemia para perros 78% (361/462) y gatos 67% (78/116) fue más elevada cuando se registró en los primeros 30 minutos tras el ingreso. El paciente presentó una distribución significativamente superior de la concentración de lactato en el plasma en los no supervivientes en comparación con los supervivientes en todos los puntos temporales evaluados (P 0,001). Tanto la eliminación de lactato (P = 0,010) como la eliminación de lactato delta (P = 0,013) mostraron diferencias notables entre los sobrevivientes y los que no sobrevivieron. Un lactato delta superior a 4,5 mmol/L registró un 100% (Intervalo de Confianza del 95%: 95 a 100%) específico para la no supervivencia en pacientes con hiperlactatemia, evaluado dentro de 1 hora desde el ingreso a la sala de urgencia. La hiperlactatemia fue causada principalmente por el shock en perros (24%) y por

afecciones del sistema urinario en gatos (22%). Se encontró una asociación entre el shock y la tasa de mortalidad más elevada tanto en caninos (61%) como en felinos (77%). El aumento de la mortalidad en perros con shock ($P = 0,001$), afecciones respiratorias ($P = 0,022$), diabetes mellitus ($P = 0,018$) y problemas hepáticos ($P = 0,006$). La hiperlactatemia se relacionó con la mortalidad en perros y gatos, cuando se registró en cualquier instante durante las 4 horas siguientes al ingreso a la unidad de urgencias. La evaluación seriada del lactato también puede convertirse en un recurso útil para orientar las decisiones de gestión clínica (28).





3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Localización de estudio

a. Localización espacial

La siguiente investigación se realizó en la ciudad de Arequipa, en la Clínica Veterinaria Diagnovet SAC, ubicada en el distrito de Alto Selva Alegre con dirección Calle Mariscal Benavides Nro. 305 Urb. Selva Alegre, donde se realizó la recolección y análisis de muestras de sangre a 50 pacientes de la especie canina.

b. Localización temporal

La investigación se realizará durante los meses de marzo a diciembre del 2023

3.1.2 Materiales Biológicos

- 50 muestras de sangre venosa de perros que serán sometidos a procedimientos quirúrgicos ortopédicos.

3.1.3 Material de Laboratorio

- Micropipeta 1-10 ul LabMate Soft® Alemania
- Micropipeta 100 – 1000 ul LabMate Soft® Alemania
- Tubos de vacutainer con activador gel /clot tapa amarilla de 5 cc. Almed ® Yull Medical Instrument Co Ltda. China
- Tubos de vacutainer con heparina de litio tapa amarilla de 5 cc. Almed ® Yull Medical Instrument Co Ltda. China
- Tubos de ensayo
- Kit Lactato Spin React® España
- Rotores VetScan V2 de Electrolyte Plus® Abaxis
- Cronómetro
- Equipos de laboratorio
- Baño de maría digital Humman 9® Alemania
- Espectrofotómetro automático SUNNIMED SL120VET ® China

- Centrifuga Clínica Dynac III ® Clay Adams USA
- Vet Scan V”
- Micropipeta VetScan
- Refrigerador.

3.1.4 Material de Campo

- Mandil
- Aguja de vacutainer
- Tubos de vacutainer tapa con activador gel/clot de coágulo
- Caja de transporte de muestras
- Pack de hielo
- Termómetro ambiental
- Ligadura.
- Algodón
- Alcohol 70
- Jeringa 3 cc con aguja 23 x 1

3.1.5 Materiales Digitales

- PC
- Cámara de microscopio
- Cámara fotográfica
- Registro de salud de los perros
- Programa de anotaciones
- Ficha Excel de registro de Lactato y tCO₂

3.2 Métodos

3.2.1 Unidades de estudio

a. Universo

Las muestras fueron extraídas de los pacientes caninos destinados a cirugía ortopédica en las instalaciones de la Clínica Veterinaria Diagnovet Sac, durante los meses de marzo a diciembre del 2023.

b. Tamaño de muestra

Al ser un estudio de tipo descriptivo, se utilizó 50 perros que acuden a consulta y son destinados a cirugía ortopédica en la Clínica Veterinaria Diagnovet SAC a los cuales se les extrajo muestras de sangre.

3.2.2 Formación de unidades experimentales de estudio

Cada perro es una unidad experimental y fue contada como una unidad de estudio.

3.2.3 Estrategia de recolección de datos

- En la etapa del diseño de investigación
- En la etapa de acopio de información
- Análisis de información

3.2.4 Recursos necesarios**a. Humanos**

- Responsable de la Investigación.

b. Financieros

- El monto de los gastos de la investigación fue financiado por el autor de la investigación.

3.2.5 Métodos de evaluación**a. Metodología de la experimentación****a.1 Colección de muestras de sangre por venopunción**

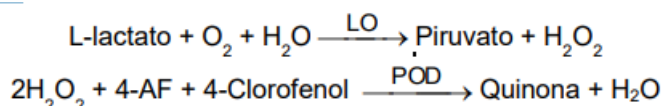
- Se realizó la tricotomía con una rasuradora eléctrica con cuchilla Nro. 40 de la zona correspondiente a la vena cefálica.
- Se realizó la preparación correspondiente con asepsia y antisepsia.
- Se procedió a la ingurgitación venosa con la ayuda de una ligadura.
- Se empleó un catéter n°23 x 1 para canalizar la vena cefálica
- Se fijo el catéter con ayuda de cinta esparadrapo
- Se obtuvo la muestra

Método de análisis

- Para la realización de los análisis, se requirió un volumen mínimo aproximado de 100 μL , utilizando sangre entera heparinizada, plasma heparinizado, suero o material de control.
- El rotor reactivo empleado tiene una capacidad máxima de carga de 120 μL .
- En el caso de la medición de lactato, se utilizaron exclusivamente tubos de extracción al vacío con heparina de litio (identificados con tapón verde), adecuados tanto para sangre total como para plasma.
- Para la determinación de tCO_2 , las muestras fueron recolectadas en tubos sin aditivos (tapón rojo), destinados a la obtención de suero.
- Las muestras de sangre total obtenidas por venopunción fueron homogeneizadas cuidadosamente antes de ser transferidas al rotor reactivo.
- Se invirtió el tubo varias veces con movimientos suaves justo antes de la transferencia, evitando agitación brusca, ya que esto podría inducir hemólisis.
- El análisis de sangre entera se realizó dentro de los 60 minutos posteriores a la recolección.
- Analizamos la muestra de suero separada, en un lapso máximo de 5 horas tras la centrifugación. En caso de que el análisis no pudiera efectuarse en ese intervalo, la muestra debe de ser almacenada en refrigeración, a temperaturas de entre 2 y 8 $^{\circ}\text{C}$, en tubos cerrados, durante un periodo no mayor a 48 horas
- El procedimiento analítico debía comenzar en los primeros 10 minutos después de transferir la muestra al rotor de reactivos.
- La medición de la concentración de tCO_2 es más exacta cuando se realiza de forma inmediata tras la apertura del tubo, y preferentemente poco tiempo después de la recolección y procesamiento de la muestra, manteniéndose el tubo cerrado hasta el momento del análisis. Esto se debe a que el aire ambiente posee una concentración significativamente menor de dióxido de carbono en comparación con el plasma, lo que provoca que el CO_2 disuelto en la muestra tienda a difundirse hacia el exterior. Como consecuencia, puede producirse una disminución del valor del CO_2 de hasta 6 mmol/L en el transcurso de una hora.

a.2 Determinación del Lactato

El lactato es transformado en piruvato y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) mediante la acción de la enzima lactato oxidasa (LO). Posteriormente, en presencia de peroxidasa (POD), 4-aminofenazona (4-AF) y 4-clorofenol, el peróxido generado participa en una reacción que da lugar a la formación de un compuesto de tipo quinona de color rojo.



La intensidad del color generado en la reacción es directamente proporcional a la concentración de lactato presente en la muestra analizada (54).

Procedimiento

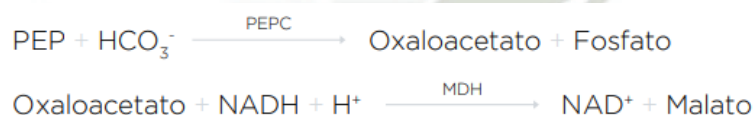
- Para la preparación del reactivo de trabajo (RT), se reconstituyó el contenido de un vial de R2 (enzimas) con 10 mL de R1 (tampón).
- Posteriormente, el vial fue cerrado y mezclado suavemente hasta lograr la disolución completa del contenido. El reactivo reconstituido se mantuvo estable durante un mes bajo refrigeración (entre 2 y 8°C) o por una semana a temperatura ambiente (15–25°C).
- El plasma fue almacenado en refrigeración y se separó de los elementos celulares dentro de los primeros 15 minutos posteriores a la extracción, con el fin de evitar la conversión de glucosa en lactato por el metabolismo celular.
- Una vez separado, el lactato permaneció estable en el plasma por un período de hasta 8 horas a temperatura ambiente (20–25°C) y hasta 14 días bajo refrigeración (2–8°C).
- Las condiciones del ensayo se establecieron de la siguiente manera: longitud de onda de 505 nm (rango aceptable de 490 a 550 nm), cubeta con un paso de luz de 1 cm, y temperatura de trabajo entre 37°C o, alternativamente, 15–25°C.
- Antes del análisis, el espectrofotómetro fue calibrado en cero utilizando agua destilada como referencia.

a.3 Pipeteamos en una cubeta

- Se procedió a mezclar e incubar las muestras durante 5 minutos a una temperatura de 37 °C, o alternativamente durante 10 minutos a temperatura ambiente (15–25 °C).
- Posteriormente, se midió la absorbancia (A) tanto del patrón como de la muestra, utilizando el blanco del reactivo como referencia.
- El color generado en la reacción mostró estabilidad durante al menos 30 minutos, permitiendo una lectura confiable en ese intervalo de tiempo.

a.4 Determinación de Dióxido de Carbono Total (T CO₂)

- En el método enzimático utilizado para la determinación de tCO₂, la muestra es inicialmente alcalinizada con el fin de transformar todas las formas presentes de dióxido de carbono (CO₂) en bicarbonato (HCO₃⁻). Posteriormente, el bicarbonato reacciona con el fosfoenolpiruvato (PEP) en presencia de la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPC), generando oxalacetato y fosfato inorgánico. Luego, la malato deshidrogenasa (MDH) cataliza la conversión del oxalacetato, en presencia de nicotinamida adenina dinucleótido reducido (NADH), a malato y NAD⁺. La velocidad de disminución de la absorbancia, producto de la oxidación de NADH a NAD⁺, es directamente proporcional a la concentración de tCO₂ en la muestra analizada.



Procedimiento

- Los rotores reactivos pudieron utilizarse de forma inmediata tras ser retirados del refrigerador, sin necesidad de alcanzar temperatura ambiente antes del uso.
- Abrimos la bolsa de almacenamiento hermética, se extrajo el rotor con cuidado, evitando el contacto con el anillo del código de barras ubicado en su parte superior.

- Para el análisis, se emplearon aproximadamente 100 μL de muestra, pudiendo ser sangre entera heparinizada, plasma heparinizado, suero o material de control.
- La cámara de muestra del rotor tiene una capacidad máxima de 120 μL .
- Las muestras de sangre total o plasma fueron recolectadas únicamente en tubos tratados con heparina de litio (tapón verde).
- Para las muestras de suero se obtuvieron utilizando tubos sin aditivos (tapón rojo) o tubos separadores de suero (tapón rojo o rojo/negro).
- Las muestras de sangre entera obtenidas por venopunción, deberán ser homogéneas antes de transferir una muestra al rotor de reactivo.
- Los tubos se invirtieron suavemente en varias ocasiones justo antes de realizar la transferencia.
- No se agitó enérgicamente el tubo, ya que esta acción puede inducir hemólisis.
- El procesamiento de muestras de sangre entera debía realizarse dentro de los 60 minutos posteriores a su obtención. En caso de no poder cumplir este tiempo, la muestra fue separada y transferida a un tubo de ensayo limpio para su conservación y posterior análisis (35)
- Las muestras de plasma separado o suero fueron analizadas dentro de las cinco horas posteriores a la centrifugación. En los casos en que no fue posible realizar el análisis en ese lapso, las muestras fueron almacenadas en tubos de ensayo tapados, bajo refrigeración a una temperatura entre 2 y 8 $^{\circ}\text{C}$ (36–46 $^{\circ}\text{F}$), por un periodo máximo de 48 horas.
- Alternativamente, las muestras de plasma o suero pudieron conservarse congeladas a -10°C (14 $^{\circ}\text{F}$) por un máximo de cinco semanas, siempre que el congelador no contara con un ciclo de auto-descongelación.
- El procedimiento analítico se inició dentro de los primeros 10 minutos posteriores a la transferencia de la muestra al rotor reactivo.
- Para asegurar una mayor precisión en la medición de dióxido de carbono total (tCO_2), el ensayo se realizó inmediatamente tras la apertura del tubo y, en lo posible, poco tiempo después de la extracción y el procesamiento de la muestra manteniéndola sellada. Esto se debe a que el aire ambiente contiene una concentración significativamente menor de CO_2 que el plasma, lo cual

favorece la pérdida del dióxido de carbono disuelto desde la muestra hacia el medio ambiente. Como consecuencia, puede producirse una disminución de hasta 6 mmol/L en la concentración de tCO₂ en el transcurso de una hora (36).

3.2.6 Número de evaluados

- 50 muestras de suero de perros que asisten a consulta médico-quirúrgica en la Clínica Veterinaria Diagnovet SAC.

a. Parámetros evaluados

Se evaluó:

- Valor de Lactato en suero sanguíneo.
- Valor de tCO₂ en plasma sanguíneo.

3.2.7 Variables de Respuesta

Al ser un estudio descriptivo, se evaluará una variable.

Variable	Indicador	Sub Indicador	Técnica	Instrumento
Determinación del Lactato y Dióxido de carbono total como pre quirúrgicos en la cirugía ortopédica de caninos.	Lactato	≤ 0,5 mmol/L	Espectrofotometría UV Vis	Espectrofotómetro
		0.5 a 2.5 mmol/L		
	tCO ₂	≥ 2..5 mmol/L		
		Alcalosis metabólica	Espectrofotometria UV Vis VetScan	VetScan V2
		Acidosis metabólica primaria		
		12 – 27 mmol/L		
		Alcalosis respiratoria		
		Acidosis respiratoria primarias.		

Esta es la cantidad total de CO₂, y es la suma de HCO₃⁻ y PCO₂ mediante la fórmula:

tCO₂ = [HCO₃⁻] + a * PCO₂, donde a = 0.226 mmol/kPa, HCO₃⁻ se expresa en concentración milimolar (mM) (mmol/l) y PCO₂ se expresa en kPa.

3.3 Evaluación Estadística

3.3.1 Diseño Experimental

El presente estudio corresponde a un diseño de tipo observacional. Cada perro fue considerado como una unidad experimental individual, y se le asignó una unidad observacional compuesta por los valores obtenidos de lactato y dióxido de carbono total (tCO_2).

3.4 Análisis Estadístico

Los datos obtenidos fueron inicialmente sometidos a una evaluación de normalidad mediante la prueba de bondad de ajuste de Shapiro-Wilks (SW). Posteriormente, se realizó un análisis descriptivo basado en la distribución de frecuencias, incluyendo frecuencia relativa (FR), frecuencia relativa acumulada (FRAC), frecuencia absoluta (FA) y frecuencia absoluta acumulada (FAA). Se calcularon también medidas de tendencia central y de dispersión, tales como la media, mediana, desviación estándar, coeficiente de variación, asimetría, curtosis, error estándar y los cuartiles Q1 y Q3.

Con base en estos resultados, se procedió a realizar análisis inferenciales, específicamente una comparación de dos muestras mediante la prueba T para muestras pareadas. Los resultados obtenidos fueron representados mediante figuras de dispersión (puntos) y diagramas de caja. Todo el procesamiento y análisis estadístico fue llevado a cabo utilizando el software Infostat versión 2020.



4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Cuadros de Resultados

El presente estudio desarrolla un proceso de revisión, interpretación y análisis sustentado tanto en los fundamentos teóricos como en el problema de investigación planteado. La metodología se describe de manera precisa, abarcando los procedimientos de recolección, procesamiento y análisis de datos, así como las estrategias implementadas durante la ejecución del trabajo.

El enfoque principal se orientó a la determinación de los valores de lactato y dióxido de carbono total (tCO_2) en sangre venosa de caninos programados para cirugía ortopédica en la Clínica Veterinaria Diagnovet SAC. Estos parámetros constituyen indicadores clínicos de relevancia, ya que permiten evaluar el estado ácido-base, la perfusión tisular y la oxigenación, factores determinantes en la estabilidad metabólica y fisiológica del paciente quirúrgico.

Las muestras sanguíneas se obtuvieron mediante venopunción en la vena cefálica, siguiendo protocolos de bioseguridad y asepsia que garantizan la confiabilidad del procedimiento. El análisis de los parámetros bioquímicos se realizó por espectrofotometría, técnica que asegura sensibilidad y exactitud en la cuantificación de metabolitos sanguíneos.

En cuanto al tratamiento estadístico, se aplicó la prueba T para muestras pareadas, con el propósito de evaluar diferencias significativas en los valores obtenidos, asegurando un análisis robusto y adecuado al tamaño muestral del estudio. La elección de esta prueba responde a la necesidad de comparar mediciones intraindividuales bajo condiciones similares, lo que fortalece la validez de las conclusiones.

Los resultados fueron contrastados con investigaciones previas reportadas en la literatura científica, lo que permitió establecer concordancias y discrepancias en relación con estudios afines. Asimismo, se procedió a la sistematización de los datos mediante matrices, conteos, cálculos estadísticos y análisis cuantitativo, garantizando la objetividad y replicabilidad del estudio.

Finalmente, la discusión integró los hallazgos empíricos con los marcos teóricos y clínicos, permitiendo extraer conclusiones aplicables a la práctica veterinaria y aportando evidencia que contribuye a la optimización de protocolos anestésicos y prequirúrgicos en caninos sometidos a procedimientos ortopédicos.

4.1.1 Determinación de los valores de lactato en muestras de sangre venosa de perros

Tabla 1.

Muestra los valores de lactato obtenidos de las muestras de sangre venosa en perros

N°	Valor Lactato (mmol/l)	N°	Valor Lactato (mmol/l)
01	0.60	26	1.60
02	0.80	27	1.70
03	1.90	28	1.50
04	1.60	29	1.60
05	1.80	30	1.90
06	0.70	31	1.70
07	1.50	32	1.50
08	1.90	33	1.80
09	1.40	34	1.60
10	1.60	35	1.60
11	1.90	36	1.50
12	1.80	37	0.60
13	1.40	38	1.90
14	1.20	39	1.60
15	1.70	40	0.60
16	1.40	41	1.40
17	1.80	42	2.00
18	1.50	43	2.60
19	1.80	44	2.10
20	0.90	45	2.20
21	2.70	46	1.30
22	1.80	47	3.10
23	1.10	48	2.90
24	0.70	49	3.50
25	1.50	50	3.30

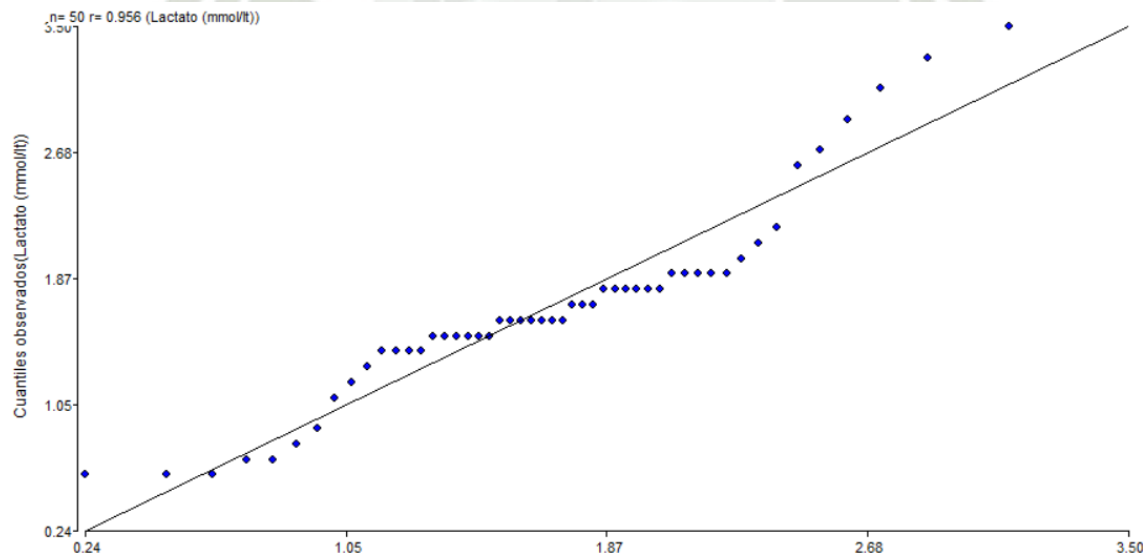
En la tabla 1, podemos ver los valores de lactato obtenidos de las muestras de sangre venosa en perros (n=50), estos pueden variar ligeramente dependiendo del laboratorio y del método analítico empleado; sin embargo, en condiciones basales suelen encontrarse en un rango de 0.5 a 2.5 mmol/L. Valores superiores a este rango pueden ser indicativos de hipoxia o hipoperfusión tisular, considerándose elevados cuando superan los 2.5 a 3.0 mmol/L (CUAS Veterinaria, 2025).

De acuerdo a lo publicado por Duarte et al., 2019 (39), durante años, se ha reconocido que las concentraciones elevadas de lactato constituyen un indicador confiable de alteraciones en la perfusión tisular, especialmente en pacientes que se encuentran en estado de choque. Niveles altos de lactato se asocian con efectos adversos significativos, incrementando tanto la morbilidad como la mortalidad. Asimismo, se ha demostrado que el manejo terapéutico orientado en función de los niveles de lactato mejora considerablemente las probabilidades de supervivencia del paciente.

La presencia y la magnitud de la hiperlactatemia en el momento de la presentación en la sala de emergencias pueden ayudar a identificar a los perros y gatos con alta probabilidad de mortalidad intrahospitalaria, y la presencia de acidosis láctica específicamente puede ayudar a identificar a los perros con un riesgo aún mayor de mortalidad intrahospitalaria.

Figura 1.

Qq-plot de los valores de lactato de muestras de sangre venosa de perros



Según la figura 1, podemos ver al analizar gráficamente la normalidad mediante el gráfico QQ-Plot, que los datos de los valores de lactato manifiestan una distribución ligeramente normal, ya que el valor de $r = 0.956$ el cual es ligeramente superior al punto de corte de 0,95.

Tabla 2.

Prueba de bondad de ajuste de los valores de lactato de muestras de sangre venosa de perros

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Lactato (mmol/lt)	50	1.68	0.64	0.90	0.0030

Al analizar la tabla 2, Se observó que el valor de p obtenido fue inferior a 0.05, lo cual, según la prueba de bondad de ajuste, indica que los datos no siguen una distribución normal. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0), ya que existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que los datos no provienen de una población con distribución normal. Aunque el valor de W obtenido fue de 0.90 —cercano a 1, lo que podría sugerir cierta normalidad— el valor de $p = 0.0030$ está por debajo del umbral de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), confirmando así el rechazo de H_0 .

Tabla 3.

Medidas de resumen de los valores de lactato de muestras de sangre venosa de perros

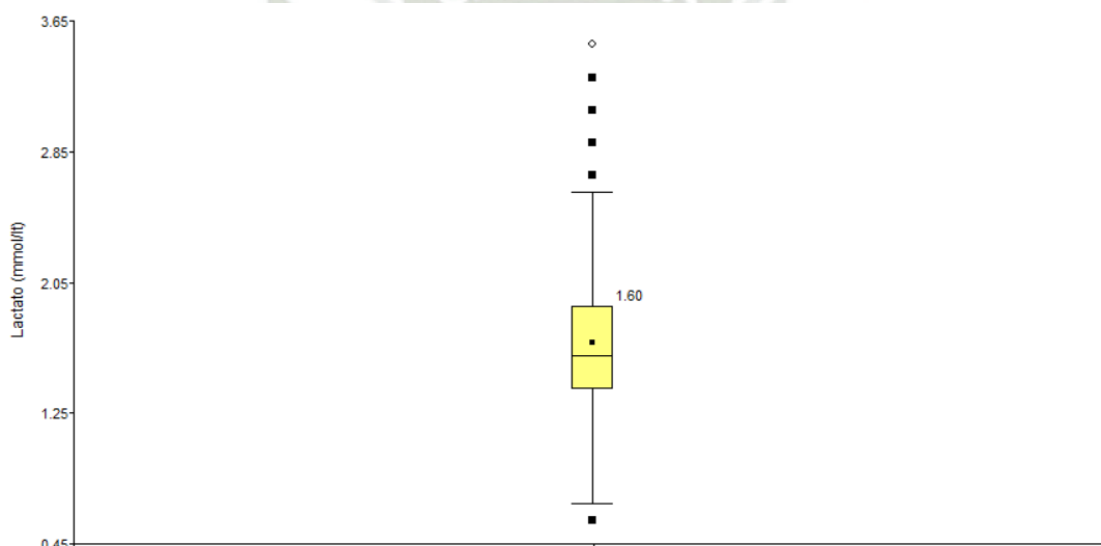
Resumen	Lactato (mmol/lt)
n	50.00
Media	1.68
D.E.	0.64
Var (n-1)	0.41
Var (n)	0.41
E.E.	0.09
CV	38.24
Mín	0.60
Máx	3.50
Mediana	1.60
Q1	1.40
Q3	1.90
Suma	84.10
Suma Cuad.	161.73
Asimetría	0.77
Kurtosis	1.03

Al interpretar la tabla 3, podemos ver que al analizar el lactato obtuvimos una media de 1,68 mmol/l +/- 0.64 mmol/l, estos valores promedio se encuentran en los rangos considerados por la literatura, según lo señala Saint-Pierre et al, 2022 (28), los cuales hallaron en perros adultos

sanos, un de lactato sérico son de 0,3 a 2,5 mmol / l. Sin embargo, en nuestros resultados podemos ver valores por encima de 2,5 mmol/l, recordando que un aumento de 3 a 5 mmol/l se considera leve incremento; 5 a 8 mmol/l, se considera un aumento moderado, y un incremento mayor a 8 mmol/l se considera un marcado aumento en la concentración de lactato en la sangre. Es probable que este aumento se deba a que las metodologías laboratoriales cada vez mejorar en su sensibilidad y especificidad.

Figura 2.

Box-plot de los valores de lactato de muestras de sangre venosa de perros



Al interpretar la figura 2, de caja y bigotes, podemos ver que los datos de los valores de lactato, tienen una ligera dispersión, ya que la media de 1.68 mmol/l está alejada de la mediana de 1.60 mmol/l, y que existe la presencia de datos atípicos, los cuales en el caso de los valores mayores coinciden con aquellos superiores al valor máximo considerado normal de 2,5 mmol/l; es decir a los que presentan hiperlactatemia.

Tabla 4.**Distribución de frecuencias de los valores de lactato de muestras de sangre venosa de perros**

Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
Lactato (mmol/lt)	1	[0.60	1.18]	0.89	8	0.16	8	0.16
Lactato (mmol/lt)	2	(1.18	1.76]	1.47	22	0.44	30	0.60
Lactato (mmol/lt)	3	(1.76	2.34]	2.05	14	0.28	44	0.88
Lactato (mmol/lt)	4	(2.34	2.92]	2.63	3	0.06	47	0.94
Lactato (mmol/lt)	5	(2.92	3.50]	3.21	3	0.06	50	1.00

En la tabla 4, se presenta la distribución de frecuencias de los valores de lactato, las cuales se distribuyeron según la regla de Sturges en 5 clases, correspondiendo las 3 primeras a valores considerados normales y las 2 últimas clases a valores que indican hiperlactatemia.

Por lo tanto, de las 50 muestras evaluadas, 6 presentan valores que se consideran altos, indicando un riesgo. Aunque actualmente existe poca evidencia que respalde el uso de la concentración plasmática de lactato como un indicador pronóstico en perros y gatos con lesión cerebral traumática, su medición podría tener un valor clínico relevante. Dado que muchos de estos pacientes presentan estados de shock, las determinaciones seriadas de lactato plasmático podrían ser útiles como herramienta de monitoreo para guiar el proceso de resucitación y evaluación de la respuesta terapéutica (42).

En personas, numerosos estudios en diferentes poblaciones de pacientes críticos han demostrado el valor pronóstico de los niveles de lactato (26; 27).

En algunos casos, una sola medición de los niveles de lactato se asoció con un pronóstico de supervivencia (43).

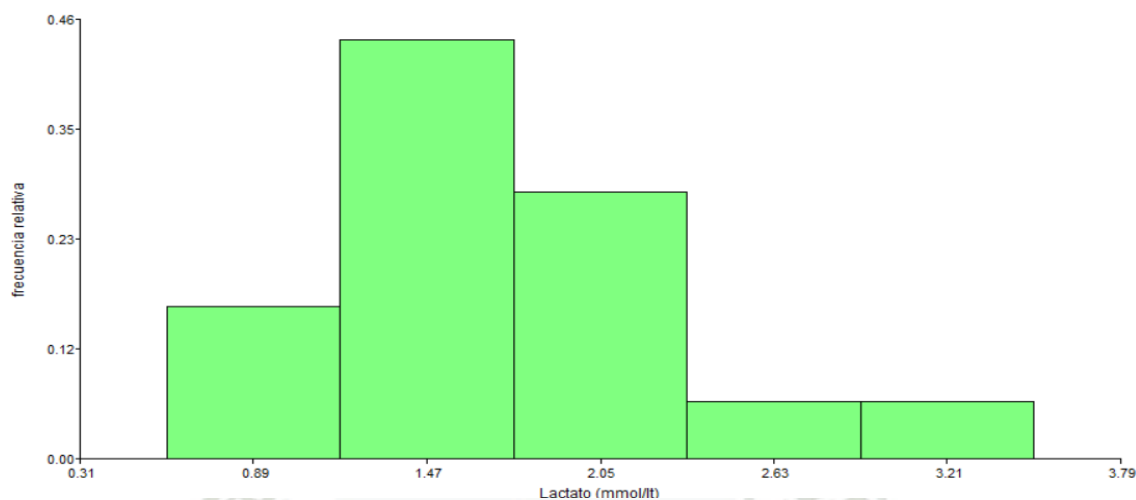
Sin embargo, otros estudios no han encontrado diferencias significativas en los niveles de lactato entre sobrevivientes y no sobrevivientes en la presentación inicial, y los niveles de lactato disminuidos (horas a días después de la presentación) en respuesta a la terapia proporcionaron una mejor predicción del resultado (45; 47; 48; 49; 50).

Las poblaciones de pacientes estudiadas incluyeron pacientes quirúrgicos críticos y aquellos con shock séptico. Además, los parámetros hemodinámicos no deben ignorarse, ya que el uso de los niveles de lactato junto con la evaluación de la presión arterial sistémica y/o la evaluación

del estado ácido-base han demostrado en algunos estudios predecir con mayor precisión el resultado que los niveles de lactato solos (46; 47; 49; 45).

Figura 3.

Histograma de los valores de lactato de muestras de sangre venosa de perros



En la figura 3, vemos la dispersión del histograma hacia la derecha, con una ligera tendencia descentrada, en cuanto a la variación es pequeña, finalmente el proceso se comporta muy cercano a una distribución normal.

Recientemente en el 2024, una investigación de Han Sei-Myoung (55), señala que el lactato es un subproducto normal del uso de energía, y su concentración en la sangre es una medida del metabolismo anaeróbico en el cuerpo. Los niveles elevados de lactato (hiperlactatemia) son causados principalmente por disminuciones sistémicas y locales en el flujo sanguíneo hacia las células. El lactato se utiliza comúnmente para indicar hipoperfusión tisular en la insuficiencia cardíaca y en tromboembolia aórtica o pulmonar. Por lo tanto, el nivel de lactato en sangre se reconoce como un indicador pronóstico y objetivo terapéutico en pacientes de emergencia humanos y veterinarios.

4.1.2 Determinación de los valores de tCO₂ en muestras de sangre venosa de perros.

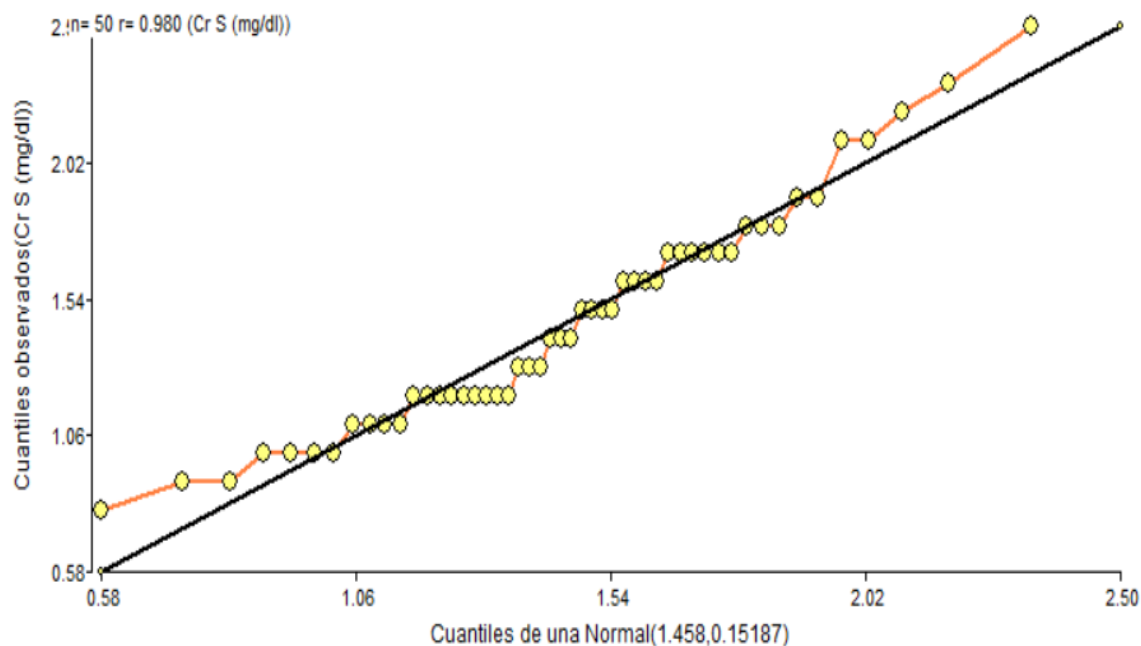
Tabla 5.

Valores de tCO₂ en muestras de sangre venosa de perros

N°	Valor tCO ₂ (mmol/l)	N°	Valor tCO ₂ (mmol/l)
01	6	26	18
02	11	27	19
03	22	28	12
04	17	29	12
05	20	30	22
06	9	31	19
07	14	32	16
08	25	33	19
09	13	34	17
10	19	35	17
11	21	36	12
12	20	37	6
13	15	38	21
14	14	39	14
15	20	40	7
16	19	41	14
17	20	42	22
18	13	43	27
19	20	44	22
20	11	45	24
21	29	46	12
22	24	47	32
23	19	48	29
24	10	49	36
25	16	50	31

En la tabla 5, muestra los valores de tCO₂ obtenidos de las muestras de sangre venosa en perros (n=50).

En la tabla 5, podemos ver los valores de tCO₂ obtenidos en los análisis realizados, los cuales están entre un rango de 6 y 36 mmol/l, por lo cual la mayoría de valores que se encuentran en los rangos reportados, ya que la literatura reporta como valores normales de 18 a 33 mmol/l

Figura 4.**QQ-plot, de los valores de tCO2 en muestras de sangre venosa en perros**

Según la figura 4, podemos ver y analizar gráficamente la normalidad mediante el gráfico QQ-Plot, que los datos de los valores de tCO2 manifiestan una distribución normal, ya que el valor de $r = 0.980$, el cual es ligeramente superior al punto de corte de 0,95.

Según la figura Cuantil-Cuantil (QQ-Plot) presentado en la figura 4, se puede evaluar visualmente la proximidad de la distribución de los datos respecto a una distribución normal teórica. En esta figura, los puntos se alinean de manera cercana a la línea de referencia, lo que sugiere una aproximación razonable a la normalidad. Además, el coeficiente de correlación R obtenido fue de 0,980, valor superior al umbral de 0,95, lo cual refuerza la evidencia de una distribución aproximadamente normal.

Tabla 6.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks de los valores de tCO₂ en sangre venosa en perros

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
tCO ₂ (mmol/l)	50	18.14	6.65	0.96	0.4046

La tabla 6, representa la prueba de normalidad de Shapiro – Wilks de los valores obtenidos de tCO₂ de la muestra de sangre venosa en perros.

Según los resultados de la prueba estadística de normalidad aplicada a los valores de tCO₂, se determinó que los datos provienen de una población con distribución normal. En este análisis, el estadístico W obtenido fue de 0,96, valor cercano a 1, lo cual respalda la hipótesis de normalidad. Además, el valor de p fue de 0,4046, superior al nivel de significancia de 0,05. Por lo tanto, no se encontró evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula (H₀), lo que indica que los datos presentan una distribución compatible con la normalidad.

Tabla 7.

Medidas de resumen de los valores de tCO₂ de muestras de sangre venosa de perros.

Resumen	tCO ₂ (mmol/l)
n	50.00
Media	18.14
D.E.	6.65
Var (n-1)	44.29
Var (n)	43.40
E.E.	0.94
CV	36.69
Mín	6.00
Máx	36.00
Mediana	19.00
Q1	13.00
Q3	22.00
Suma	907.00
Suma Cuad.	18623.00
Asimetría	0.45
Kurtosis	0.07

La tabla 7, representa las medidas de resumen de los valores obtenidos de $t\text{CO}_2$ de muestra de sangre venosa en perros.

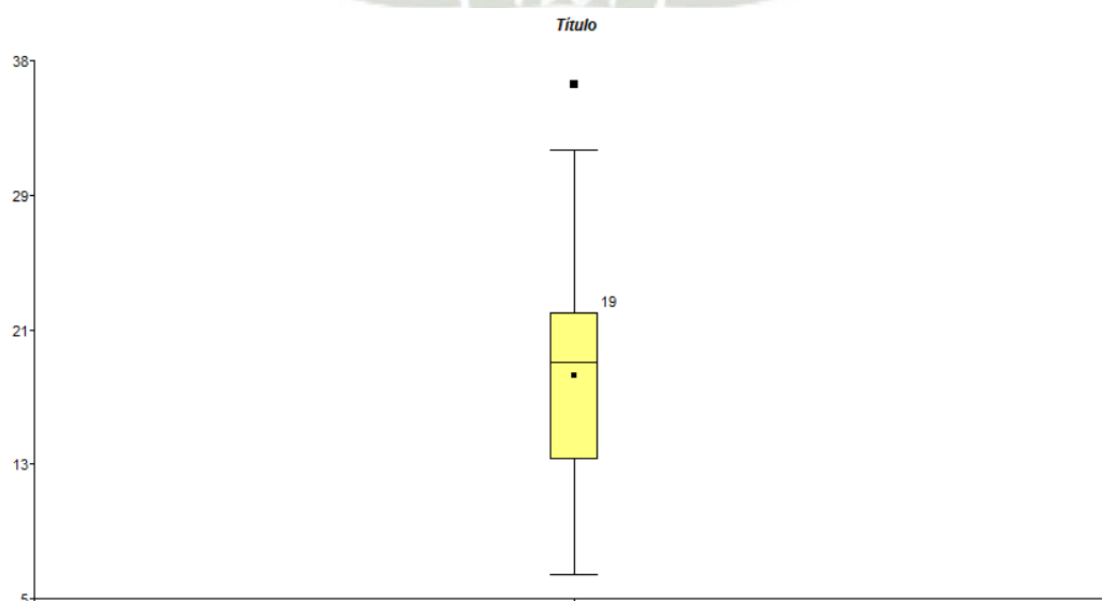
Al interpretar la tabla 7, podemos ver que al analizar el $t\text{CO}_2$ obtuvimos una media de 18.14 mmol/l +/- 6.65 mmol/l, estos valores promedio se encuentran en los rangos considerados por la literatura para perros de 17-24 mmol/l.

Nuestros resultados es muy probable que sean uno de los primeros en reportarse para estudios en el Perú, ya que antes estaban restringidos a Universidades y estudios en el extranjero por la necesidad de equipamiento adecuado, sin embargo, en la actualidad están más accesibles al profesional veterinario, y las posibles variaciones podrían deberse desde la colección y almacenaje de las muestras como a los protocolos de procesamiento de dichas muestras en los diferentes equipos de análisis.

Las posibles variaciones quizás se deban al manejo incorrecto de colección de la muestra de sangre, concordando con lo manifestado por James et al. (56), quien señala que el llenado insuficiente de los tubos de extracción de sangre da como resultado una falsa disminución en el suero [TCO_2], lo que puede contribuir en parte a las discrepancias entre los análisis de gases en sangre y químicos como estimaciones de la concentración de bicarbonato plasmático. Esto, y otros efectos in vitro de la manipulación y recolección de muestras, pueden resultar en una evaluación falsa de la acidosis metabólica en perros y gatos (56).

Figura 5.

Box-plot de los valores de $t\text{CO}_2$ de muestras de sangre venosa de perros.



Al interpretar la figura 5, de caja y bigotes, podemos ver que los datos de los valores de tCO_2 , tienen una muy ligera dispersión, ya que la media de 18.14 mmol/l está alejada de la mediana de 19.00 mmol/l, y que existe la presencia de un dato atípico, el cual, su valor mayor coincide con aquellos indicados como superiores al valor máximo considerado normal de 24 mmol/l; es decir a los que presentan aumento del dióxido de carbono total en sangre venosa manifestando hipercapnia.

Tabla 8.

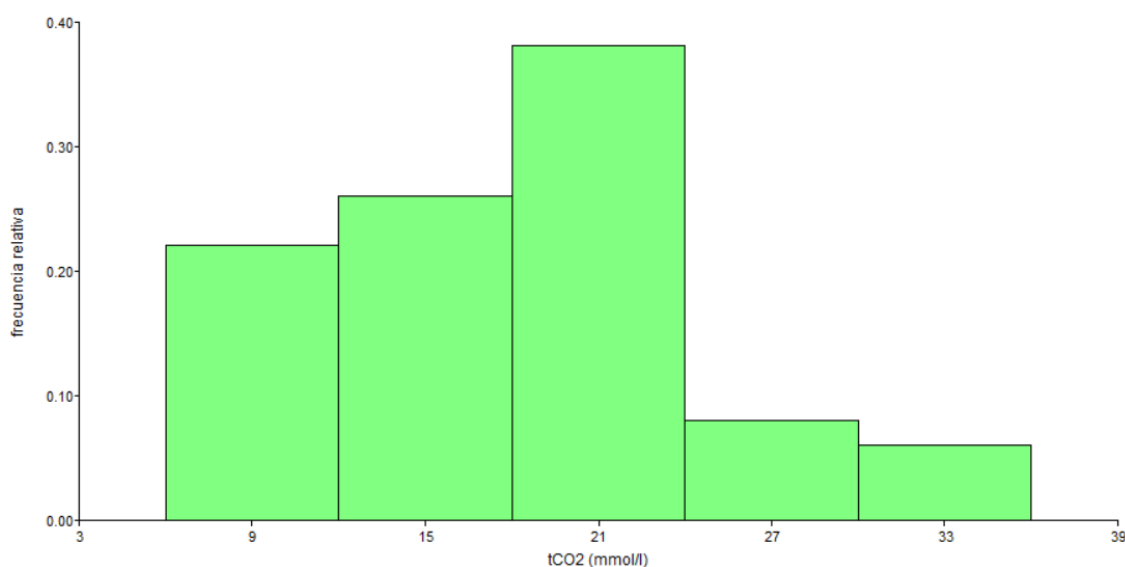
Distribución de frecuencias de los valores de tCO_2 de muestras de sangre venosa de perros.

Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
tCO_2 (mmol/l)	1	[6.00	12.00]	9.00	11	0.22	11	0.22
tCO_2 (mmol/l)	2	(12.00	18.00]	15.00	13	0.26	24	0.48
tCO_2 (mmol/l)	3	(18.00	24.00]	21.00	19	0.38	43	0.86
tCO_2 (mmol/l)	4	(24.00	30.00]	27.00	4	0.08	47	0.94
tCO_2 (mmol/l)	5	(30.00	36.00]	33.00	3	0.06	50	1.00

En la tabla 8, se presenta la distribución de frecuencias de los valores de tCO_2 , las cuales se distribuyeron según la regla de Sturges en 5 clases, correspondiendo las 3 primeras a valores considerados normales y las 2 últimas clases a valores que indican aumento del dióxido de carbono total en sangre venosa con la consecuente hipercapnia.

Por lo tanto, de las 50 muestras evaluadas, 7 presentan valores que se consideran altos, indicando un riesgo. El dióxido de carbono (tCO_2) constituye un parámetro clínico de gran relevancia en el diagnóstico, monitoreo y tratamiento de diversas patologías potencialmente graves, especialmente aquellas relacionadas con alteraciones en el equilibrio ácido-base del organismo.

Nuestros valores obtenidos en la presente investigación, de acuerdo a lo señalado por Kraut et al. (57), si bien se encuentran entre los límites de los valores de TCO sérico [TCO_2] notificados por los laboratorios clínicos a menudo son excesivamente amplios y no concuerdan con el rango de normalidad esperado en individuos sanos al nivel del mar. Sugerimos que los límites de la normalidad de la sueroidad [TCO_2] al nivel del mar se ajustará a 23-30 mEq/L. Dicha corrección asegurará el reconocimiento de la mayoría de los trastornos ácido-base "ocultos" (58).

Figura 6.**Histograma de los valores de tCO₂ de muestras de sangre venosa de perros.**

En la figura 6, vemos la dispersión del histograma hacia la izquierda, con una ligera tendencia descentrada, en cuanto a la variación es muy pequeña, finalmente el proceso se comporta como una distribución normal.

Debemos tener en cuenta, que en la presente investigación que las probables variaciones de los valores, podrían deberse según lo señalado por Kraut (58) a que el nivel sérico medio [TCO₂] fue ligeramente mayor en hombres que en mujeres, $26,6 \pm 2,16$ mEq/L vs. $25,0 \pm 2,11$ mEq/L ($p < 0,05$). El noventa y uno por ciento de los valores de los pacientes estaban dentro del rango propuesto de 23-30 mEq/L y el 61,7% estaban dentro del rango de 24-27 mEq/L. Estos hallazgos validan nuestra propuesta de que el rango de referencia de suero [TCO₂] en sangre venosa a nivel del mar se reduzca a 23-30 mEq/L. Los sujetos con suero [TCO₂] fuera de este rango podrían requerir evaluación con una gasometría venosa para excluir la presencia de trastornos ácido-base clínicamente importantes (57).

4.1.3 Relación de los valores de lactato y tCO₂ en muestras de sangre venosa de perros.

Una vez determinados los valores de lactato y de tCO₂ en sangre venosa de perros, establecimos la relación de estos dos valores.

Tabla 9. Correlación entre S de los valores de lactato y tCO₂ de muestras de sangre venosa de perros.

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

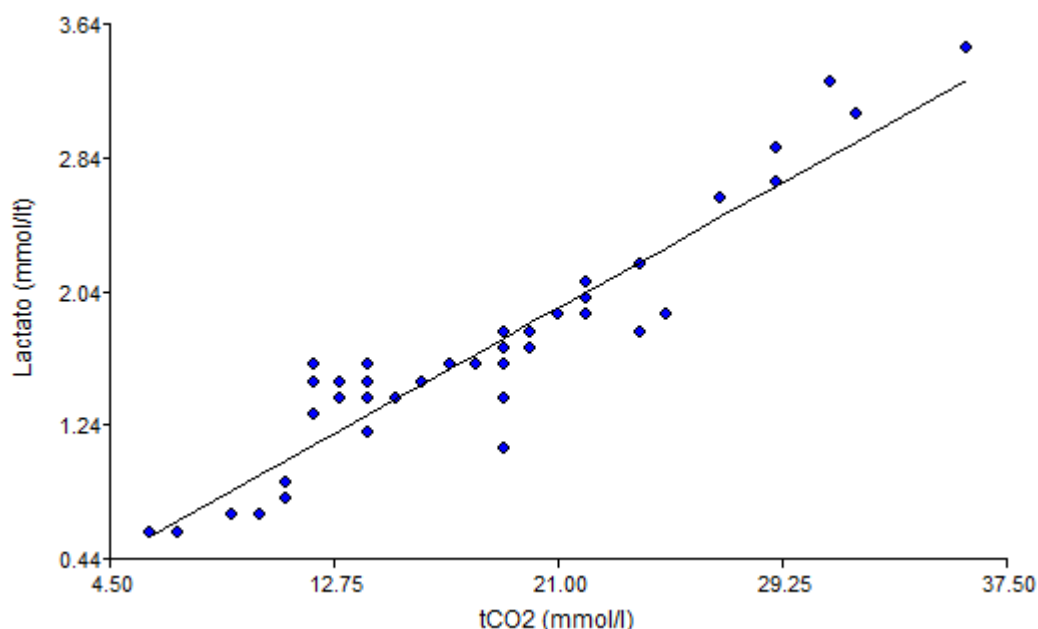
	Lactato (mmol/l)	tCO ₂ (mmol/l)
Lactato (mmol/l)	1.00	0.00
tCO ₂ (mmol/l)	0.94	1.00

La tabla representa la correlación entre los valores obtenidos de Lactato y tCO₂ de la muestra de sangre venosa en perros.

De acuerdo a la correlación de Pearson, podemos evidenciar que existe una muy fuerte asociación entre los valores de lactato y los de tCO₂.

Figura 7.

Disperso grama de los valores de lactato y tCO₂ de muestras de sangre venosa de perros.



En la figura 7, podemos ver que con los resultados obtenidos en la presente investigación, se evidencia una correlación fuerte entre los valores de lactato y tCO₂. Los sistemas de valoración

de la gravedad clínica son herramientas fundamentales para cuantificar objetivamente el estado del paciente. Estos sistemas permiten predecir el pronóstico, evaluar y comparar la eficacia de diferentes tratamientos o servicios de cuidados intensivos, así como asociar la gravedad de la enfermedad con el costo y la duración de la hospitalización en unidades de cuidados intensivos pediátricos. Cabe destacar que los sistemas de valoración más empleados se basan principalmente en el análisis del estado fisiológico del paciente y en la identificación de factores clínicos de riesgo (26).

De acuerdo con estudios tempranos descritos por Osorio et al. (25), la hiperlactatemia puede presentarse en estados patológicos acompañados de hiperventilación. En investigaciones iniciales, donde se sometió a perros a hiperventilación mecánica sostenida, se observó un aumento en los niveles séricos de lactato y ácido pirúvico. Se planteó la posibilidad de una disminución en la conversión de lactato a piruvato como consecuencia de la hipocapnia y la alcalosis. Sin embargo, estudios posteriores no evidenciaron cambios significativos en la relación lactato/piruvato ni en humanos ni en perros sometidos a hiperventilación o tras la administración de bicarbonato. Por tanto, esta hiperlactatemia fue atribuida a un mecanismo homeostático compensatorio frente a las alteraciones del pH en estados de alcalosis, y también se consideró consecuencia de la hipoxia tisular generada por la vasoconstricción inducida por la alcalosis y la hipocapnia.

Así mismo, el efecto de la hipocapnia sobre el flujo sanguíneo hepático también debe ser considerado, ya que la vasoconstricción inducida por la hipocapnia puede provocar una reducción del flujo hepático, lo cual podría condicionar una disminución en la depuración del lactato. Esta alteración en la capacidad hepática de metabolizar el lactato contribuiría a niveles séricos elevados, agravando el cuadro metabólico del paciente. Por tanto, tanto la producción aumentada de lactato por hipoxia tisular como su menor eliminación hepática deben considerarse en la interpretación clínica de la hiperlactatemia en situaciones de hiperventilación o alteraciones del equilibrio ácido-base (28).

Estudios recientes han identificado al lactato sanguíneo como un biomarcador fundamental para la evaluación de la hipoperfusión, la acidosis metabólica y el daño orgánico. En este sentido, quienes destacan que, si bien su utilidad clínica está bien consolidada en medicina humana, su aplicación en medicina veterinaria aún se encuentra en una etapa limitada y en desarrollo (29).

El lactato se ha consolidado como un biomarcador clínicamente relevante, cuyo incremento o disminución permite predecir la morbilidad y mortalidad en pacientes críticos, especialmente

en el contexto de unidades de cuidados intensivos. Su utilidad ha sido ampliamente reconocida tras maniobras de reanimación post-paro cardíaco y en patologías graves como el shock cardiogénico, fallo respiratorio agudo, neumonía y sepsis (30). En este contexto, tanto una producción aumentada de lactato como una disminución en su aclaramiento —derivada de disfunción hepática o renal— pueden contribuir significativamente a la hiperlactatemia observada en estos pacientes.

Por otra parte, el Dióxido de Carbono total, representa la suma de CO_2 disuelta en el plasma como HCO_3^- y ácido carbónico, guardando una relación entre estos de 20:1.

En un estudio realizado en 30 pacientes caninos en estado crítico, con etiologías diversas, que fueron atendidos en la Clínica de Especialidades Veterinarias “Le Peluts” en Azogues, se evaluaron los niveles de lactato como parte del protocolo de estabilización guiada por metas. Las mediciones se realizaron al ingreso y a las 12 horas posteriores al inicio del tratamiento. Se observó una reducción significativa en los niveles de lactato, de 4.34 mmol/L (± 3.85) a 2.14 mmol/L (± 2.96), con un valor de $p \leq 0.05$, lo que indicó una respuesta terapéutica positiva y una mejoría clínica evidente en los pacientes evaluados.

Finalmente, nuestros resultados encontrados en este estudio, pueden marcar el inicio de exámenes prequirúrgicos que aseguren mejores resultados en los pacientes sometidos a intervenciones quirúrgicas. Esta asociación entre lactato y CO_2 Total, es un nuevo índice que podría emplearse con más cautela y refuerzo investigativo, y la variación en resultados podrían mejorarse con regresiones y correlaciones que nos permitan crear un modelo estadístico del comportamiento de estos analitos y poder establecer el modelo que mejor se ajuste.

CONCLUSIONES

1. Los valores promedio obtenidos de lactato ($1,68 \pm 0,64$ mmol/L) y de $t\text{CO}_2$ ($18,14 \pm 6,65$ mmol/L) en sangre venosa de perros sometidos a cirugías ortopédicas se encuentran dentro de los rangos fisiológicos reportados en la literatura, salvo en casos puntuales de hiperlactatemia e hipercapnia.
2. La presencia de seis casos con valores de lactato superiores a 2,5 mmol/L evidenció estados de hiperlactatemia, lo cual refleja posibles alteraciones en la perfusión tisular y metabolismo energético. Asimismo, el hallazgo de un caso de hipercapnia señala la importancia de monitorear alteraciones en el equilibrio ácido-base durante el periodo prequirúrgico.
3. Se identificó una correlación significativa entre lactato y $t\text{CO}_2$, lo que demuestra su valor complementario como biomarcadores en la evaluación metabólica y respiratoria de pacientes caninos en contexto quirúrgico.
4. El empleo de lactato y $t\text{CO}_2$ como parámetros prequirúrgicos constituye una herramienta útil para el diagnóstico temprano de desequilibrios fisiológicos, contribuyendo a mejorar el pronóstico y la seguridad anestésica en procedimientos ortopédicos veterinarios.
5. La investigación aporta datos de referencia para el uso de lactato y $t\text{CO}_2$ en medicina veterinaria, brindando evidencia científica que puede servir de base para estudios comparativos y aplicaciones clínicas en el monitoreo integral de pacientes quirúrgicos.

RECOMENDACIONES

1. Implementar de manera rutinaria la medición de lactato y tCO_2 en pacientes caninos candidatos a cirugía ortopédica, como parte del protocolo prequirúrgico, para detectar de forma temprana alteraciones metabólicas o respiratorias.
2. Realizar un monitoreo continuo de estos parámetros durante el perioperatorio, ya que su variación puede ser indicativa de complicaciones anestésicas o de perfusión tisular, lo que permite ajustar oportunamente las intervenciones médicas.
3. Ampliar el tamaño de la muestra y considerar diferentes razas, edades y condiciones clínicas en futuras investigaciones, a fin de establecer rangos de referencia más precisos para la población canina.
4. Complementar la evaluación de lactato y tCO_2 con otros indicadores bioquímicos y fisiológicos, como electrolitos, pH sanguíneo y gases arteriales, para obtener un panorama integral del estado del paciente.
5. Fomentar estudios comparativos entre diferentes tipos de cirugías veterinarias y situaciones clínicas, con el fin de determinar la utilidad diagnóstica y pronóstica de estos parámetros en un aspecto más amplio de procedimientos.
6. Difundir los resultados obtenidos entre profesionales y estudiantes de medicina veterinaria, para promover la aplicación clínica de lactato y tCO_2 como biomarcadores de utilidad en la práctica quirúrgica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Odom SR, Howell MD, Silva GS, Nielsen VM, Gupta A, Shapiro NI, Talmor D. Lactate clearance as a predictor of mortality in trauma patients. *Lactate clearance as a predictor of mortality in trauma patients*. s.l. : J Trauma Acute Care Surg, 2013, págs. 74 (4): 999 - 1004.
2. Marty P, Roquilly A, Vallée F, Luzi A, Ferré F, Fourcade O, et al. Lactate clearance for death prediction in severe sepsis or septic shock patients during the first 24 hours in Intensive Care Unit: an observational study. *Lactate clearance for death prediction in severe sepsis or septic shock patients during the first 24 hours in Intensive Care Unit: an observational study*. 2013, pág. 3(1):3.
3. Collins, V. Anestesiología 3º ed. *Anestesiología 3º ed*. México : McGraw-Hill, 1996.
4. Johnson, WE. *Valoración Preoperatoria. Toma de Decisiones en Medicina*. Barcelona : Doyma, 1997.
5. Moratalla, L. *Chequeo prequirúrgico*. [En línea] 2005. <http://www.misanimales.com/mascotas/guiasapoyo/index.cfm>.
6. Petratti, E. *El Examen Prequirúrgico*. [En línea] 2005. <http://dagsist.com.ar/consultas/Prequirurgico/index.htm>.
7. Marcano-Pasquier, R. *Evaluación Cardiovascular Preoperatoria*. [En línea] 2005. www.cantv.net/salud/resena.asp?id=66001&cat=2& Fresena=TR..
8. Paladino, M.A. *¿Para que debe servirnos la evaluación preanestésica?* [En línea] 2005. www.anestesiopediatrica.com.ar/evaluacion_preanestesia.htm..
9. Rosenstein, P., Tennent-Brown, B. y Hughes, D. Uso clínico de la concentración de lactato plasmático. Parte 1: Fisiología, fisiopatología y medición. *Revista de emergencias veterinarias y cuidados críticos. Uso clínico de la concentración de lactato plasmático. Parte 1: Fisiología, fisiopatología y medición. Revista de emergencias veterinarias y cuidados críticos*. 2018, págs. 28, 85-105.
10. Pang, DS y Boysen, S. Lactato en cuidados críticos veterinarios: fisiopatología y manejo. 2007. *Revista de la Asociación Estadounidense de Hospitales de Animales*, 43, 270-279..

11. Brunori, L. *Uso clínico del lactato plasmático en el paciente de urgencias. Improve Veterinary Practice.* [En línea] 2020. <https://www.veterinary-practice.com/article/clinical-use-of-plasma-lactate-in-the-emergency-patient>.
12. Kamel, K., Oh, M. y Halperin, M. Acidosis L-láctica: fisiopatología, clasificación y causas; énfasis en las bases bioquímicas y metabólicas. *Acidosis L-láctica: fisiopatología, clasificación y causas; énfasis en las bases bioquímicas y metabólicas.* s.l. : Riñón Internacional, 2020, págs. 97, 75-88.
13. Hughes, D., Rozanski, ER, Shofer, FS, Laster, LL y Drobatz, KJ. Efecto del sitio de muestreo, muestreo repetido, pH y PCO₂ sobre la concentración de lactato plasmático en perros sanos. [ed.] Revista estadounidense de investigación veterinaria. *Efecto del sitio de muestreo, muestreo repetido, pH y PCO₂ sobre la concentración de lactato plasmático en perros sanos.* 1999, págs. 60, 521-524.
14. McMichael, M., Lees, G., Hennessey, J., Sanders, M. y Boggess, M. Concentraciones seriadas de lactato plasmático en 68 cachorros de 4 a 80 días. *Concentraciones seriadas de lactato plasmático en 68 cachorros de 4 a 80 días.* s.l. : Revista de emergencias veterinarias y cuidados críticos, 2005, págs. 15, 17-21.
15. Rand, J., Kinnaird, E., Baglioni, A., Blackshaw, J. y Priest, J. La hiperglucemia por estrés agudo en gatos se asocia con lucha y mayores concentraciones de lactato y norepinefrina. *La hiperglucemia por estrés agudo en gatos se asocia con lucha y mayores concentraciones de lactato y norepinefrina.* s.l. : Revista de Medicina Interna Veterinaria, 2002, págs. 16, 123-13.
16. O'Neill, S. Efecto de la recolección y almacenamiento de muestras sobre las concentraciones de glucosa y lactato en sangre en gatos sanos, hipertiroideos y diabéticos. *Efecto de la recolección y almacenamiento de muestras sobre las concentraciones de glucosa y lactato en sangre en gatos sanos, hipertiroideos y diabéticos.* s.l. : Patología Clínica Veterinaria, 2000, págs. 29, 22-28.
17. Hayes, G., Mathews, K., Doig, G., Kruth, S., Boston, S., Nykamp, S., Poljak, Z. y Dewey, C. La puntuación de evaluación fisiológica y de laboratorio del paciente agudo felino (Feline APPLE): un sistema de estratificación de la gravedad de la enfermedad para gatos hospitalizados. *La puntuación de evaluación fisiológica y de laboratorio del paciente agudo felino (Feline APPLE): un sistema de estratificación de la gravedad de*

- la enfermedad para gatos hospitalizados*. s.l. : Revista de Medicina Interna Veterinaria, 2011, págs. 25, 26-38.
18. Stevenson, C., Kidney, B., Duke, T., Snead, E., Mainar-Jaime, R. y Jackson, M. Concentraciones seriadas de lactato en sangre en perros con enfermedades sistémicas. *Concentraciones seriadas de lactato en sangre en perros con enfermedades sistémicas*. s.l. : Patología Clínica Veterinaria, 2007, págs. 36, 234-239.
 19. Zacher, L., Berg, J., Shaw, S. y Kudej, R. Asociación entre el resultado y los cambios en la concentración plasmática de lactato durante el tratamiento prequirúrgico en perros con dilatación-vólvulo gástrico: 64 casos (2002-2008). *Asociación entre el resultado y los cambios en la concentración plasmática de lactato durante el tratamiento prequirúrgico en perros con dilatación-vólvulo gástrico: 64 casos (2002-2008)*. s.l. : Revista de la Asociación Estadounidense de Medicina Veterinaria, 2010, págs. 236, 892-897.
 20. Cortellini, S., Seth, M. y Kellett-Gregory, L. Concentraciones de lactato plasmático en peritonitis séptica: un estudio retrospectivo de 83 perros (2007-2012). . *Concentraciones de lactato plasmático en peritonitis séptica: un estudio retrospectivo de 83 perros (2007-2012)*. . s.l. : Revista de emergencias veterinarias y cuidados críticos, 2014, págs. 25, 388-395.
 21. Skeggs LT, Jr. An automatic method for the determination of carbon dioxide in blood plasma. [aut. libro] Skeggs LT Jr. *An automatic method for the determination of carbon dioxide in blood plasma*. s.l. : Am J. Clin Pathol, 1960, págs. 33: 181-185.
 22. Korzun WJ, Miller WG. Carbon Dioxide. In: Clinical chemistry theory, analysis and correlation, 2nd ed. *Carbon Dioxide. In: Clinical chemistry theory, analysis and correlation, 2nd ed.* s.l. : Kaplan LA, Pesce AJ, eds. St. Louis: The CV Mosby Company., 1989, págs. 869-872.
 23. Morales Q. L., Bingué R.J, Kaufman D, Artigas R. A. Importancia del dióxido de carbono en el paciente crítico: implicaciones a nivel celular y clínico. *Importancia del dióxido de carbono en el paciente crítico: implicaciones a nivel celular y clínico*. s.l. : Revista medicina Intensiva. Vol. 43. Núm. 4 DOI: 10.1016/j.medin.2018.01.005, 2019, págs. 234-242.

24. Saínez Menéndez, Benito. Alteraciones del equilibrio ácido básico. *Alteraciones del equilibrio ácido básico. Rev Cubana Cir.* [En línea] 2006. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74932006000100011&lng=es.
25. Osorio JH., Quenán YE. , Giraldo-Jiménez, L. Niveles de glucosa y lactato en plasma sanguíneo de caninos durante la primera hora de cirugía. *Niveles de glucosa y lactato en plasma sanguíneo de caninos durante la primera hora de cirugía.* s.l. : Veterinaria y Zootecnia ISSN 2011-5415. Vol 9 No.2, junio - diciembre de 2015, 2015.
26. Gilday, C y Guieu L. *Frente. Vet. Sci.* [En línea] 2022. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.918029>.
27. Grassato L, Spinella G, Musella V, Giunti M, Vilar JM, Valentini S. *Evaluación pre y postquirúrgica de la concentración plasmática de lactato en 45 perros con dilatación gástrica-vólvulo: un estudio preliminar.* 2020.
28. Saint-Pierre LM, Hopper K, Epstein SE. Evaluación retrospectiva de la utilidad pronóstica de la concentración plasmática de lactato y las mediciones seriadas de lactato en perros y gatos presentadas a la sala de emergencias (enero 2012 - diciembre 2016). 2022. 4863 casos. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio).* 2022 Enero;32(1):42-49. DOI: 10.1111/VEC.13106. Epub 2021 Agosto 3. PMID: 34343401..
29. Waters J, Miller L, Clack S, et al. Cause of metabolic acidosis in prolonged surgery. *Crit Care Med* 1999; 27: 2142-2146.
30. Brodbelt, D. Perioperative mortality in small animal anaesthesia. *Vet J* [Internet]. 2009. 182(2):152– 61. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2008.06.011>..
31. Turnbull JM, Buck C. The value of preoperative screening investigations in otherwise healthy individuals. *Arch Intern Med.* 1987;147:1101-1105.
32. Ibarra, P. ¿Cuáles exámenes de laboratorio preanestésicos se necesitan en pacientes asintomáticos? 2007. *Rev Colomb Anestesiol* ;35(4):301-312..
33. Ajimura FY, Maia ASSF, Hachlya A, Watanabe AS. Preoperative laboratory evaluation of patients aged over 40 years undergoing elective non cardiac surgery. 2005. *São Paulo Med J.* - 123:50-53..

34. Gau N., Lactic acid., Kaplan A, et al. Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis. Toronto. Princeton 1984; 1040-1042 and 418. 1984.
35. CLSI. Procedures for Handling and Processing of Blood Specimens. 1999. tentative standard. CLSI document H18-A2. Wayne, PA: CLSI,.
36. Scott, MG. Electrolytes and Blood Gases. In: Tietz Textbook of Clinical Chemistry. 3rd ed. Burtis CA, Ashwood ER, eds. Philadelphia: WB Saunders Company. 1999: 1065-1066.
37. Infostat. Software estadístico.
38. Cuas Formación Veterinaria. Lactato en perros y gatos: Guía completa para veterinarios. [En línea] https://cuasveterinaria.es/wp-content/astra-local-fonts/montserrat/JTUSjIg1_i6t8kCHKm459Wlhyw.woff2.
39. Duarte, et al. Lactato ¿marcador de hipoperfusión? [En línea] 2019. <https://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2019/mim196m.pdf>.
40. Kohen CJ, Hopper K, Kass PH, Epstein SE. Evaluación retrospectiva de la utilidad pronóstica de la concentración plasmática de lactato, déficit de bases, pH y anión gap en pacientes de emergencia caninos y felinos. J Vet Emerg Crit Care (San Antonio). Enero de 2018; 28(1):54-61.
41. Sharkey LC, Wellman ML. Use of Lactate in Small Animal Clinical Practice. Clin Lab Med [Internet]. 2015;35(3):567–77. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cll.2015.05.006>.
42. Di Mauro FM, Schoeffler GL. Point of Care Measurement of Lactate. Top Companion Anim Med. 2016;31(1):35–43.
43. Weil MH, Ruiz CE, Michaels S, et al. Acid-base determinants of survival after cardiopulmonary resuscitation. Crit Care Med 1985;13:888-892.
44. Cheifetz IM, Schulman SR, Greely WJ, et al. Serum lactates correlate with mortality after operations for complex congenital heart disease. Ann Thorac Surg 1997;64:735-738 .

45. Kaplan LJ, Kellum JA. Initial pH, base deficit, lactate, anion gap, strong ion difference, and strong ion gap predict outcome from major vascular surgery. *Crit Care Med* 2004;32:1120-1124.
46. Bakker J, Gris P, Coffernils M, et al. Serial blood lactate levels can predict the development of multiple organ failure following septic shock. *Am J Surg* 1996;171:221-226.
47. Bernardin G, Pradier C, Tiger F, et al. Blood pressure and arterial lactate level are early indicators of short-term survival in human septic shock. *Intensive Care Med* 1996;22:17-25.
48. Cerovic O, Golubovic V, Spec-Marn A, et al. Relationship between injury severity and lactate levels in severely injured patients. *Intensive Care Med* 2003;29:1300-1305.
49. Meregalli A, Olivieri RP, Friedman G. Occult hypoperfusion is associated with increased mortality in hemodynamically stable, high-risk, surgical patients. *Crit Care Med* 2004;8:R60-R65.
50. Hussain FA, Martin MJ, Mullenix PS, et al. Serum lactate and base deficit as predictors of mortality and morbidity. *Am J Surg* 2003;185:485-491.
51. *MedlinePlus, Enciclopedia médica; Clínica Universidad de Navarra, Diccionario Médico.* s.l. : Revista Médica Electrónica.
52. Lactic acidosis: from sour milk to trauma shock. *J Intensive Care Med* 2008;20 (2):255-71 .
53. Zborowska-Sluis DT, Dossetor JB. Hyperlactatemia of hyperventilation. *J Appl Physiol.* 1967;22(4):746-755.
54. N., Gau. Lactic acid. Kaplan A et al. *Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis. Toronto. Princeton .* 1984. 1040-1042 and 418..
55. Han, Sei-Myoung. Predictive role of lactate in dogs with acute pancreatitis advanced to systemic inflammatory response síndrome. 2024.
56. James KM, Polzin DJ, Osborne CA, Olson JK. Efectos de la manipulación de muestras sobre las concentraciones totales de dióxido de carbono en suero y sangre canina y

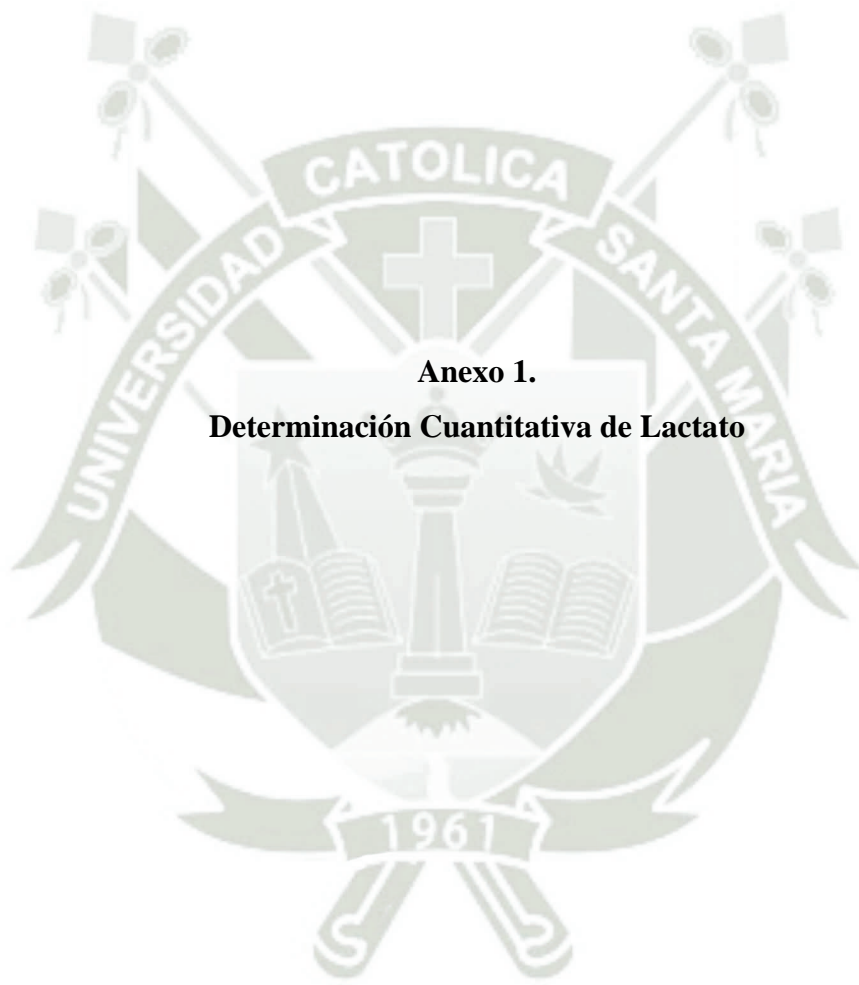
felina. [aut. libro] Polzin DJ, Osborne CA, Olson JK. James KM. *Efectos de la manipulación de muestras sobre las concentraciones totales de dióxido de carbono en suero y sangre canina y felina*. 1997, págs. 58(4):343-7.

57. Kraut JA, Lew V, Madias NE. *Reevaluación de la concentración total de CO₂ en adultos jóvenes aparentemente sanos*. 2018.

58. Kraut JA, Madias NE. *Reevaluación del rango normal de concentración sérica de CO₂ total*. 2018.







Anexo 1.

Determinación Cuantitativa de Lactato



Lactato

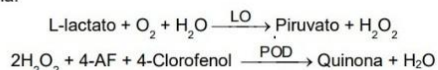
LO-POD. Enzimático colorimétrico

Determinación cuantitativa de lactato IVD

Conservar a 2-8°C

PRINCIPIO DEL METODO

El lactato es oxidado por la lactato oxidasa (LO) a piruvato y peróxido de hidrógeno (H₂O₂) el cual en presencia de peroxidasa (POD), 4-aminofenazona (4-AF) y 4-clorofenol forma un compuesto rojo de quinona:



La intensidad del color formado es proporcional a la concentración de lactato presente en la muestra ensayada¹.

SIGNIFICADO CLINICO

El lactato es un intermediario metabólico, se origina en la fermentación láctica a partir de la glucosa, y aumenta durante el ejercicio intenso, como consecuencia de la elevación de la actividad glucolítica. La formación de ATP se asocia con la generación de iones lactato e H⁺.

El aumento de los niveles de lactato se relaciona proporcionalmente con la disminución de la fuerza física^{1,4,5}.

El diagnóstico clínico debe realizarse teniendo en cuenta todos los datos clínicos y de laboratorio.

REACTIVOS

R 1 Tampón	PIPES pH 7,5	50 mmol/L
	4- Clorofenol	4 mmol/L
R 2 Enzimas	Lactato oxidasa (LO)	800 U/L
	Peroxidasa (POD)	2000 U/L
	4 - Aminofenazona (4-AF)	0,4 mmol/L
LACTATE CAL	Patrón primario acuoso de Lactato	10 mg/dL

PREPARACION

Reactivo de trabajo (RT): Reconstituir (→) el contenido de un vial de R 2 Enzimas en 10 mL de R 1 Tampón.

Tapar y mezclar suavemente hasta disolver su contenido.

Estabilidad del reactivo reconstituido: 1 mes en nevera (2-8°C) o 1 semana a temperatura ambiente (15-25°C).

CONSERVACION Y ESTABILIDAD

Todos los componentes del kit son estables, hasta la fecha de caducidad indicada en la etiqueta, cuando se mantienen los frascos bien cerrados a 2-8°C, protegidos de la luz y se evita su contaminación. No usar reactivos fuera de la fecha indicada.

Indicadores de deterioro de los reactivos:

- Presencia de partículas y turbidez.
- Absorbancia (A) del Blanco a 505 ≥ 0,18.

MATERIAL ADICIONAL

- Espectrofotómetro ó analizador para lecturas a 505 nm.
- Cubetas de 1,0 cm de paso de luz.
- Equipamiento habitual de laboratorio.

MUESTRAS

Plasma. Libre de hemólisis¹. Como anticoagulantes utilizar inhibidores glicolíticos: fluoruro / oxalato o fluoruro / heparina.

El plasma debe guardarse en un refrigerador y separarse de las células de la sangre antes de 15 min, ya que estos metabolizan la glucosa a lactato. Una vez separado el lactato es estable en el plasma 8 horas a 20 - 25 ° C y 14 días a 2-8°C.

PROCEDIMIENTO

- Condiciones del ensayo:
Longitud de onda: 505 nm (490-550)
Cubeta: 1 cm paso de luz
Temperatura: 37°C / 15-25°C
- Ajustar el espectrofotómetro a cero frente a agua destilada.
- Pipetear en una cubeta: (Nota 3)

	Blanco	Patrón	Muestra
RT (mL)	1,0	1,0	1,0
Patrón (Nota 1,2) (µL)	--	10	--
Muestra (µL)	--	--	10

- Mezclar e incubar 5 minutos a 37°C ó 10 min. a temperatura ambiente (15-25°C).
- Leer la absorbancia (A) del Patrón y la muestra, frente al Blanco de reactivo. El color es estable como mínimo 30 minutos.

CALCULOS

$$\frac{(A) \text{ Muestra} - (A) \text{ Blanco}}{(A) \text{ Patrón} - (A) \text{ Blanco}} \times 10 \text{ (Conc. Patrón)} = \text{mg/dL de lactato en la muestra}$$

Factor de conversión: mg/dL x 0,1123= mmol/L.

CONTROL DE CALIDAD

Es conveniente analizar junto con las muestras sueros control valorados: SPINTROL H Normal y Patológico (Ref. 1002120 y 1002210).

Si los valores hallados se encuentran fuera del rango de tolerancia, revisar el instrumento, los reactivos y el calibrador.

Cada laboratorio debe disponer su propio Control de Calidad y establecer correcciones en el caso de que los controles no cumplan con las tolerancias.

VALORES DE REFERENCIA¹

0,5-2,2 mmol/L ≅ 4,5-19,8 mg/dL

Estos valores son orientativos. Es recomendable que cada laboratorio establezca sus propios valores de referencia.

CARACTERISTICAS DEL METODO

Rango de medida: Desde el límite de detección de 0,099 mg/dL hasta el límite de linealidad de 150 mg/dL.

Si la concentración de la muestra es superior al límite de linealidad, diluir 1/2 con CIna 9 g/L y multiplicar el resultado final por 2.

Precisión:

Media (mg/dL)	Intraserie (n= 20)		Interserie (n= 20)	
	13,8	31,7	14,3	32,1
SD	0,07	0,18	0,34	0,64
CV (%)	0,53	0,56	2,36	2,00

Sensibilidad analítica: 1 mg/dL = 0,013 A.

Exactitud: Los reactivos SPINREACT (y) no muestran diferencias sistemáticas significativas cuando se comparan con otros reactivos comerciales (x).

Los resultados obtenidos con 50 muestras fueron los siguientes:

Coefficiente de regresión: (r)² 0,998.

Ecuación de la recta de regresión: y= 1,1488x - 0,9688

Las características del método pueden variar según el analizador utilizado.

INTERFERENCIAS

Inyecciones intravenosas de epinefrina, glucosa, bicarbonato u otras sustancias que puedan modificar el balance ácido-base, producen aumento en los valores de lactato. No usar muestras hemolizadas¹.

Se han descrito varias drogas y otras sustancias que interfieren en la determinación del lactato^{2,3}.

NOTAS

- LACTATE CAL: Debido a la naturaleza del producto, es aconsejable tratarlo con sumo cuidado ya que se puede contaminar con facilidad.
- La calibración con el Patrón acuoso puede dar lugar a errores sistemáticos en métodos automáticos. En este caso, se recomienda utilizar calibradores séricos.
- Usar puntas de pipeta desechables limpias para su dispensación.
- SPINREACT dispone de instrucciones detalladas para la aplicación de este reactivo en distintos analizadores.

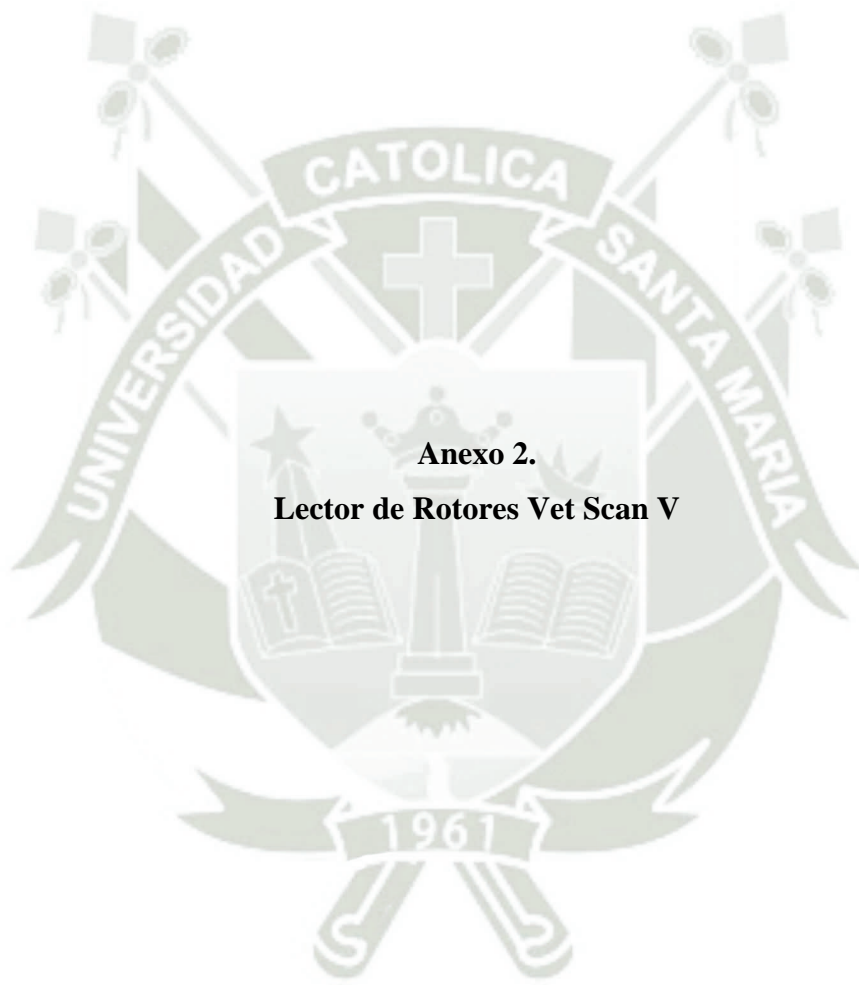
BIBLIOGRAFIA

- Gau N. Lactic acid. Kaplan A et al. Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis. Toronto. Princeton 1984; 1040-1042 and 418.
- Young DS. Effects of drugs on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC Press, 1995.
- Young DS. Effects of disease on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC 2001.
- Burtis A et al. Tietz Textbook of Clinical Chemistry, 3rd ed AACC 1999.
- Tietz N W et al. Clinical Guide to Laboratory Tests, 3rd ed AACC 1995.

PRESENTACION

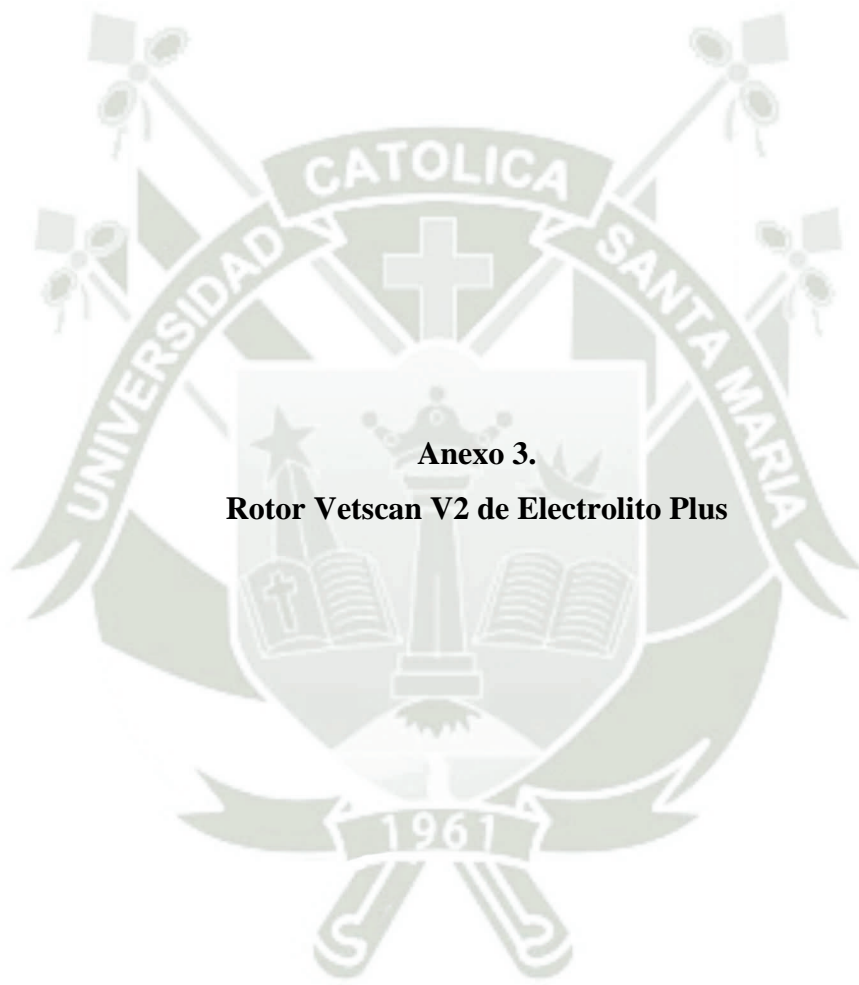
Ref: 1001330 Cont. R1: 1 x 50 mL, R2: 5 → 10 mL, CAL: 1 x 5 mL





Anexo 2.
Lector de Rotores Vet Scan V

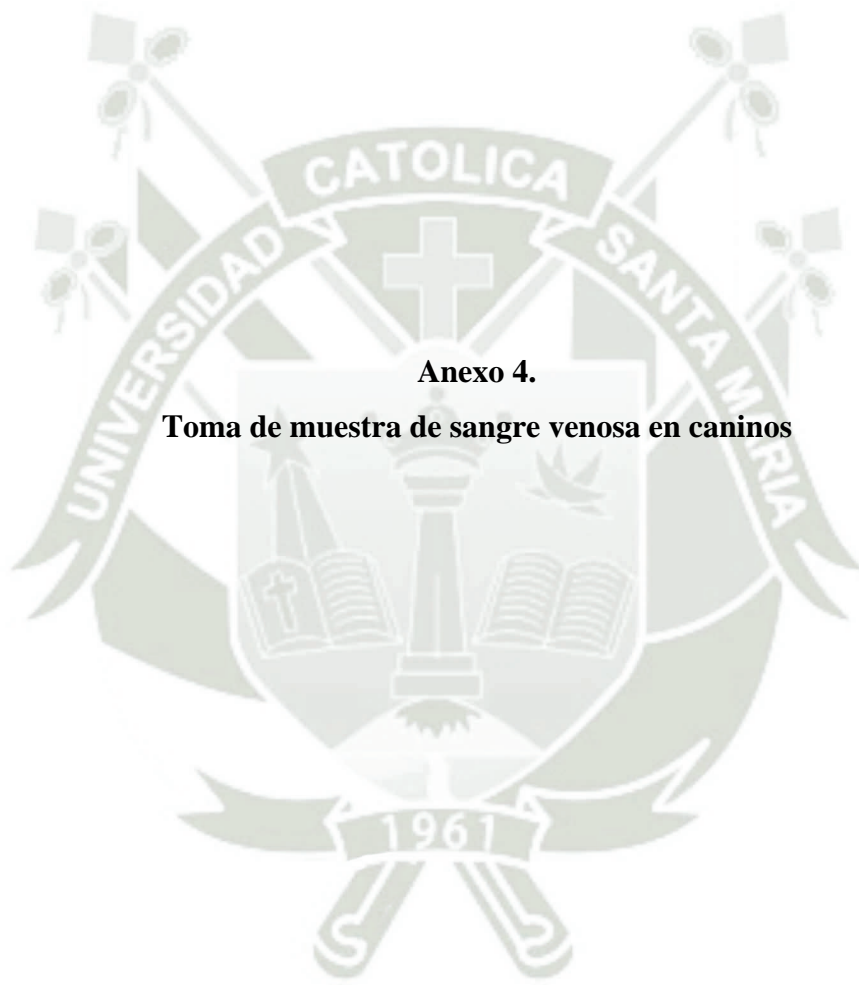




Anexo 3.

Rotor Vetscan V2 de Electrolito Plus





Anexo 4.

Toma de muestra de sangre venosa en caninos



Anexo 5.

Proceso de centrifugado de la muestra de sangre venosa de canino



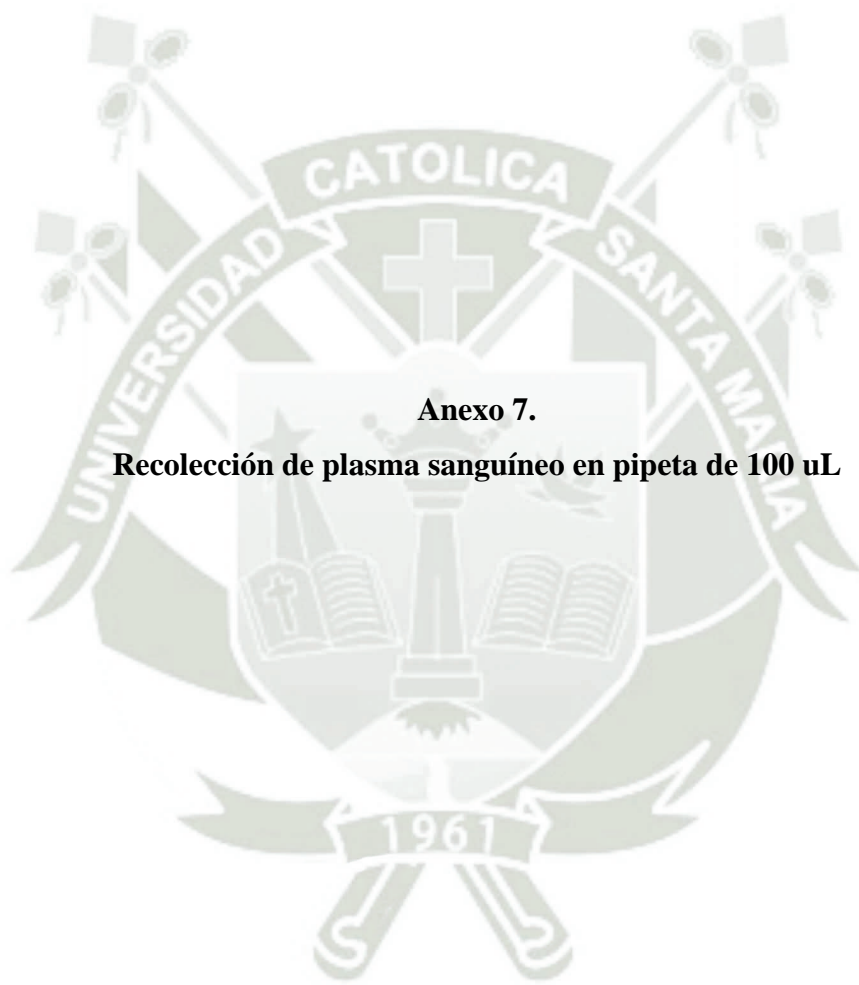




Anexo 6.

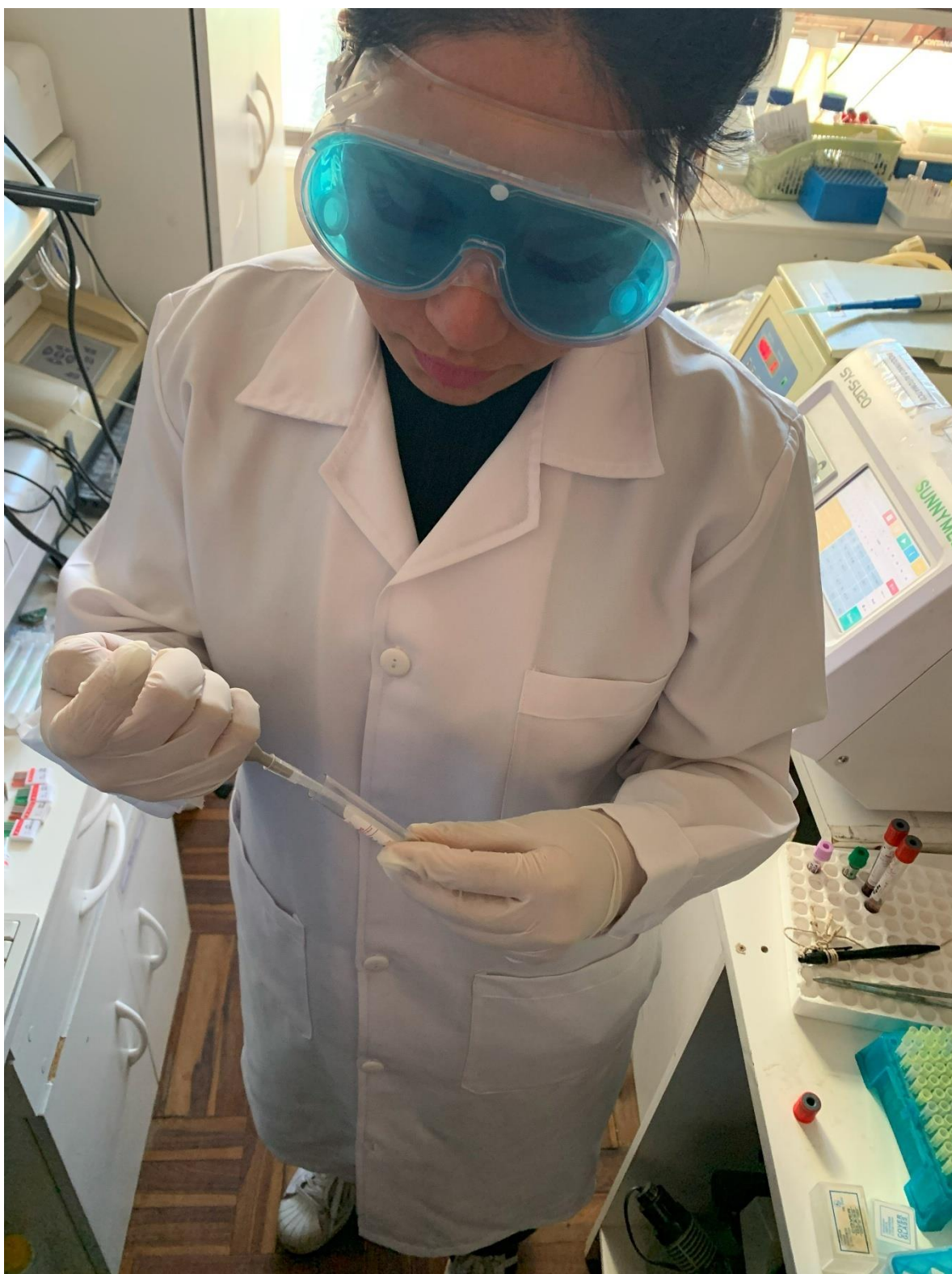
Preparación de uso del Rotor Vetscan V2 de Electrolyte Plus





Anexo 7.

Recolección de plasma sanguíneo en pipeta de 100 uL





Anexo 8.

Aplicación del plasma recolectado en el rotor

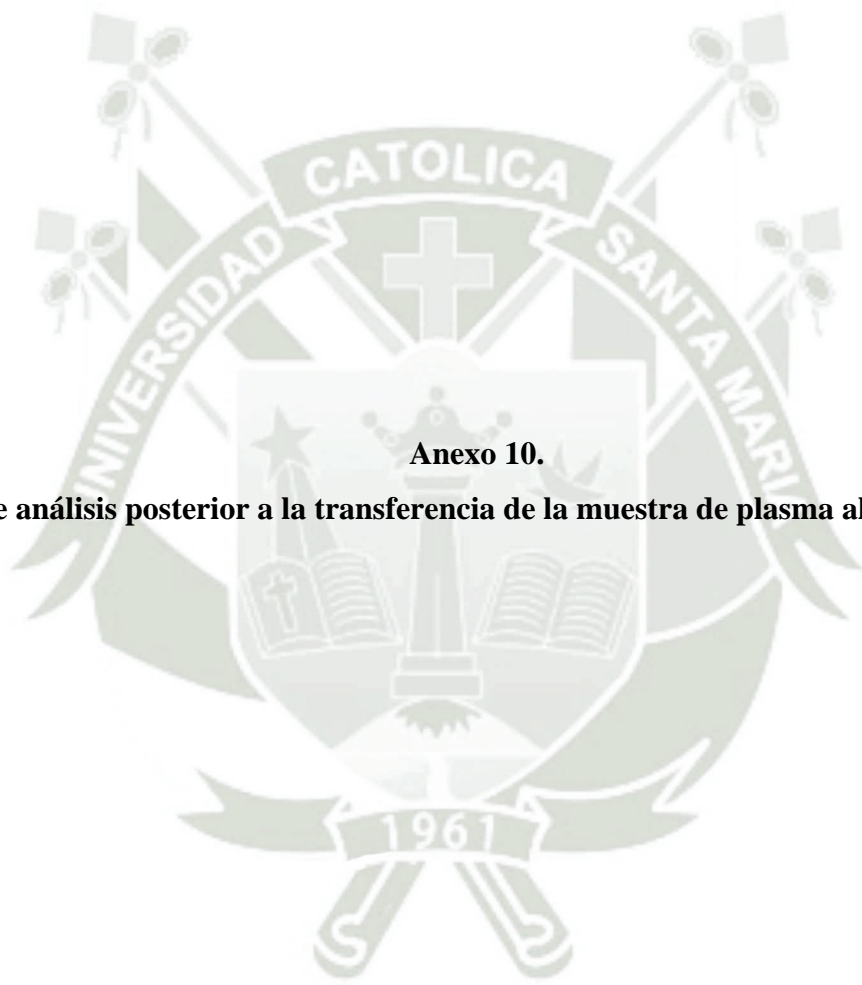




Anexo 9.

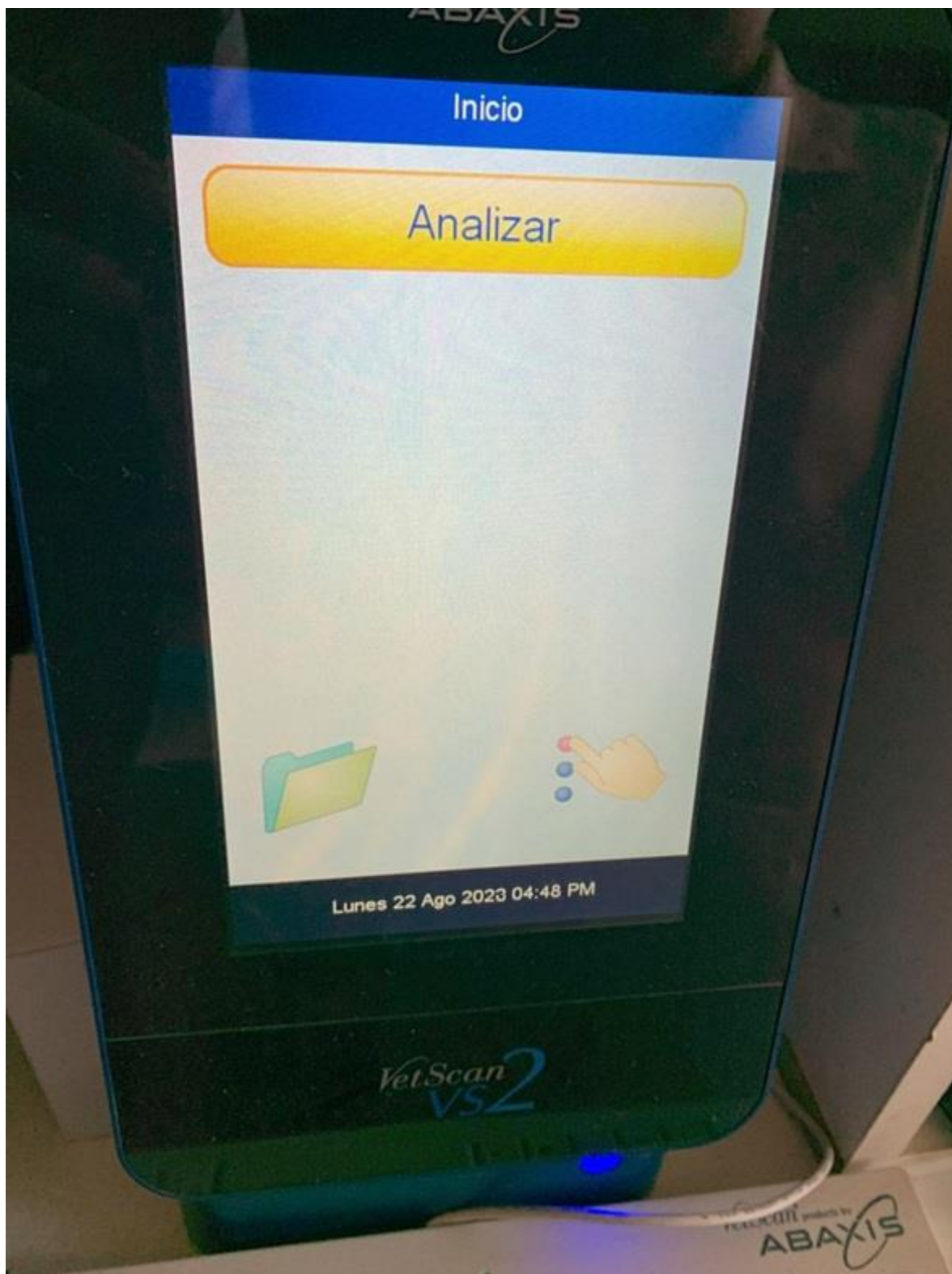
Etapa previa al análisis del rotor con la muestra de plasma

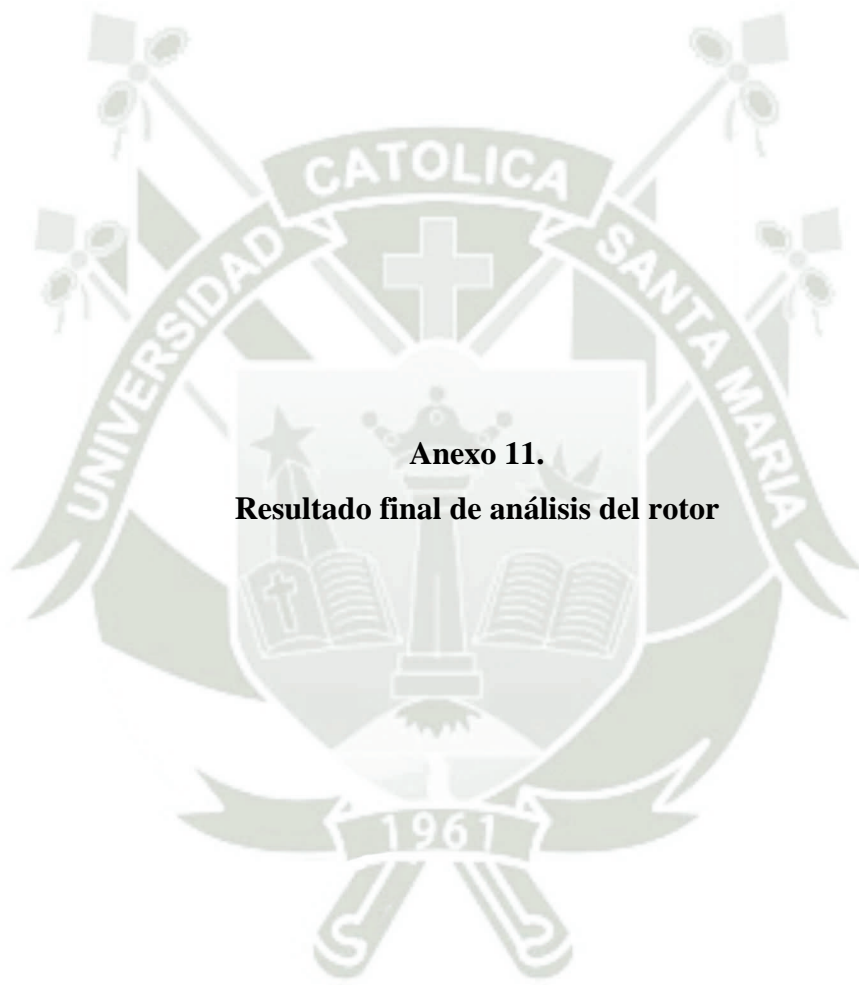




Anexo 10.

Inicio de análisis posterior a la transferencia de la muestra de plasma al rotor reactivo





Anexo 11.

Resultado final de análisis del rotor

Ver resultado

VetScan VSE
Electrolyte Plus

15 Ago 2023 05:08 PM
Muestra: Canino
Id. paciente: BORA
Id. del médico: MP
F. nac.: 15 Ago 2023
Sexo: Macho
Edad: 4 Años
Id. operario: MP
No. de lote del rotor: 1393BC4
Número de serie: 0000V42537

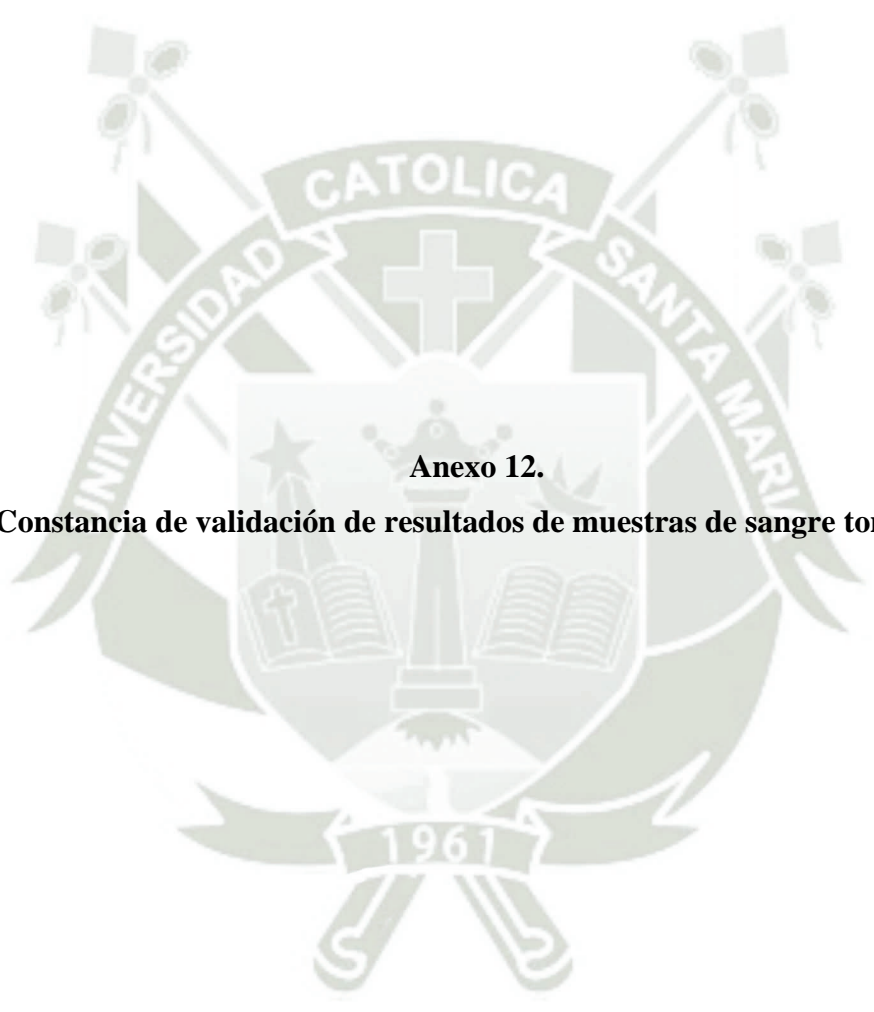
.....

NA+	145	142-164	mmol/L
K+	> 8.5 *	3.7-5.8	mmol/L
CL-	100	99-122	mmol/L
tCO2	11 *	15-24	mmol/L

CONTROL DE CALIDAD OK

▲ ▼

Volver Inicio Impr.



Anexo 12.
Constancia de validación de resultados de muestras de sangre tomadas



CONSTANCIA

La que suscribe **MVZ. Camila Quispe Yañes**, responsable del laboratorio clínico médico veterinario **DIAGNOVET SAC** deja **CONSTANCIA**:

De que la Srta. Br. **MVZ. Kamilya Alarcón Villamarin**, durante los meses de Marzo a Diciembre del año 2023 trajo muestras de sangre de 50 caninos para la determinación de Dióxido de Carbono Total y Lactato. Las cuales fueron procesadas y determinadas en nuestras instalaciones de laboratorio.

Se Expide la presente constancia para los fines que la interesada vea por conveniente.

Arequipa, 24 de septiembre del 2025



DIAGNOVET SAC
CLÍNICA VETERINARIA
Camila Quispe Yañes
Médico Veterinario y Zootecnista
C.M.V.P. 1977

Av. Argentina 814 Urb. Progresistas Paucarpata. Arequipa.
Sac.diagnovet@gmail.com Cel. 997042978



RESULTADOS DE DIOXIDO DE CARBONO TOTAL

No.	Valor tCO2 (mmol/l)	No.	Valor tCO2 (mmol/l)
01	6	27	19
02	11	28	12
03	22	29	12
04	17	30	22
05	20	31	19
06	9	32	16
07	14	33	19
08	25	34	17
09	13	35	17
10	19	36	12
11	21	37	6
12	20	38	21
13	15	39	14
14	14	40	7
15	20	41	14
16	19	42	22
17	20	43	27
18	13	44	22
19	20	45	24
20	11	46	12
21	29	47	32
22	24	48	29
23	19	49	36
24	10	50	31
25	6		
26	18		

DIAGNOVET SAC.
CLINICA VETERINARIA
[Firma]
Quispe Yáñez
VETERINARIA Y ZOOTECNISTA
C.I.V.P. 11177

Av. Argentina 814 Urb. Progresistas Paucarpata. Arequipa.
Sac.diagnovet@gmail.com Cel. 997042978



RESULTADOS DE LACTATO

No.	Valor Lactato (mmol/l)	No.	Valor Lactato (mmol/l)
01	0.60	27	1.70
02	0.80	28	1.50
03	1.90	29	1.60
04	1.60	30	1.90
05	1.80	31	1.70
06	0.70	32	1.50
07	1.50	33	1.80
08	1.90	34	1.60
09	1.40	35	1.60
10	1.60	36	1.50
11	1.90	37	0.60
12	1.80	38	1.90
13	1.40	39	1.60
14	1.20	40	0.60
15	1.70	41	1.40
16	1.40	42	2.00
17	1.80	43	2.60
18	1.50	44	2.10
19	1.80	45	2.20
20	0.90	46	1.30
21	2.70	47	3.10
22	1.80	48	2.90
23	1.10	49	3.50
24	0.70	50	3.30
25	1.50		
26	1.60		

DIAGNOVET S.L.C.
CLÍNICA VETERINARIA

[Firma]
Dra. Gisela Yáñez
MEDICO VETERINARIA Y ZOOTECNISTA
C.M.V.P. 11177

Av. Argentina 814 Urb. Progresistas Paucarpata. Arequipa.
Sac.diagnovet@gmail.com Cel. 997042978