



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“INDICADORES HEMATOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS ASOCIADOS A LA  
INSUFICIENCIA CARDIACA CONGESTIVA EN BOVINOS EXPUESTOS A 3700  
m.s.n.m EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA.”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de Médicos  
Veterinarios

**Autores**

Hinojosa Estrella Jhonatan Danilo  
Naranjo Armijos Andrea Janella

**Tutor**

Molina Cuasapaz Edie Gabriel

**LATACUNGA - ECUADOR**

**Febrero 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Hinojosa Estrella Jhonatan Danilo, con cédula de ciudadanía No. 0504813866 y Naranjo Armijos Andrea Janella, con cédula de ciudadanía No. 1722551817, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: **“INDICADORES HEMATOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS ASOCIADOS A LA INSUFICIENCIA CARDIACA CONGESTIVA EN BOVINOS EXPUESTOS A 3700 m.s.n.m EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA.”**, siendo el Médico Veterinario Zootecnista Mg. Edie Gabriel Molina Cuasapaz, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 12 de febrero del 2024



Jhonatan Danilo Hinojosa Estrella  
C.C: 0504813866  
**ESTUDIANTE**



Andrea Janella Naranjo Armijos  
C.C: 1722551817  
**ESTUDIANTE**

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **HINOJOSA ESTRELLA JHONATAN DANILO**, identificado con cédula de ciudadanía **0504813866** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“INDICADORES HEMATOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS ASOCIADOS A LA INSUFICIENCIA CARDIACA CONGESTIVA EN BOVINOS EXPUESTOS A 3700 m.s.n.m EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA.”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: octubre 2019 - marzo 2020

Finalización de la carrera: octubre 2023 – marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de noviembre del 2023

Tutor: MVZ. Edie Gabriel Molina Cuasapaz. Mrt.

Tema: **“INDICADORES HEMATOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS ASOCIADOS A LA INSUFICIENCIA CARDIACA CONGESTIVA EN BOVINOS EXPUESTOS A 3700 m.s.n.m EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA.”**

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a. La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b. La publicación del trabajo de grado.
- c. La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d. La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e. Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.** - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, el 12 de febrero del 2024.

  
Jhonatan Danilo Hinojosa Estrella  
**EL CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.  
**LA CESIONARIA**

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **NARANJO ARMIJOS ANDREA JANELLA**, identificada con cédula de ciudadanía 1722551817 de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“INDICADORES HEMATOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS ASOCIADOS A LA INSUFICIENCIA CARDIACA CONGESTIVA EN BOVINOS EXPUESTOS A 3700 m.s.n.m EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA.”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: octubre 2019 – marzo 2020

Finalización de la carrera: octubre 2023 – marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de noviembre del 2023

Tutor: MVZ. Edie Gabriel Molina Cuasapaz. Mrt.

Tema: **“INDICADORES HEMATOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS ASOCIADOS A LA INSUFICIENCIA CARDIACA CONGESTIVA EN BOVINOS EXPUESTOS A 3700 m.s.n.m EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA.”**

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.** - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, el 12 de febrero del 2024.

Andrea Janella Naranjo Armijos  
**LA CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.  
**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“INDICADORES HEMATOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS ASOCIADOS A LA INSUFICIENCIA CARDIACA CONGESTIVA EN BOVINOS EXPUESTOS A 3700 m.s.n.m EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA.”**, de Jonathan Danilo Hinojosa Estrella y Andrea Janella Naranjo Armijos, de la carrera de Medicina Veterinaria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 20 de febrero del 2024



MVZ. Molina Cuasapaz Edie Gabriel Mtr.  
C.C: 1722557278  
**DOCENTE TUTOR**




## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

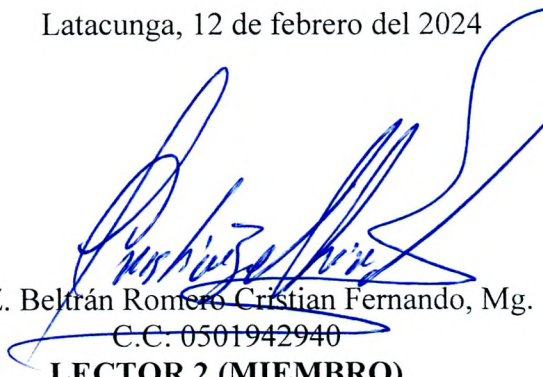
En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Hinojosa Estrella Jonathan Danilo y Naranjo Armijos Andrea Janella y, con el título de Proyecto de Investigación: **“INDICADORES HEMATOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS ASOCIADOS A LA INSUFICIENCIA CARDIACA CONGESTIVA EN BOVINOS EXPUESTOS A 3700 m.s.n.m EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA.”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.


Latacunga, 12 de febrero del 2024



MVZ. Arcos Alvarez Cristian Neptali, Mg.  
C.C: 1803675634  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



MVZ. Beltrán Romero Cristian Fernando, Mg.  
C.C: 0501942940  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



Dra. Cueva Salazar Nancy Margoth Mg.  
C.C: 0501616353  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**



## **AGRADECIMIENTO**

*A mis padres, en especial a mi madre por el apoyo brindado durante todo este camino que he recorrido.*

*A mis familiares mención especial para Alex y Natali por la ayuda recibida cuando más lo necesitaba.*

*A mis amigos en especial a Romel por las experiencias vividas durante mi vida universitaria.*

*Un agradecimiento especial a mi amiga Nayeli por su apoyo incondicional.*

*A mi compañera de tesis por la buena relación establecida y comprensión al realizar el proyecto.*

*A mis docentes en especial Dr. Edie mi tutor de tesis quien me guio durante la realización del proyecto y Dr. Garzón por el apoyo y amistad generada.*

*Jhonatan Danilo Hinojosa Estrella*

## **AGRADECIMIENTO**

*A mis padres por su apoyo y amor incesante que fue mi motivación y motor durante todos años para poder cumplir mi sueño.*

*A mis hermanos quienes siempre han creído en mí y me han ayudado a exigirme más lo que siempre me motivo a ser de excelencia.*

*A mi pareja que siempre estuvo para mí durante todo este proceso que me lleno de mucha confianza y valentía.*

*A mi tutor de tesis por brindarme todo su conocimiento, paciencia, profesionalismo para llevar a cabo este proyecto de excelencia y, sobre todo, durante estos años, por haberme motivado con su enseñanza a ser más y ser la mejor en lo que uno hace.*

*A mi compañero de tesis con quien siempre tuvimos la mejor predisposición y apoyo al realizar el trabajo y durante estos años de carrera a siempre ser solidarios entre nosotros.*

*Andrea Janella Naranjo Armijos*

## ***DEDICATORIA***

*A mi persona por la dedicades, resistencia y fuerza de voluntad para no rendirme.*

*A mi madre mediante su ayuda, consejos que me ayudo a llevar a delante la carrera universitaria.*

*A mi familia en general por el apoyo brindado y consejos otorgados.*

*Jhonatan Danilo Hinojosa Estrella*

## **DEDICATORIA**

*A mi familia ya que gracias a ustedes estoy ahora cumpliendo uno de mis más grandes sueños, les voy a estar eternamente agradecida porque siempre estuvieron para mí, su motivación, su amor, su preocupación el nunca dejarme sola y saber que cuento con ustedes para toda la vida hace mi mundo sea más fácil.*

*Esta tesis me la dedico por mi ininterrumpida perseverancia, por valentía, fortaleza y porque a pesar de todas las adversidades nunca me rendí y ahora recojo los frutos de todo eso un sueño que tenía desde muy pequeña y hoy en día es una realidad, gracias porque me demostré que puedo con todo y con más.*

*Andrea Janella Naranjo Armijos*

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “INDICADORES HEMATOLÓGICOS ASOCIADOS A LA INSUFICIENCIA CARDIACA CONGESTIVA EN BOVINOS EXPUESTOS A 3700 m.s.n.m EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA.”**

**Autores:**

Hinojosa Estrella Jhonatan Danilo

Naranjo Armijos Andrea Janella

### RESUMEN

La insuficiencia cardiaca congestiva es una patología de carácter no infeccioso que afecta a varias especies animales con una mayor predisposición a padecerla en bovinos que ocasiona problemas en las producciones y al no tener un tratamiento eficaz su mortalidad es inminente por ello sería indispensable contar con métodos que permitan evaluar la predisposición de la enfermedad. En general esta patología se desarrolló en países andinos que tienen estas condiciones de altitud donde se desarrollan explotaciones pecuarias por sobre los 3200 m.s.n.m lo que conlleva a problemas de aclimatación desencadenando la patología que inicia con mecanismos de compensación por hipoxia, provocando vasoconstricción, elevación de hemoglobina y hematocrito, resultando en hipertensión crónica en la arteria pulmonar. Por lo tanto, es necesario proporcionar indicadores hematológicos como modelos predictivos al desarrollo de la insuficiencia cardiaca congestiva evaluando diferentes criterios como constantes fisiológicas entre ellas la frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno, presión arterial media y temperatura junto con aquellos indicadores de hematocrito y hemoglobina. La investigación se realizó en la hacienda "LYG FARM", utilizando un muestreo de 100 bovinos sin discriminación de edad, sexo, estado reproductivo. Se determinó la correlación entre los indicadores hematológicos de hematocrito y hemoglobina (95%) que se asocia con el padecimiento de la insuficiencia cardiaca congestiva los valores superiores a los rangos fisiológicos cuando los animales se encuentran a una altitud inferior a los 3000 m.s.n.m; siendo estos indicadores mucho más fiables que los valores fisiológicos como: temperatura, saturación de oxígeno, presión arterial media, frecuencia cardiaca ya que estos son codependientes a distintos factores ambientales, de manejo y procesos infecciosos que el animal este cursando. El análisis económico revela pérdidas económicas asociadas a esta patología, afectando la rentabilidad de la explotación ganadera y resaltando la importancia de evaluar estos aspectos antes de adquirir animales de reemplazo.

**Palabras claves:** hematocrito, hemoglobina, insuficiencia cardiaca congestiva, bovinos

# **TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

## **FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**

**THEME: “HEMATOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL INDICATORS ASSOCIATED WITH CONGESTIVE HEART FAILURE IN CATTLE EXPOSED TO 3700 M.A.S.L. IN THE PROVINCE OF PICHINCHA”.**

**Authors:**

Hinojosa Estrella Jhonatan Danilo

Naranjo Armijos Andrea Janella

### **ABSTRACT**

Congestive heart failure is a non-infectious pathology that affects several animal species with a greater predisposition to suffer from it in cattle that causes problems in production and in the absence of an effective treatment its mortality is imminent, therefore it would be essential to have methods to evaluate the predisposition of the disease. In general, this pathology developed in Andean countries that have these altitude conditions where cattle farms are developed above 3200 m.a.s.l., which leads to acclimatization problems triggering the pathology that starts with hypoxia compensation mechanisms, causing vasoconstriction, elevation of hemoglobin and hematocrit, resulting in chronic hypertension in the pulmonary artery. Therefore, it is necessary to provide hematological indicators as predictive models for the development of congestive heart failure by evaluating different criteria such as physiological constants including heart rate, oxygen saturation, mean arterial pressure and temperature along with those indicators of hematocrit and hemoglobin. The research was carried out at the "LYG FARM" farm, using a sampling of 100 cattle without discrimination of age, sex, reproductive status. It was determined the correlation between the hematological indicators of hematocrit and hemoglobin (95%) that is associated with the suffering of congestive heart failure values higher than the physiological ranges when the animals are at an altitude below 3000 m. These indicators are much more reliable than physiological values such as: temperature, oxygen saturation, mean arterial pressure, heart rate, since these are co-dependent to different environmental factors, management and infectious processes that the animal is undergoing. The economic analysis reveals economic losses associated with this pathology, affecting the profitability of the cattle farm and highlighting the importance of evaluating these aspects before acquiring replacement animals.

**KEYWORDS:** Hematocrit, Hemoglobin, Congestive heart failure, Cattle.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	v
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	viii
AGRADECIMIENTO .....	ix
AGRADECIMIENTO .....	x
DEDICATORIA .....	xi
DEDICATORIA .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	xv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvii
ÍNDICE DE IMÁGENES .....	xvii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xvii
1 INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
5 OBJETIVOS .....	4
5.1 Objetivo general: .....	4
5.2 Objetivos específicos: .....	4
6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	5
7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	6
7.1 La ganadería bovina de altura en el Ecuador .....	6
7.2 Análisis de la rentabilidad ganadera .....	7
7.3 Insuficiencia cardiaca congestiva en bovinos de leche .....	8
7.4 Constantes fisiológicas .....	11
7.5 Valores fisiológicos hematocrito y hemoglobina .....	15
8 VALIDACIÓN DE HIPOTESIS CIENTÍFICAS .....	19
9 METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	19
9.1 Metodología .....	19

9.1.1	Área de investigación y duración del proyecto .....	19
9.1.2	Ubicación de la zona estratégica .....	20
9.2	Tipo de Investigación.....	20
9.2.3	Método Experimental.....	20
10	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	20
10.1	Técnica y procedimiento para la recolección de datos.....	20
10.2	Colecta de información.....	21
10.2.1	Obtención de parámetros fisiológicos .....	21
10.3	Evaluación de los indicadores hematológicos .....	22
10.4	Variables Medidas .....	23
10.5	Análisis Estadístico.....	23
11	UNIDAD EXPERIMENTAL .....	24
12	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	24
12.1	Evaluación del impacto económico en presencia de la ICC.....	32
13	IMPACTOS (SOCIAL Y TECNICO).....	34
13.1	Impacto social.....	34
13.2	Impacto técnico.....	34
14	CONCLUSIONES.....	35
15	RECOMENDACIONES .....	35
16	REFERENCIAS .....	36
17	ANEXOS.....	44
	Anexo 1. Datos informativos del docente tutor de titulación .....	44
	Anexo 2. Datos informativos del estudiante .....	45
	Anexo 3. Datos informativos del estudiante .....	46
	Anexo 4 Recolección de constantes fisiológicas .....	47
	Anexo 5. Colecta de datos hematológicos .....	47
	Anexo 7. Ubicación del lugar donde se desarrolló el proyecto de investigación .....	48
	Anexo 8. Aval del Traductor .....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Actividades y sistemas de tareas de los objetivos .....	5
<b>Tabla 2</b> Ubicación geográfica de la hacienda "L&G FARM" .....	19
<b>Tabla 3</b> Constantes fisiológicas y hematológicas .....	23
<b>Tabla 4</b> Categoría de animales y altitud.....	24
<b>Tabla 5</b> Producción individual .....	33
<b>Tabla 6</b> Producción hato .....	33
<b>Tabla 7</b> Producción con presencia de ICC .....	33

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 Evaluación de temperatura .....	24
Imagen 2 Evaluación de saturación de oxígeno .....	25
Imagen 3 Evaluación de frecuencia cardiaca .....	26
Imagen 4 Evaluación de presión media .....	27
Imagen 5 Evaluación de hematocrito (HCT%) .....	28
Imagen 6 Evaluación de hemoglobina (Hb) .....	29
Imagen 7 Evaluación de la relación (HCT)&(HB).....	30
Imagen 8 Evaluación lineal de parámetros hematológicos .....	31
Imagen 9 Correlación cualitativa (HCT)&(HB).....	32

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> Colecta de constantes fisiológicas .....	21
<b>Gráfico 2</b> Colecta de datos hematológicos con hemoglobinómetro "Mission Hb" .....	22

## 1 INFORMACIÓN GENERAL

**Título del proyecto:** Indicadores hematológicos y fisiológicos asociados a la insuficiencia cardíaca congestiva en bovinos expuestos a 3700 m.s.n.m en la provincia de Pichincha.

**Fecha de inicio:** octubre 2023

**Fecha de finalización:** febrero 2024

**Lugar de ejecución:** Hacienda L&G FARM, Quito-Ecuador

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**Carrera que auspicia:** Medicina Veterinaria

**Proyecto de investigación vinculado:** Implementación del programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche en la provincia de Cotopaxi.

### **Equipo de Trabajo:**

Molina Cuasapaz Edie Gabriel MVZ. Mtr (Anexo 1)

Jhonatan Danilo Hinojosa Estrella (Anexo 2)

Andrea Janella Naranjo Armijos (Anexo 3)

### **Coordinadores del Proyecto:**

Nombre/s: Andrea Janella Naranjo Armijos

Teléfonos: 0995721025

Correo electrónico: andrea.naranjo1817@utc.edu.ec

Nombre/s: Jonathan Danilo Hinojosa Estrella

Teléfonos: 0995176981

Correo electrónico: andrea.naranjo1817@utc.edu.ec

**Área de conocimiento:** Agricultura, silvicultura y pesca

**Línea de investigación:** Producción animal y biotecnología

**Sub líneas de investigación de la Carrera:** Biodiversidad, mejora y conservación de recursos zoogenéticos.

## 2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

En el Ecuador en el año 1450 su población estaba ubicada en la zona andina, entre los 2.500 m.s.n.m y 3.100 m.s.n.m donde se criaban animales de la zona. (1)(2)

La historia data que en el año 1537 (1) Sebastián de Benalcázar importa los primeros bovinos hasta Guayaquil, en su camino hacia Popayán animales son liberados durante este trayecto, las tierras eran propiedad exclusiva de la corona Española, sin embargo, el pasto y el agua era de libre uso desencadenando la actividad ganadera en la población ancestral.

Las condiciones ambientales que ofrece el Ecuador hacen que la ganadería sea una actividad común y rentable, históricamente se desarrollaban en zonas que hoy en día se han convertido en ciudades debido al crecimiento demográfico propio del país desplazando esta actividad a lugares más remotos y con condiciones ambientales adversas, además se crearon nuevas explotaciones más rentables en entorno a la agricultura como el brócoli y florícolas ocupando espacios más cercanos a la ciudad con menos altitud y condiciones climáticas favorables.

La demanda de espacio provoca que los productores buscan nuevos territorios los cuales en su mayoría se encuentran sobre los 4000 m.s.n.m; es debido a esto que un alto porcentaje de bovinos presentan problemas debido a esta condición de la altitud, acarreando una diversa cascada de patologías, un descenso en la producción e incluso llegando a ser predisponentes al deceso, mismos factores que influyen sobre la economía de los productores. (3)

Es así que la rentabilidad en cuanto se refiere a la explotación ganadera es sumamente importante realizar un control y prevención debido a la pérdida económica que este proceso representa en una explotación ganadera. En esta patología el único medio de “tratamiento” es descender al animal a la que este ha sido expuesto y ubicarlo en una inferior con el fin de contrarrestar el proceso fisiopatológico al cual fue sometido, evitando una pérdida económica sustancial, sin embargo, esta no es una solución efectiva y nada rentable, ya que conlleva a una pérdida económica por la movilización y descarte del animal.

En consecuencia, es necesario analizar ciertos indicadores hematológicos que permitan pronosticar si el bovino se encuentra en riesgo o no a desarrollar este fenómeno, además es necesario estimar la pérdida a nivel económico que representaría.

### 3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.

**Directos:** Propietarios de la hacienda L&G Farm dedicados a la actividad ganadera-lechera sobre los 3000 m.s.n.m.

**Indirectos:** Productores dedicados a la actividad ganadera-lechera sobre los 3000 m.s.n.m, así como grandes explotaciones ganaderas dedicadas a la misma.

### 4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La insuficiencia cardiaca congestiva también denominada (mal de altura) es una patología de carácter no infeccioso que afecta a varias especies animales con una mayor predisposición a padecerla en bovinos, según Bohemer 2015 la incidencia de la enfermedad es entre el 0,5 y 2% en bovinos nativos mientras que del 10 al 40% en animales introducidos provenientes de bajas altitudes (4) se tienen registros de signos clínicos evidentes uno de ellos es la congestión yugular el cual es observado en un 88.1%, edema en la zona del pecho en un 77.6% de los casos (5). Esta patología no dispone de un tratamiento eficaz que haya sido respaldado por la literatura, sin embargo, se han realizado varias pruebas con diferentes métodos entre ellos: la aplicación de diuréticos (6), antiinflamatorios (7) , uso de tocoferol con adrenalina (8), medicamentos para la hipertensión pulmonar (9), reforzar el trabajo cardíaco con el uso de cardiotónicos, evitar el ejercicio y otorgar un ambiente favorable en relación a la temperatura. (10)

Es importante mencionar que la enfermedad al no tener una cura ocasiona la mortalidad de los animales aproximadamente en un 25% (11), en un estudio desarrollado por Espreilla 2022 se demostró que a nivel ecográfico donde se demuestra que 82,1% de animales expusieron una pericarditis traumática mientras que 88,1% (5) evidenciaron una hepatomegalia que se puede asociar a la pericarditis traumática, estos estudios fueron detallados en un examen post-mortem. Debido a que esta patología afecta con mayor incidencia a aquellos países que desarrollan la ganadería en pisos climáticos superiores a los 3000 m.s.n.m los estudios realizados en torno a la insuficiencia cardiaca congestiva son limitados desenvolviéndose principalmente en países andinos como Bolivia, Perú y Ecuador.

En el Ecuador el 80% de las familias que habitan zonas rurales del páramo poseen al menos 1 a 2 bovinos, en su mayoría se localizan a una altura media de 3600 m.s.n.m ya que un aproximado de 312000 hectáreas son dedicadas a la ganadería según el ESPAC 2021 (12); en el Ecuador existen 4.4 millones de cabezas de ganado y en la sierra Ecuatoriana está representada por 2.1 millones de bovinos (13), esta zona es de suma importancia ya que los



sistemas de explotación ganadera en estas condiciones es donde podemos observar el desarrollo de esta patología ocasionando una baja rentabilidad en dichas producciones debido a la insuficiencia cardiaca congestiva la cual puede estar sometida a un estudio predictivo mediante la valoración de parámetros hematológicos y constantes fisiológicas.

Existen parámetros fisiológicos (Presión sistólica, presión diastólica, presión media, saturación de oxígeno, frecuencia cardiaca) que señalan sobre la predisposición de un animal a la enfermedad (6), sin embargo, los indicadores hematológicos podrían ser más acertados (14), ya que ante la exposición a la hipoxia estos valores cambian, tomando en cuenta que ciertos animales con valores de hematocrito y hemoglobina muy elevados previos a someterlos alturas sobre 3000 m.s.n.m es poco probable que estos logren aclimatarse a la altura y nos indicarían de manera más confiable y rápida un diagnóstico.

Es por ello que esta investigación evaluó los parámetros como es hematocrito y hemoglobina siendo estos parámetros los más destacables en cuanto a la detección de la insuficiencia cardiaca congestiva junto con un análisis de las pérdidas económicas que conlleva la presencia de esta patología.

## **5 OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general:**

Evaluar los indicadores hematológicos mediante el uso de un hemoglobinómetro como modelo predictivo de la insuficiencia cardiaca congestiva en bovinos expuestos a 3700 m.s.n.m.

### **5.2 Objetivos específicos:**

- Identificar las constantes fisiológicas como factores de riesgo asociados con la presentación de la insuficiencia cardiaca congestiva.
- Analizar el hematocrito y hemoglobina como indicadores de la insuficiencia cardiaca congestiva.
- Evaluar el impacto económico generado por la insuficiencia cardiaca congestiva en las ganaderías ecuatorianas.

## 6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 1** *Actividades y sistemas de tareas de los objetivos*

<b>OBJETIVO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>MEDIO DE VERIFICACIÓN</b>
<b>Objetivo Específico N° 1</b>			
<b>Identificar los factores de riesgo asociados con la presentación de la insuficiencia cardiaca congestiva.</b>	Revisión de literatura y trabajo en campo con la recopilación de datos fisiológicos mediante el uso del dispositivo “NONIN 8600V”.	Hematocrito y hemoglobina con una confiabilidad del 95%.	Base de datos elaborado en el programa “EXCEL”, los datos se obtuvieron mediante el uso del dispositivo “NONIN 8600V”.
<b>Objetivo Específico N° 2</b>			
<b>Analizar el hemocrito y hemoglobina como indicadores de la enfermedad congestiva cardiaca.</b>	Obtención de muestras en campo con un hemoglobímetro o “MISSION HB”.	En el grupo “pie de cría” se obtuvo un rango máximo de 42% de HCT y 14.8 g/dl de Hb, y en el grupo “cunas” se encuentran valores atípicos del 46% para HCT y 15.7 g/dl para Hb.	Base de datos de la información recolectada por medio de la memoria extraíble del equipo “MISSION HB”.
<b>Objetivo Específico N° 3</b>			
<b>Evaluar el impacto económico generado por la insuficiencia cardiaca congestiva en las ganaderías ecuatorianas.</b>	Revisión de literatura y recolección de datos económicos de la hacienda donde se realizó el proyecto.	Existe una pérdida por lactancia de \$ 8247,20, una pérdida de \$300 mensuales por fertilidad y una pérdida del 87.6% por animal descartado.	Análisis económico realizado en el proyecto de investigación.

*Elaborado por: Naranjo A. & Hinojosa D. (2024)*

## **7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

La presente investigación se desarrolló como prólogo de un proyecto previo el cual evaluó los parámetros fisiológicos como saturación de oxígeno, temperatura, frecuencia cardiaca, presión diastólica y sistólica, bajo estos parámetros además de la adición del análisis bioquímico y su interacción en el organismo animal podremos continuar con el presente.

### **7.1 La ganadería bovina de altura en el Ecuador.**

A inicios del siglo XX, las enormes haciendas se han dividido familiarmente y pertenecen a un mayor número de propietarios (1). En la medida que comienzan a crecer las ciudades y pueblos, también aumenta la demanda de leche por lo cual se requieren animales especializados en la producción láctea es allí donde se recurre a la inseminación artificial, sin embargo, el problema que acarrea es que los sementales no son animales adaptados al medio del Ecuador razón por la cual existe un aumento de los casos positivos a ICC (15), y esto estimula al desarrollo de su producción. Se importaba en su mayoría razas de ganado lechero de climas fríos las cuales encontraron un clima ideal en la Sierra Ecuatoriana donde su temperatura climática varía de 4°C a 28°C grados centígrados (16). La abundante provisión de agua, que se recoge en los páramos y desciende hasta las zonas de pastoreo, provee agua limpia para bebederos y riego de los pastizales. (17)

Si bien el ganado importado contaba con ventajas productivas, el ganado criollo que se adaptó hace más de 400 años a las condiciones de la zona como es la altura, el sol y las variaciones de temperatura esta “interacción ambiental” imponía características genéticas al nuevo ganado mestizo nacido en el Ecuador. No había ningún conocimiento en la época, sobre producir leche en la altura y de hecho en América había solo cuatro países en el Pacífico que producían leche sobre 2000 m.s.n.m. (1) . Durante mucho tiempo se pensó que traer ganado de otras partes del mundo de climas fríos se adaptaría a la sierra ecuatoriana, de ahí los múltiples fracasos, hasta mediados de siglo, se invirtió mucho económicamente, en tecnología y mano de obra para asentar comercialmente la producción de leche. Un alto porcentaje del ganado importado, (en especial las hembras) mueren por lo difícil de adaptarse a la altura, las diferencias de temperatura, además del tipo de nutrición. (2)

Ante la comunidad internacional es de gran admiración que en el Ecuador existan sistemas ganaderos especializados en la producción de leche sobre los 2.500 y 3.500 m.s.n.m, en específico la sierra ecuatoriana donde se sitúan las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha,

Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo, y los demás australes de: Cañar, Azuay y Loja. (18)

El cantón Machachi es el líder en producción láctea posee el ganado lechero más antiguo del Ecuador con alto valor genético según bases de datos de 1948 tenían un promedio de 3.8 litros de leche al día, hoy este promedio alcanza los 17.8 litros y existen varias que alcanzan sobre los 25 litros por día (1). Perteneciente a la provincia de Pichincha que encabeza la producción de leche del Ecuador (17), tomando en cuenta que en esta zona se encuentra con un alto índice pluvial lo que mantiene a sus pastos en condiciones ideales, otorgando una alimentación balanceada y constante durante todo el año, los forrajes que se emplean en esta zona son: El trébol blanco y rojo, los Ray-Grass, el pasto azul, el kikuyo, gramíneas y leguminosas (19); expresan altos valores nutricionales esto combinado con la genética que se ha desarrollado ha logrado una producción láctea de 40 litros de leche al día, por hectárea lo cual es un récord mundial, más aún cuando esta producción se da sobre los 2.600 metros de altura llegando hasta los 3.300 m.s.n.m. (1)

## **7.2 Análisis de la rentabilidad ganadera**

La explotación ganadera es una de las bases del sector agropecuario del Ecuador contribuye al dinamismo de la economía rural con la oferta de productos cárnicos y lácteos siendo estos una parte de la canasta básica del país. Según el Banco Central del Ecuador, el sector agricultura, ganadería, silvicultura y pesca aporta al PIB nacional el 9,63% con \$9.626.014 miles de dólares. (18)

Los bovinos lideran el sector de explotación animal según datos de la corporación financiera nacional (CFN) en el Ecuador datan de 3,9 millones (13) de cabezas de ganado, la producción de leche es una pauta importante en el Ecuador ya que genera millones de plazas de empleo de manera directa o indirecta, se data de 6.152.841 millones de litros de leche diarios (12), siendo una parte fundamental de la producción láctea la provincia de Pichincha, la cual en su mayoría alberga explotaciones ganaderas por sobre los 3000 m.s.n.m representado en gran medida por el páramo. (20)

En el Ecuador el páramo está representado por aproximadamente un 6% del territorio nacional (20), esto quiere decir que un aproximado de 312.000 hectáreas en el páramo son usadas para la ganadería y otras actividades agrícolas ya que, según el ESPAC, de la superficie total 5,2 millones de hectáreas están bajo uso agropecuario. Esta área tiene precipitaciones entre 500 y 1.000 mm por año. La temperatura promedio anual varía entre 3 y 12 grados centígrados. (21)

En zonas que sobrepasan los 3.600 m.s.n.m, se crían vacas secas y animales de engorde, estos están sometidos a un pastoreo libre, una ventaja de este método de crianza es que la carga animal se distribuye mejor debido a las grandes extensiones de terreno que tienen a disposición, y se ahorra en mano de obra. Uno de los sistemas más empleados en esta zona es el extensivo con cría de animales de diferentes especies, presenta ciertas ventajas como una infraestructura menos sofisticada, reducción de mano de obra, menos gastos en fertilización de potreros. La mayoría de las familias tradicionales de esta zona emplean este método de crianza donde tienen a sus bovinos cerca de sus viviendas para el aprovechamiento de su leche tanto para autoconsumo como para la venta. En la región interandina del Ecuador, los páramos son utilizados el sistema extensivo (19) a pesar de su altitud, topografía y ecología la actividad más común es la ganadería misma que no cuenta con un sistema tecnificado generando una serie de problemas relacionados a factores como alimentación deficiente, escasos controles sanitarios, limitado suministro de minerales y alimentos concentrados (16). La actividad ganadera refiriéndonos a la producción de leche es un actividad que genera ingresos favorables en explotaciones ganaderas no tecnificadas deficientes, sin embargo, el manejo ideal del forraje de la zona incrementaría la producción explotando al máximo el potencial genético del animal siendo un beneficio económico al reducir gastos en la adquisición de concentrado. (21)

Otros componentes que han impedido que los productores logren mejores resultados productivos en sus hatos son: la falta de capacitación del productor, un manejo inadecuado de composición del hato, ausencia o mal uso de registros con una asistencia técnica deficiente y claro está el problema de las producciones asociados a la altitud ya que al no existir un tratamiento eficaz se producirían pérdidas económicas sustanciales.

### **7.3 Insuficiencia cardiaca congestiva en bovinos de leche**

#### **Etiología**

La Insuficiencia cardiaca congestiva es una patología de carácter no infeccioso, afecta a varias especies de mamíferos siendo los bovinos animales con alta predisposición a padecerla, además se han hallado estudios de la presencia de la ICC en aves, sin embargo no se existen registros en equinos y mucho menos en caninos (22). Se caracteriza por una severa hipertensión pulmonar con concomitante insuficiencia del corazón derecho (23), ocasionado por la baja presión de oxígeno y el frío. Se suele producir a alturas superiores a los 2000 m.s.n.m. La especie bovina posiblemente es una de las más sensibles a esta condición, puede conducir a un estado de ICC incompatible con la vida, condición conocida como Mal de altura. La enfermedad

se relaciona con la hipoxia crónica ambiental en las grandes alturas, debido a la baja presión parcial de oxígeno atmosférico existente (24). La respuesta característica a estos factores es el desarrollo de una hipertensión arterial pulmonar, lo cual ocurre como resultado del estrechamiento del lumen de las arterias pulmonares debido a la vasoconstricción, hipertrofia e hiperplasia de las células musculares lisas de la arteria pulmonar (25), y se caracteriza por un incremento de la resistencia vascular pulmonar que dificulta la expulsión de sangre por el ventrículo derecho, produciendo una ICC (26) y la muerte del animal; aproximadamente es del 3% al 5% de todos los bovinos presentan el padecimiento y la mortalidad se estima en un 25%. (11)

### **Incidencia**

La incidencia total de la enfermedad está entre los 0.5 a 2% en bovinos nativos residentes a una altura alrededor de 2130 m.s.n.m y entre 10 a 40% en animales introducidos de bajas altitudes. (4)

### **Factores de riesgo**

- En Holstein más que en Brown Swiss. (27)
- En razas puras que animales cruzados. (27)

### **Patogenia**

La constricción arteriolar pulmonar es la respuesta a la hipoxia debida a la permanencia a grandes altitudes o a una enfermedad pulmonar. La respuesta a la hipoxia varía dependiendo de la cantidad de músculo liso en las arterias pulmonares. En el ganado bovino con frecuencia se desarrolla un aumento de la resistencia vascular pulmonar e hipertensión pulmonar. La hipertensión crónica de la arteria pulmonar causa una sobrecarga de presión en el ventrículo derecho, que responde con una hipertrofia, dilatación o insuficiencia, dependiendo de la velocidad con la que se desarrolla la afección. La enfermedad es progresiva y, en algunos estadios, el miocardio ventricular derecho no es capaz de compensar, se dilata y falla. Con la insuficiencia aparecen los signos típicos de distensión venosa yugular y se desarrolla edema subcutáneo. La insuficiencia cardiaca derecha crónica puede provocar disfunción del ventrículo izquierdo. (28)(29)(30)

### **Signos clínicos**

- Taquipnea, disnea y taquicardia.(31)
- Mucosas cianóticas. (23)



- Ingurgitación de la vena yugular y edema subcutáneo. (5)
- Diarrea profusa. (32)

### **Lesiones**

- Edema generalizado. (33)
- Pulmones congestionados. (8)
- Hipertrofia ventricular derecha dilatación cardíaca y congestión en órganos como riñones y bazo. (34)

La congestión yugular es el signo clínico más evidente con un (88,1%) de casos observados mientras que el edema en la zona del pecho marca un (77,6%) (5) siendo estos dos los signos clínicos más evidentes de la enfermedad congestiva cardíaca según estudios de Mustafa en 67 casos descritos; sin embargo también se desarrollaron estudios a nivel ecográfico donde se demuestra que (82,1%) (5) de animales expusieron una pericarditis traumática mientras que (88,1%) evidenciaron una hepatomegalia que se puede asociar a la pericarditis traumática; se evidencio mediante otros autores que aumento 12% del calcio (Ca) en el riñón y una disminución del 9% del (Ca) en el corazón mientras que el sodio (Na) del hígado fue un 5% inferior mientras que el (Na) del riñón un 3% superior. (35)

### **Tratamiento**

El único tratamiento eficaz es bajar al animal afectado hasta una altura inferior.

Algunos intentos de tratamiento incluyen: Aplicar diuréticos como las furosemidas (6). Suministrar antiinflamatorios no esteroides tales como ketoprofeno (7) otros tratamientos realizados fueron el uso de tocoferol, diuréticos y adrenalina (8); el uso de diuréticos junto con medicamentos para la hipertensión pulmonar reforzar el trabajo cardíaco con el fortalecimiento cardíaco lento o rápido mediante cardiotónicos vía parenteral (Digoxina) sumado el evitar el ejercicio excesivo y otorgar al animal un ambiente abrigado si la temperatura es muy baja. (10)

### **Prevención y control**

Evitar el ascenso a alturas sobre los 3500 m.s.n.m a animales genéticamente susceptibles en especial la raza Holstein, un método de aclimatación sería el ascenso paulatino puede ayudar a una aclimatación exitosa; el seleccionar animales que tengan la capacidad de resistir estas condiciones climáticas mediante pruebas previas a su movilización estos análisis incluirían valores sanguíneos a evaluar como el hematocrito y hemoglobina. (32)

La insuficiencia cardiaca congestiva es un estado de ruptura de la homeostasis, siendo un factor de riesgo la predisposición genética, así que animales de alta genética inciden en este padecimiento no así animales adaptados a este factor como bovinos propios de la localidad que ya hayan pasado varias generaciones en esa zona y les ha proporcionado una aclimatación más no adaptabilidad. (36)

Entre los términos adaptabilidad y aclimatación no debe relacionarse en su totalidad, ya que la aclimatación por su parte es cuando un animal es expuesto desde su primera generación a ciertas condiciones climáticas por lo tanto toda su progenie obtendría esta característica, mientras que adaptabilidad se refiere cuando esta debe prolongarse hasta varias generaciones posteriores que ha durado miles de años para que el organismo desarrolle la homeostasis que implican funciones anatómicas y bioquímicas en contraste al desarrollo muscular. (37)

En concordancia con lo anteriormente mencionado es aquí en donde encontramos al yak (*Bos gruien*) el cual pertenece al género "Bos" mismo género que los bovinos generalmente lecheros, siendo los primeros animales adaptados a las alturas debido al prolongado tiempo de exposición al ambiente, de la misma manera encontramos a los camélidos sudamericanos del género Lama, la llama doméstica (*Lama glama*) y su pariente menos domesticado la vicuña (*Lama vicusua*) estos animales no solo han logrado una adaptación en donde la anatomía de los eritrocitos han tomado una forma elipsoidal proporcionando una mayor aerodinámica con la finalidad de permitir la eficiencia en el transporte de oxígeno. (38)

#### **7.4 Constantes fisiológicas**

El llevar un control sobre la salud de los animales es de suma importancia para los médicos veterinarios y los productores lo que conlleva una mejora en la rentabilidad por lo cual es importante llevar un control estricto de manera continua para poder observar cambios en la salud del animal, tomando en cuenta que los principales parámetros son temperatura, saturación de oxígeno, frecuencia cardiaca y presión media.

##### **Temperatura**

La temperatura corporal es un indicador importante dentro de las constantes fisiológicas evaluadas en un examen clínico (4). El termómetro de mercurio y el termómetro digital (39) son dos de los instrumentos más utilizados para medir la temperatura corporal en animales (40). Con el tiempo se han desarrollado nuevas tecnologías para medir la temperatura corporal, como el termómetro infrarrojo, cámara infrarroja y dispositivos portátiles que nos permiten tomar valores fisiológicos de manera más rápida y precisa.

Dentro de los indicadores que la temperatura nos ayuda a evaluar esta la hipertermia por altas temperatura ya sea por un proceso infecciosa o condición ambiental, a detectar el celo a temperatura aumenta hasta la etapa de la ovulación y luego empieza a disminuir, junto con la humedad nos podría dar un indicador de estrés por calor en estos animales. La temperatura es un factor ambiental ligado a la altura, mientras más altitud baja la temperatura.

### **Regulación de temperatura**

Los bovinos tienen la capacidad de regular su metabolismo para mantener en equilibrio la temperatura corporal realiza por mecanismos fisiológicos (41) que se dividen en 3 fases la sensación térmica aferente que se capta por termorreceptores tanto para el calor como para el frío los cuales se encuentran en diferentes zonas del sistema nervioso central, partes del cuerpo piel y órganos en cargados de llevar la información para iniciar los mecanismo con el fin de eliminar o mantener el calor (42), ahora bien la regulación de temperatura central se genera a nivel del hipotálamo y se estimula cuando la temperatura corporal disminuye por el proceso de vasoconstricción pero si la temperatura aumenta se activa el proceso de vasodilatación. las respuestas eferentes por su parte se realizan por disipación que se divide en radiación, conducción, convección y evaporación, mientras que el mecanismo de conservación del calor se divide en autónomo y voluntario los cuales activan el sistema adrenérgico lo que estimula la contracción de músculo liso y polis electores que reduce la pérdida de calor. Un dato interesante es que el consumo de alimento permite la obtención de calor porque sube el metabolismo oxidativo, también la ingesta de alimento, por ejemplo, permite obtener calor al aumentar el metabolismo oxidativo. (43)

### **Saturación de oxígeno**

La saturación de oxígeno es un factor que nos permite evaluar la cantidad de oxígeno presente en la sangre (44). El porcentaje de oxígeno en sangre es de suma importancia valorarlo dentro del estado fisiológico normal del animal es por ello que para su valoración se usa un oxímetro que precisamente nos da a detalle el porcentaje de saturación de hemoglobina en la sangre periférica de manera no invasiva La valoración de la saturación de oxígeno se realiza mediante un pulsioxímetro, su función es medir el porcentaje de saturación de la hemoglobina en la sangre periférica, de una forma no invasiva , sin embargo este método presenta sus limitantes, no refleja con exactitud y precisión los niveles de oxígeno a nivel arterial, ya que solo mide la fracción libre de oxígeno en la circulación sanguínea. (45)

### **Alteraciones en la saturación de oxígeno**

Los niveles de saturación de oxígeno pueden modificarse por patologías como: la hipertensión arterial pulmonar, enfermedades respiratorias agudas o crónicas asociadas a la hipertensión pulmonar, que causan hipoxias crónicas a nivel cardiovascular la frecuencia cardiaca y el volumen sistólico en forma conjunta representan el gasto cardiaco, cuando el animal se expone a grandes altitudes hay una disminución de la presión inspirada de oxígeno y se genera un aumento del gasto cardiaco. (46)

### **Oximetrías del pulso**

Utiliza la metodología espectrofotométrica y mide la saturación de oxígeno iluminando la piel y midiendo los cambios en la absorción de luz de la sangre oxigenada y la sangre desoxigenada. El oxímetro mide la luz roja y la luz infrarroja transmitida y reflejada por un lecho de tejido. Los oxímetros de pulso tienen dos sensores con diodos emisores de luz. (45)

### **Frecuencia cardiaca**

La frecuencia cardiaca (FC), es uno de los parámetros más utilizados para analizar y evaluar la actividad del corazón. Se define como el número de veces que el corazón se contrae para impulsar la sangre por medio del organismo en un minuto o los latidos por minuto, el pulso se puede tomar en cualquiera de las venas superficiales del animal, que pueden ser la vena submandibular, vena abdominal subcutánea o puede ser también en la vena yugular que es relativamente fácil, ya que esta corre por la zona inferior del cuello y en la mayoría de los casos es muy prominente. Este factor nos refleja en la regulación entre el sistema autónomo, regula la presión arterial, intercambio de gases el funcionamiento del intestino, corazón y el tono vascular. (22). Las propiedades mecánicas son: Inotropismo (o contractibilidad) es la capacidad que tiene el músculo cardiaco de transformar en fuerza contráctil la respuesta a un estímulo. La relajación se refiere a la capacidad de relajación que tiene el músculo cardíaco, forma parte del proceso excitación contracción-relajación y como la contracción, también depende del ATP y del calcio. La relajación determina el tiempo de llenado ventricular y consecuentemente incidirá en el volumen sistólico. (27)

El incremento del número de contracciones cardiacas, en estado de reposo, superior a 90 por minuto en los bovinos adultos, debe ser considerado como un importante síntoma de un trastorno circulatorio, lo mismo que cuando estas cifras rebasan las 100 por minuto en los becerros y las 110 en los terneros. La frecuencia cardiaca es un importante indicador del estado del corazón en diferentes situaciones en este caso de acuerdo a la ICC el corazón tiende a

incrementar los episodios de sístole y diástole aumentando el flujo sanguíneo como método de compensación para el transporte de oxígeno a todo el organismo. (33)

### **Regulación química de la frecuencia cardíaca**

Ciertas sustancias químicas afectan la fisiología básica del músculo cardíaco y la frecuencia cardíaca. La adrenalina y la noradrenalina (de la médula suprarrenal) aumentan la contractilidad del corazón. Estas hormonas estimulan las fibras del músculo cardíaco de manera similar a la noradrenalina liberada por las terminaciones nerviosas simpáticas: aumentan la frecuencia y el inotropismo (contractilidad). La hormona tiroidea también aumenta la contractilidad y la frecuencia cardíaca. Los signos de hipertiroidismo causan taquicardia. El aumento de las concentraciones de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  en la sangre disminuye la frecuencia cardíaca y la contractilidad. Los aumentos moderados del  $\text{Ca}^+$  intersticial aumentan la frecuencia cardíaca y la contractilidad. Otros factores que regulan la frecuencia cardíaca La edad, el sexo, el nivel de ejercicio y la temperatura corporal también influyen en la frecuencia cardíaca en reposo. Un aumento de la temperatura corporal, como el que ocurre durante la fiebre o el ejercicio vigoroso, da como resultado una descarga más rápida del nódulo SA y un aumento de la frecuencia cardíaca. Una disminución de la temperatura corporal disminuye la contractilidad y la frecuencia. (35)

### **Presión media**

La determinación de la presión arterial es crucial para la evaluación final del sistema circulatorio. Se define como la fuerza que ejerce la sangre sobre la pared de la arteria. Este es el resultado de la relación entre el proceso de contracción del corazón, la cantidad de sangre que sale del corazón y la resistencia de las arterias. Por esta razón, en un ciclo cardíaco, durante la contracción, la sangre expulsada del ventrículo izquierdo hacia las arterias (sístole), la presión arterial es más alta y se llama presión arterial sistólica (PAS). y en la fase en la que el corazón se relaja -diástole- se produce una presión arterial más baja, conocida como presión arterial diastólica (PAD). Otra medida de la presión arterial es la presión arterial media (PAM), que representa la presión arterial promedio durante el ciclo cardíaco, determinada mediante fórmulas matemáticas; La unidad de medida es mmHg (milímetros de mercurio). El valor de la PAM es dependiente del flujo sanguíneo y de la resistencia periférica al flujo (que resulta del rozamiento entre la sangre y las paredes de las arterias) y, por lo tanto, está determinada por parámetros cardíacos como vasculares. La relación entre dichos parámetros está representada en la fórmula que describe la PAM como la resultante de la interacción entre el volumen minuto

cardiaco (VMC), la resistencia vascular sistémica o resistencia periférica (RP), y la presión venosa central (PVC). (24)

### **Equipo de parámetros fisiológicos**

Para poder medir estos parámetros se usó un dispositivo portátil especial el cual se describe a continuación. El 8600V es un oxímetro de pulso pequeño, ligero y portátil con alarmas audibles y visuales para controlar el estado de los animales. El 8600V determina la saturación arterial de oxihemoglobina (SpO<sub>2</sub>) midiendo la absorción de la luz roja e infrarroja que pasa a través del tejido. Los cambios en la absorción causados por la pulsación de la sangre en el lecho vascular se utilizan para determinar la saturación arterial y la frecuencia del pulso. La saturación de oxígeno y la frecuencia de pulso se muestran en las pantallas digitales de diodo emisor de luz (LED). En cada pulso detectado, el indicador de perfusión (M/4) parpadea. Las señales de perfusión animal se clasifican como buenas, marginales o inadecuadas y están indicadas por el indicador MA que parpadea en verde, amarillo o rojo, respectivamente. Este sencillo método le da al usuario un pulso. (47)

## **7.5 Valores fisiológicos hematocrito y hemoglobina**

### **Hematocrito**

Indica la masa eritrocitaria respecto al volumen total de sangre, por lo que su valor es influido, tanto por la técnica que se aplique para su determinación, como por las circunstancias que originen un aumento o una disminución del volumen plasmático (hemodilución o hemoconcentración). Valores de hematocrito superiores al 60% o inferiores al 30% deben considerarse inicialmente como patológicos. (27)

Es una fracción volumétrica de hematíes. Indicador clave del estado corporal de hidratación, anemia o pérdida grave de sangre, así como la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. Una lectura reducida indica hiperhidratación que aumenta el volumen plasmático, o a una reducción en la cantidad de hematíes debido a anemias o a hemorragias. Un hematocrito alto puede deberse a pérdida de fluidos, como por ejemplo una deshidratación, un tratamiento con diuréticos o quemaduras o bien a un aumento de los hematíes tal como sucede en los trastornos cardiovasculares y renales, la policitemia vera y los problemas de ventilación (30) . Las células sanguíneas son sólidas y ocupan un volumen espacial, pero están flotando en un líquido. A todo ese conjunto de células y líquidos le llamamos sangre. Si la dejamos reposar, se formará un sedimento, Entre más o menos células existan en la sangre, veremos un sedimento más o menos espeso, respectivamente. Este es el principio del hematocrito. (9)

### **Causas de aumento del hematocrito:**

- Deshidratación. Esta es la causa más común. La mayoría de los pacientes que asisten a consulta y se hacen candidatos a un hemograma, no han comido ni tomado suficiente agua, o incluso tienen vómito y/o diarrea abundante. Esto les causa una deshidratación tal que el hematocrito aumenta por pérdida de líquidos. (11)
- Ejercicio intenso, miedo o excitación. Por espasmo de vasoconstricción que libera mayores cantidades de eritrocitos a la circulación. (48)

### **Causas de disminución del hematocrito:**

- Anemia. Ésta es la causa más común, pero puede haber algunos trucos en la interpretación de resultados. (32)
- Hemólisis. La destrucción de los eritrocitos puede causar la disminución del hematocrito, pero es necesario asegurarse de dónde proviene dicha lisis, ya que suele ser común que se trate de mal manejo de la muestra, desde su extracción hasta el envío al laboratorio. Otra causa de hemólisis son las enfermedades hemolíticas, por lo que será necesario asegurarse antes de emitir un criterio. (49)

### **Hemoglobina**

El oxígeno se transporta dentro del organismo con la ayuda de la hemoglobina (Hb) dentro de los glóbulos rojos, la capacidad de transporte son 4 moléculas de oxígeno, cuando se completa esta cantidad se considera saturada. En el organismo los eventos de hipoxia a grandes alturas, generan mecanismos de aclimatación respiratoria, produciéndose una mayor ventilación pulmonar junto a la alcalosis respiratoria, e hipoxemia, induce una mayor eritrocitosis mediada por la elevación de la eritropoyetina, cuando la presión arterial pulmonar se eleva por efecto de la altura, los eventos de adaptación cardiovascular se activan, ocasionando que el lado derecho del corazón se ensanche, generando insuficiencia cardíaca congestiva. (50)

### **Equipo de parámetros hematológicos**

El Medidor de Hemoglobina “Mission Hb” es un sistema diseñado para la determinación cuantitativa de hemoglobina (Hb) y el cálculo de hematocritos (Hct) en sangre humana, capilar o venosa. Es un sistema ideal para utilizarse en campañas de salud pública para descartar problemas de anemia o policitemia, así como para bancos de sangre para descartar posibles donadores. Además, el medidor “Mission Hb” brinda información de suma importancia para los encargados de Salud Ocupacional en diversas industrias. (51)

## **Interpretación del hemograma**

El hemograma proporciona la información básica necesaria para conocer el estado hematológico del individuo. Los valores hematimétricos son datos de los exámenes de laboratorio de mayor utilidad, que se realiza ampliamente en el mundo y permite determinar normalidad, cambios fisiológicos, alteraciones asociadas a enfermedades no hematológicas o trastornos hematológicos como tales. Los valores en los eritrocitos y la hemoglobina son valores dinámicos cuando están sometidos a altura (48), existe una compensación de oxígeno incrementando eritrocitos en sangre para el organismo en homeostasis. En el Ecuador no se han hecho estudios relacionados con los parámetros hematológicos en la altura en bovinos. Por lo mencionado nuestro trabajo tiene el objetivo de determinar el hematocrito y hemoglobina en específico en bovinos que se desarrollan a 2500 m.s.n.m y su intento de aclimatación a una altura de 3700 m.s.n.m.

## **Valores hematológicos en exposición a la altura en bovinos**

En el caso de bovinos, el efecto de la altitud causa cambios en la concentración de hemoglobina (Hb), el recuento de glóbulos rojos (RGR) y el hematocrito (HTC) (27). La policitemia se caracteriza por la elevación del RGR; uno de los factores que la ocasiona, es la exposición a ambientes hipóxicos; esta elevación del RGR (10) es considerado un mecanismo compensatorio para mejorar el aporte de oxígeno a los tejidos (52). El incremento de la secreción de eritropoyetina ocurre para compensar la menor disposición de O<sub>2</sub> en la sangre circulante (53). Por ello se observa policitemia en el proceso de aclimatación de humanos que radican en ambientes de gran altitud (54). La menor disposición de oxígeno en la sangre se da como resultado de la disminución del grado de saturación de oxígeno en la hemoglobina (Hb) por la disminución de la presión parcial de oxígeno en los alveolos pulmonares. Para compensar esta menor saturación, se produce una elevación en RGR, sin embargo, la elevación del HTC ha sido asociada con el incremento de la presión arterial (32), con los subsecuentes problemas cardiovasculares.

En el caso de los bovinos un estudio realizado (7) se evidenció que los valores de Hb pueden variar de los 8 g/dL cuando se encuentran a nivel de mar, a valores de 13.8 g/dL cuando se encuentran expuestos por 30 días a altitudes de 3,320 m.s.n.m. Esto relacionado a bovinos de la raza Holstein, siendo un contraste con lo hallado por que los valores de la raza Brown Swiss (55) son más adaptables a la zona, sin embargo el animal por excelencia que se encuentra en el Ecuador es la raza Holstein; siendo estos dos pertenecientes a la familia de los bovinos, como



especie estos animales al ser introducidos a América y más específicos al Ecuador son susceptibles a desarrollar la ICC, muy diferente a animales desarrollados desde el inicio de la población de fauna en América como es el caso de los camélidos sudamericanos (Llamas, alpacas, vicuñas y guanacos), estos animales al haber estado expuestos a condiciones extremas (56) por varias generaciones han desarrollado mecanismos de adaptación. Uno de los mecanismos más estudiados en su alto contenido de glóbulos rojos que se encuentran por sobre los 13'000,000/mm<sup>3</sup> (57) otros valores importantes pero menos datados son los valores medios de eritrocito que es 35,5% y 38% y la hemoglobina en 13,5a 15,1 g/100ml (58) resulta interesante el análisis de estos datos ya estos valores nos indican. (58)(59)

### **Adaptaciones a la altura de camélidos sudamericanos**

Mediante referencias bibliográficas el análisis de estos valores nos indica que los camélidos sudamericanos ya poseen una adaptación eritrocítica al medio tan relevante es esta información que incluso estudios afirman que los glóbulos rojos son de menor tamaño y con una forma elipsoidal a manera de mejorar la aerodinámica proporcionando una eficiencia en el transporte de oxígeno (60). Según bases de datos el diámetro mayor se ubica entre 6.3 y 6.56, mientras que los valores medios del diámetro menor se encuentran entre 3.25 y 3.32 de los glóbulos rojos. (60)

Los camélidos sudamericanos tienen mejor eficiencia en cuanto a la oxigenación ya que existen ciertas modificaciones genéticas una de ellas es la afinidad creciente del oxígeno de la hemoglobina de la llama. (61)

Las paredes de los vasos sanguíneos contiene óxido nítrico (61), normalmente los glóbulos rojos evitan el contacto directo con estas paredes (62) al existir una patología como la ICC el flujo sanguíneo aumenta y satura estos vasos sanguíneos ocasionado que se reduzca el contacto directo con el óxido nítrico y este crea una reacción vasoconstrictora. Las llamas al tener eritrocitos de menor tamaño (63) cuando se produce una saturación los vasos sanguíneos no se colapsan evitando el contacto con las paredes que contiene óxido nítrico, siendo una este un mecanismo de adaptación. (56)

Los glóbulos rojos en esta especie tienen una vida media más corta lo que ocasiona una renovación mucho más frecuente a comparación de otras especies por lo tanto una actividad glicolítica a manera de compensación. (58)

Todos estos datos obtenidos son de mucha relevancia ya que nos indica una clara diferencia entre aclimatación y adaptación siendo esto la idea básica para futuras investigaciones un punto de partida. (34)(36)

## 8 VALIDACIÓN DE HIPOTESIS CIENTÍFICAS

H0: No existe relación entre los indicadores hematológicos involucrados en la presentación de la ICC en bovinos expuestos a altitudes elevadas.

H1: Existe una relación entre los indicadores hematológicos involucrados en la presentación de la ICC en bovinos expuestos a altitudes elevadas.

H2: Existe una relación entre los indicadores fisiológicos involucrados en la presentación de la ICC en bovinos expuestos a altitudes elevadas.

H3: No existe una relación entre los indicadores fisiológicos involucrados en la presentación de la ICC en bovinos expuestos a altitudes elevadas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación se valida la hipótesis científica “H1” debido a que se demostró una confiabilidad del 95% para predecir la insuficiencia cardiaca congestiva previa a la exposición de bovinos a condiciones extremas.

## 9 METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

### 9.1 Metodología.

#### 9.1.1 Área de investigación y duración del proyecto

La investigación y levantamiento de datos se realizó en la provincia de Pichincha, cantón Quito, en las instalaciones de la hacienda “LYG FARM” durante el periodo de octubre 2023- febrero 2024. Consta con una extensión de 37 hectáreas a distintas alturas sobre el nivel del mar.

*Tabla 2 Ubicación geográfica de la hacienda "L&G FARM"*

<b>Provincia: Pichincha</b>
<b>Cantón: Quito</b>
<b>Parroquia: La Ecuatoriana</b>
<b>Sitio: Hacienda L&amp;G FARM</b>
<b>Latitud: 0°17'S</b>
<b>Longitud: 78°35'O</b>

*Elaborado por: Naranjo A. & Hinojosa D. (2024)*

### **9.1.2 Ubicación de la zona estratégica**

La hacienda “LYG FARM” se encuentra ubicada en una zona con altitudes elevadas lo que nos permite la recolección de datos más acertados.

## **9.2 Tipo de Investigación.**

### **9.2.3 Método Experimental.**

La investigación experimental en este método influye mucho el investigador, ya que provoca situaciones para determinar las variables manipuladas por el mismo investigador para controlar las conductas observadas.

#### **9.2.3.1 Método Descriptivo.**

El método descriptivo es considerado uno de los métodos cualitativos muy usado por los investigadores ya que el objetivo es evaluar ciertas características de una población o situación particular. Tal como lo indica su nombre en este tipo de método.

#### **9.2.3.2 Método Comparativo.**

El objetivo fundamental del método comparativo es la generalización empírica y la verificación de hipótesis es uno de los métodos más utilizados por los investigadores. De esta manera el método comparativo ofrece el comprender cosas desconocidas a partir de las conocidas, la posibilidad de aplicarlas e interpretarlas, perfilar nuevos conocimientos, destacar lo peculiar de fenómenos conocidos, sistematizar la información distinguiendo las diferencias con fenómenos o casos similares.

Se va a comparar la toma de constantes fisiológicas junto a los indicadores hematológicos para determinar cuál de estos sería un indicador predictivo y fiable para la insuficiencia cardiaca congestiva.

## **10 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.**

### **10.1 Técnica y procedimiento para la recolección de datos.**

La técnica utilizada en esta investigación es la experimental basada en la toma de muestras en campo de 100 bovinos por un periodo de tiempo de 3 meses siendo estos comprendidos entre octubre del 2023 y enero del 2024.

## 10.2 Colecta de información

### 10.2.1 Obtención de parámetros fisiológicos

Para realizar este procedimiento se inició con la obtención del permiso para realizar esta investigación con los propietarios del lugar, tomando en cuenta las buenas prácticas pecuarias y evitando el maltrato animal y por consecuencia el estrés del mismo.

Se realizó la obtención de los parámetros fisiológicos que incluyen: la temperatura, presión arterial media, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno con la ayuda del equipo “NONIN 8600 V”

Para la medición de la presión arterial media y frecuencia cardíaca se coloca un brazalete alrededor de la cola del animal, este debe ser el primer paso debido a tiempo que lleva en determinar los resultados, a continuación se introduce el sensor de la temperatura por vía rectal, este preferentemente lubricado con una solución a base de yodo a fin de evitar transmisión de enfermedades entre los animales y finalmente el sensor de la saturación del oxígeno debe ser colocado en zonas sin pigmentación, presencia de pelaje y protegido de los rayos solares directos debido a que existe la posibilidad de obtener datos erróneos, estos datos son recolectados en una base de datos especificando a que animal le pertenece para la posterior tabulación.

#### *Gráfico 1 Colecta de constantes fisiológicas*



### 10.3 Evaluación de los indicadores hematológicos

Para la determinación de estos valores: hemoglobina y hematocrito se lo realizo mediante el uso del equipo “Hemoglobinómetro Mission Hb”; para el cual fue necesario realizar una toma de muestra sanguínea, esta se lo realizo en la vena coccígea, primero se procede a desinfectar la zona con el uso de “alcohol pads” y se procede con la punción y la extracción de sangre de esta zona, una vez tomada la muestra se recolecta una pequeña cantidad con el uso de tubos capilares, se deposita en las tiras de “hemoglobina mission” que previamente deben estar colocadas en el equipo cuidando de los rayos solares y teniendo en cuenta que este nos indicara el momento preciso para ubicar la muestra de sangre; los resultados se mostraran en la pantalla del dispositivo en un tiempo aproximado de 10 segundos, los resultados son añadidos a una base de datos tomando en cuenta el nombre o identificación del animal que serán posteriormente tabulados.

*Gráfico 2* Colecta de datos hematológicos con hemoglobinómetro "Mission Hb"



## 10.4 Variables Medidas

*Tabla 3 Constantes fisiológicas y hematológicas*

<b>VARIABLES MEDIDAS</b>	<b>INTERPRETACIÓN CUALITATIVA</b>	<b>INTERPRETACIÓN CUANTITATIVA</b>
<b>Presión arterial media (PAM)</b>	Alta	> 140 mmHg
	Normal	100-140 mmHg
	Baja	< 100 mmHg
<b>Temperatura</b>	Hipertemia	39-39,5 °C
	Normal	38- 38,5 °C
	Hipotermia	< 38 °C
<b>Frecuencia cardiaca (Fc)</b>	Taquicardia	> 80 Lpm
	Normal	60-80 Lpm
	Bradicardia	< 60 Lpm
<b>Saturación de oxígeno</b>	Aceptable	90-100%
	Bajo	85-90%
	Hipoxia	< 85%
<b>Hematocrito</b>	Alta	> 46%
	Normal	24-46%
	Baja	< 24%
<b>Hemoglobina</b>	Alta	> 15 g/dL
	Normal	8-15 g/dL
	Baja	<8 g/dL

**Fuente:** Frías, E. Constantes fisiológicas y hematológicas [Tabla]. Cuba. Revista electrónica de veterinaria, 2017. (64)

## 10.5 Análisis Estadístico

Como herramienta principal para la evaluación de estos datos e utilizó el programa “EXCEL” una vez obtenido los datos se inició con la categorización e interpretación de los mismos por separado, es decir se interpretó cada factor fisiológico de acuerdo a la categoría a la cual pertenecía, estos fueron: temperatura, presión media, frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno: estas interpretaciones se representaron mediante graficas donde se identifica la variabilidad, media y rangos máximos y mínimos, lo que nos indican la diferencia dentro los diferentes grupos; el otro análisis fue la correlación entre los indicadores de hematocrito y

hemoglobina los cuales mediante una gráfica de dispersión fue evaluada su correlación; el último se lo realizó mediante una gráfica lineal donde se evidencia con claridad la diferencia entre la evaluación de los indicadores bioquímico previo y post su exposición a la altura.

## 11 UNIDAD EXPERIMENTAL

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó un muestreo de 100 bovinos provenientes de la parroquia la ecuatoriana con rangos de edades entre 3 meses a 5 años, sin distinción del sexo ni etapa productiva, además no se restringe a una raza específica.

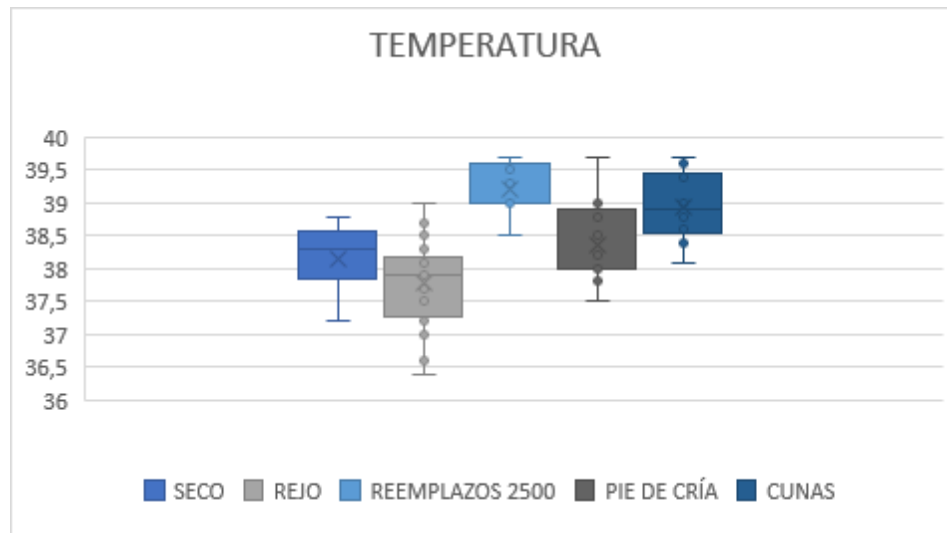
*Tabla 4 Categoría de animales y altitud*

	<b>Categoría</b>	<b>Altitud</b>
<b>Animales de producción</b>	Rejo	3700 m.s.n.m
<b>Animales de vientre</b>	Seco	3719 m.s.n.m
<b>Reemplazos</b>	Reemplazo 2500	2500 m.s.n.m
<b>Terneros</b>	Pie de cría, cunas	2500m.s.n.m

*Elaborado por: Naranjo A. & Hinojosa D. (2024)*

## 12 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

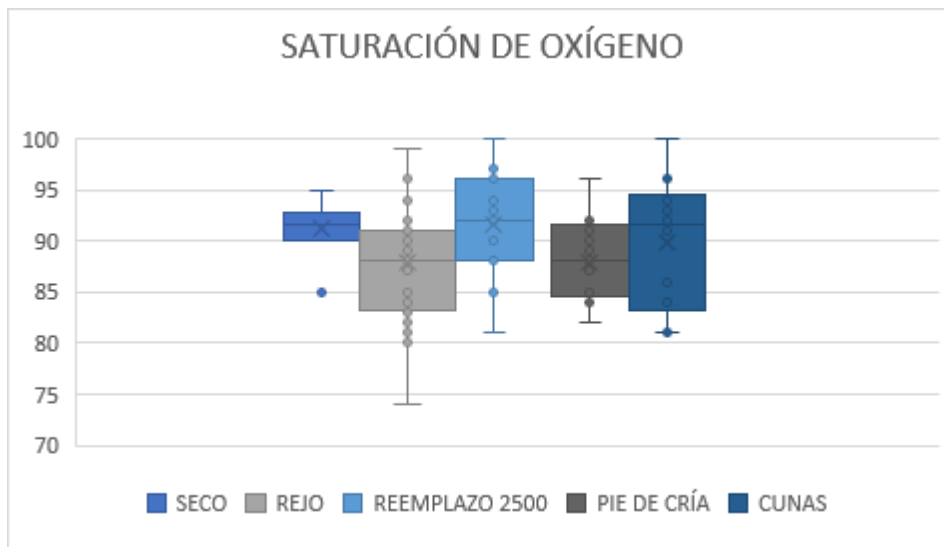
*Imagen 1 Evaluación de temperatura*



Al observar los datos, se parecía que el grupo clasificado como “seco” tiene una media de 38,18 grados y se encuentran dentro de los valores fisiológicos normales, en el grupo de “rejo” se observa una desviación estándar de 0,62 lo que indica que estos datos alcanzan dispersión bastante marcada, debido a varios factores como presentación de patologías, temperatura

ambiental y estado reproductivo. En el grupo de reemplazos 2500 se obtuvo media de 39,2 grados debido a temperatura ambiental y factores de manejo. El grupo de “ICC” de 37,66 grados lo que indica un estado fisiológico normal tomando en cuenta que este grupo una vez que presentaron la patología se tomó la decisión de retornarlos a altura de 2500m.s.n.m lo que explica sus valores fisiológicos normales. El grupo “pie de cría” tiene un rango máximo de 39,7 debido a una patología asociado a neumonía por lo que nos animales estaban atravesando un proceso infeccioso por ello su elevada temperatura. El grupo “cunas” presenta una media de 38,6 que considerando los parámetros normales de esta edad se encuentra dentro de sus valores fisiológicos normales. Sin embargo, según Tansey 2015 indico que las vacas de raza Holstein presentaron un aumento de la temperatura rectal y la frecuencia cardíaca a consecuencia de la temperatura ambiente.

*Imagen 2 Evaluación de saturación de oxígeno*

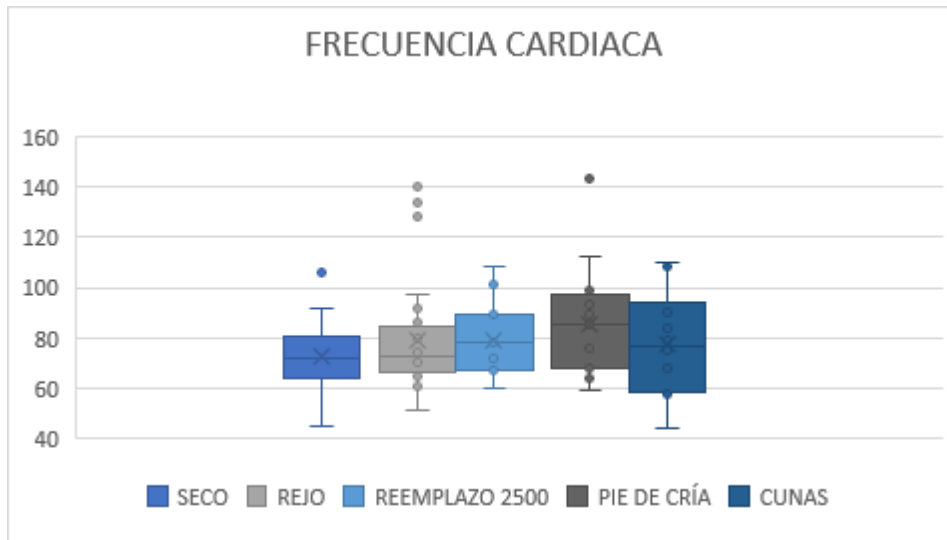


En el grupo seco se encontró un valor atípico de 85% de saturación debido a factores limitantes en el levantamiento de datos en este caso fue por la pigmentación de la piel lo que nos impedía una toma de idónea de datos. En el grupo rejo la media es de saturación de 87,58 %, un valor catalogado como bajo por factores como estado reproductivo y altura a la que se encontraban. En el grupo reemplazos 2500 se obtuvo una media de 91,6% de saturación, siendo normal dentro de los valores fisiológicos, pero debemos considerar que estos animales se encontraban a una altitud de 2500msn. En el grupo de ICC existe un valor atípico con 84 % de saturación, considerando que estos bovinos presentaron la patología y al momento de la toma de muestra ya se encontraban a 2500 m.s.n.m y se podría deducir que este animal no presenta una



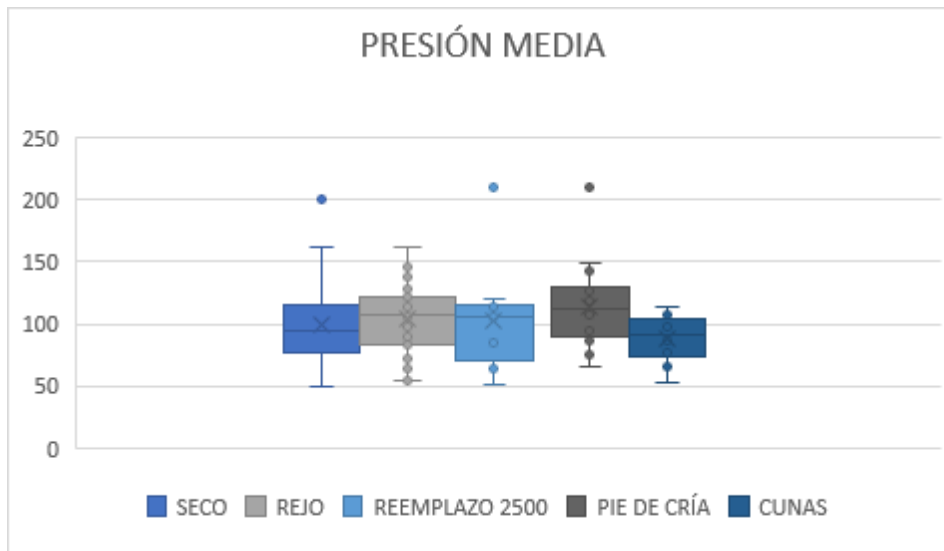
recuperación total. En el grupo de pie de cría existe un valor atípico de 82% de saturación que se puede asociar a la presencia de neumonías. En el grupo cunas la media fue de 92% de saturación siendo este un valor normal. Todo esto se relaciona la investigación de Ticona 2022, donde se recalca que individuo clínicamente sano a nivel de mar, tendrá una Saturación de oxígeno 95-100%, a diferencia de altitudes extremas en donde este valor disminuye

*Imagen 3 Evaluación de frecuencia cardiaca*



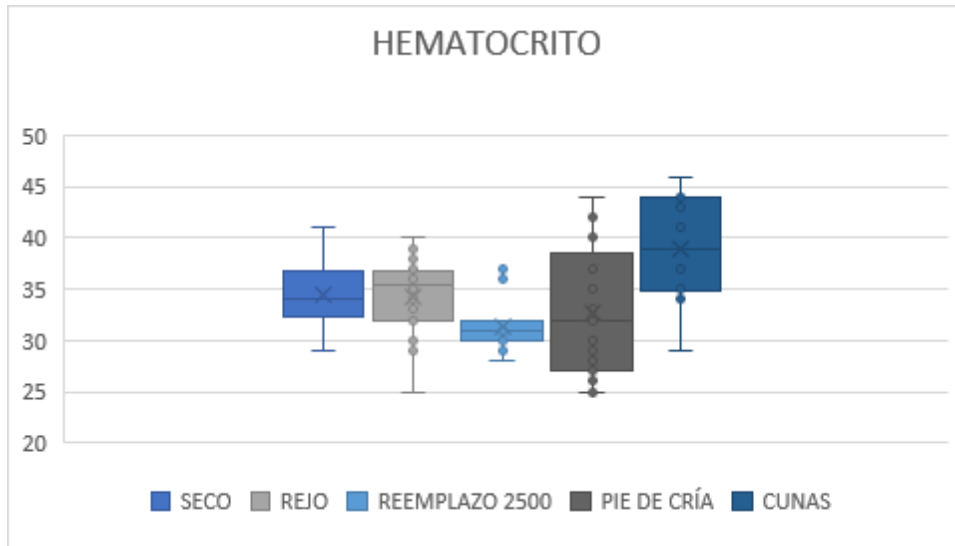
Se observa que en el grupo seco existe un valor atípico de 106 lpm el cual ya es considerado un estado de taquicardia y esto podría estar relacionado a situaciones de estrés por manejo. En el grupo rejo tenemos un valor atípico de 140 lpm se explica ya que existía un animal en específico con una patología en estado crónico avanzado, pero en general la media de este grupo es 79,5 lpm que se encuentran dentro de los parámetros fisiológicos normales. En el grupo reemplazos 2500 se obtuvo una media de 80,1 lpm estando en límite máximo de valores fisiológicos debido a factores de manejo. En el grupo ICC un valor atípico de 59 lpm indicaría un alto desgaste cardiaco debido a la presencia de ICC. El grupo pie de cría existe un valor atípico de 143 lpm ya que en este grupo existe un proceso patológico de neumonía y como respuesta a la infección se desencadena la hipertemia que se consigue por el aumento de la frecuencia cardiaca para elevar el flujo sanguíneo. El grupo cunas tiene una media de 79,66 lpm lo cual es indicativo de una frecuencia cardiaca normal tomando en cuenta edad y manejo. Según Moxley 2019, menciona que la adrenalina y la noradrenalina aumentan la contractilidad del corazón.

Imagen 4 Evaluación de presión media



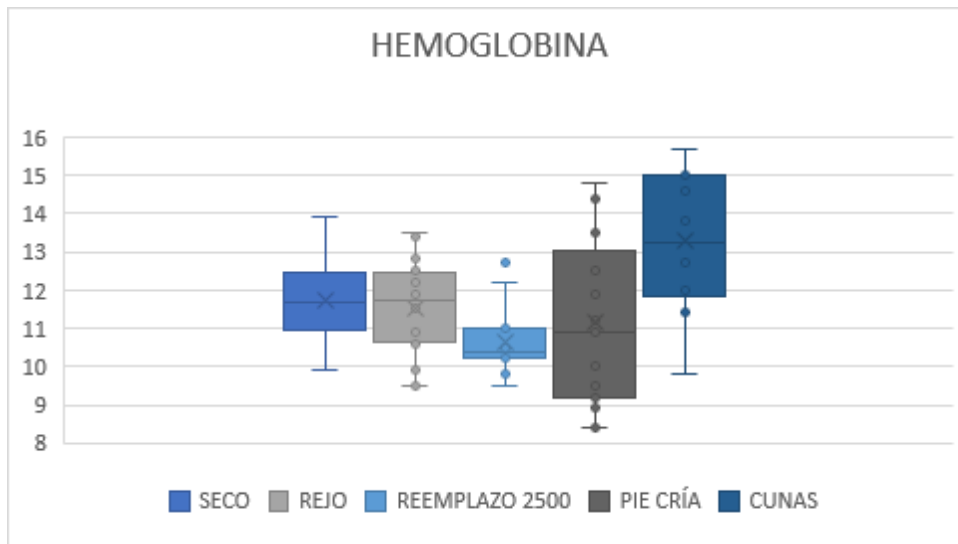
En el grupo seco existe una media 94,36 mmHg, un valor alto en los rangos normales, pero se debe considerar la altura como método de compensación enfatizando que estos bovinos no presentaban signos evidentes de ICC, por lo que podríamos deducir que no sería un indicador específico de la patología. En el grupo rojo encontramos un valor atípico de 140 mmHg evidenciando problemas de compensación de oxígeno por un posible ICC más factores como manejo y estado reproductivo. En el grupo reemplazos 2500 existe un valor atípico de 210 mmHg indicativo junto con otros valores hallados en la investigación de campo que este bovino estaría en predisposición en presentar la patología. En el grupo de ICC unos de los valores más llamativos es el de 123 mmHg ya que al encontrar valores alarmantes en otros factores dejando secuelas en el bovino. En el grupo pie de cría se obtuvo una media de 115,56 mmHg debido al proceso patológico de tipo respiratorio. En el grupo cunas se evaluó un animal con una presión media de rango mínimo de 53mmHg que, junto con otros indicadores, se relacionan con la presencia de la patología considerando que este animal está a una altitud de 2500m.s.n.m llegando a una conclusión analizando los datos de que este animal estaría con una alta predisposición a padecer la ICC. Según Peñaloza 2011, la determinación de la presión arterial es crucial para la evaluación final del sistema circulatorio.

Imagen 5 Evaluación de hematocrito (HCT%)



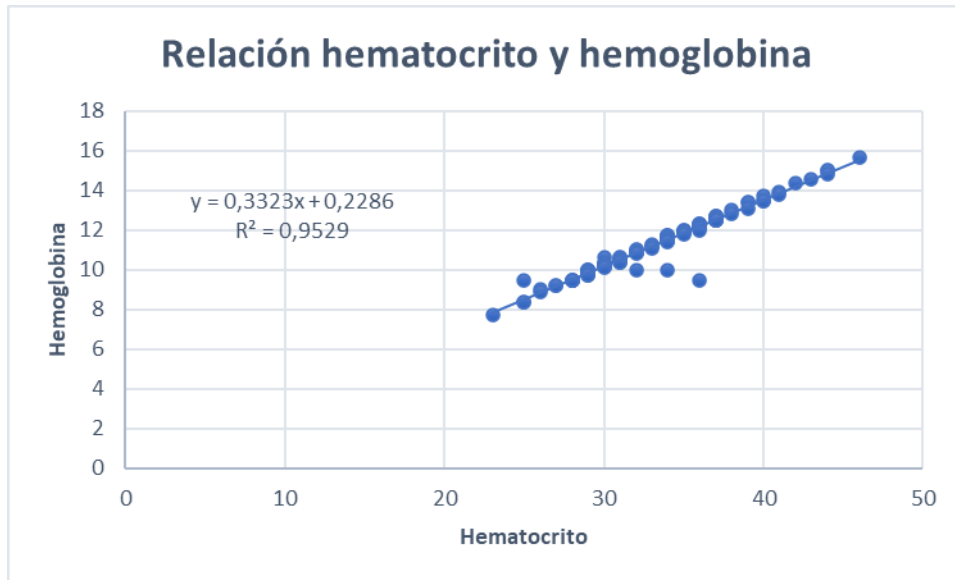
El grupo “seco” la media fue 34,42% estando dentro de los parámetros normales ya que en este grupo no se encontraron alteraciones asociadas a la ICC. En el grupo rejoy se obtuvo valor atípico de 40%, que, aunque este valor se localiza dentro de los parámetros fisiológicos, asociado a otros valores evaluados nos indica que se encuentra en un proceso de compensación debido a la patología. En el grupo reemplazos 2500 se encuentra un 37% y otros parámetros mediados fuera de los rangos normales, se debe considerar que a la altura a la que se centra y presentan estas alteraciones es altamente predispuesto a padecer ICC. En el grupo ICC obtuvo una media del 28 % porque estos animales se trasladaron a una altura inferior a la expuesta. En el grupo pie de cría tiene un rango máximo de 42 relacionado al trastorno respiratorio además de indicar su predisposición a ICC. En el grupo cunas se encuentra un valor atípico de 46% siendo este un indicador de extremo riesgo a padecer ICC. Según González 2023, los valores de hematocrito superiores al 60% o inferiores al 30% deben considerarse inicialmente como patológicos.

Imagen 6 Evaluación de hemoglobina (Hb)



En el grupo seco tiene una media de 11,7 g/dl dentro de los rangos normales sin alteraciones fisiológicas. En el grupo rojo obtuvo una media de 11,51g/dl sin embargo se encontraron valores máximos de 13,5g/dl correlacionado al valor elevado de hematocrito con predisposición a ICC. En el grupo reemplazos 2500 se obtuvo una media de 10,69g/dl tomando en cuenta la altura a la que se encontraban sin embargo podríamos determinar un valor atípico de 12,7g/dl que correlaciona con el hematocrito el bovino es predisponente. En el grupo ICC hay un animal independiente con valores alterados que a pesar de evidenciar valores normales en este apartado contrastado con los anteriores indicadores demuestran la previa presencia de esta patología. En el grupo pie de cría el rango máximo de 14.8 g/dl indica un alto porcentaje a presentar la patología. En el grupo cunas se indica un valor atípico de 15,7 g/dl indicando un valor determinante a presentar la patología. Según Peñuela 2005 se desarrollan mecanismos de aclimatación respiratoria, produciéndose una mayor ventilación pulmonar junto a la alcalosis respiratoria, e hipoxemia, induce una mayor eritrocitosis mediada por la elevación de la eritropoyetina.

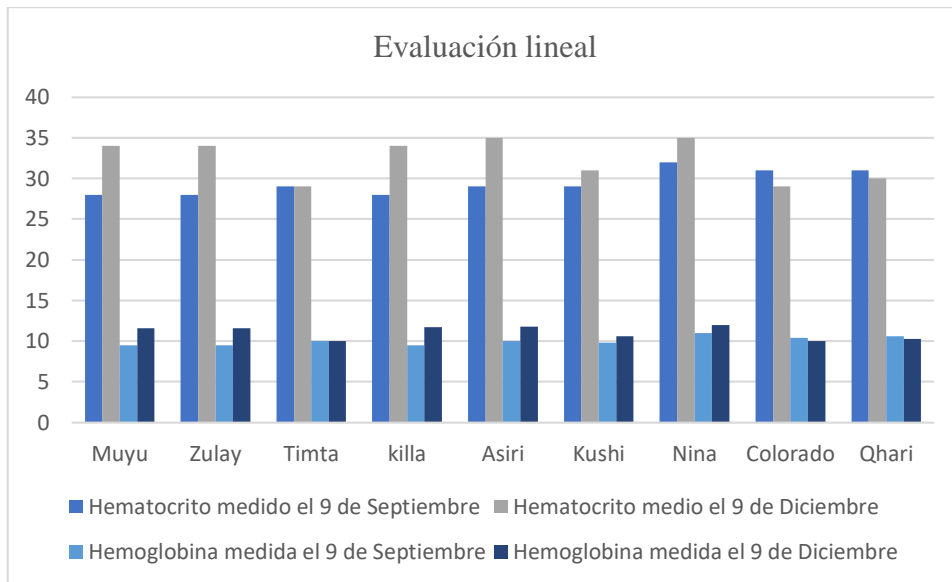
Imagen 7 Evaluación de la relación (HCT)&(HB)



Al análisis de los valores hematocrito en relación a la hemoglobina se ha hallado una correlación positiva con un 95% de confiabilidad que mediante los valores de uno de los dos podemos predecir el valor opuesto. Es importante destacar que, según los datos obtenidos cuando un animal presente un alto valor de hemoglobina o hematocrito a 2500 m.s.n.m, este individuo tendrá una alta predisposición a padecer la ICC al exponerse a altitudes superiores a los 3200 m.s.n.m debido a que cuando un animal es trasladado por sobre los 3200 m.s.n.m tiende a subir una media entre 3.5 puntos en su hematocrito y hemoglobina lo que significa que cuando tienen valores en su límite máximo de “HCT” y “HB” a un altura normal estos animales no van a poder compensar ni resistir las condiciones extremas.

Es importante esta relación debido a que los costos del análisis de hematocrito son inferiores con respecto a los costos del análisis de hemoglobina y al tener esta relación positiva y con una alta confiabilidad podemos predecir el valor de hemoglobina únicamente con el valor de hematocrito de este modo disminuyendo los costos finales para los productores ya que un análisis de hematocrito en el Ecuador tiene un valor aproximado de \$ 11 dólares americanos mientras que un análisis de hemoglobina tiene un costo aproximado de \$ 14 dólares americanos lo que reduciría los gastos en caso de realizar este examen el cual es recomendable ya que frente a los gastos o perdida por la patología en realidad no representaría un gasto innecesario.

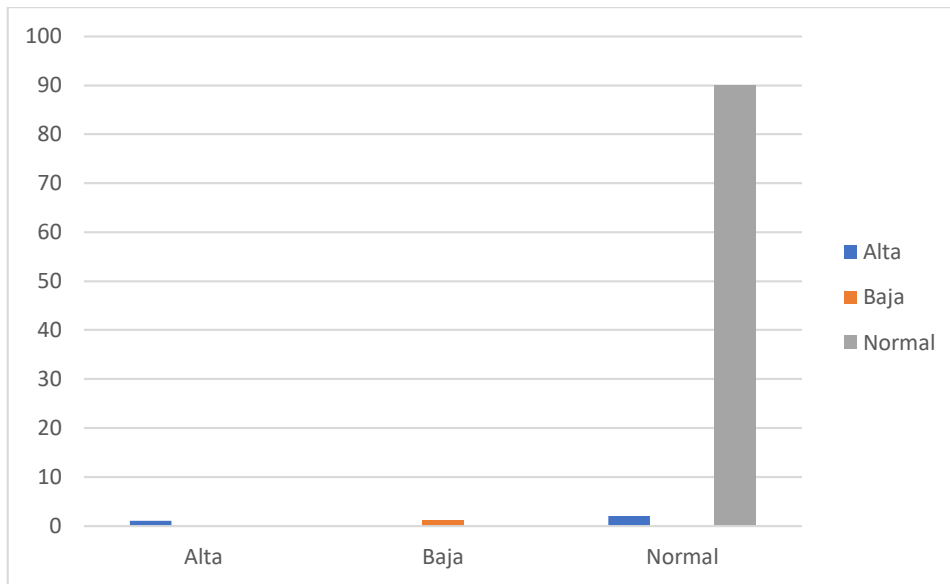
*Imagen 8 Evaluación lineal de parámetros hematológicos*



Asimismo, se midió en dos ocasiones a distintas alturas los valores de hematocito y hemoglobina para determinar su comportamiento frente a las condiciones ambientales extremas que se encuentra expuesto el bovino sabiendo ya la influencia de estos indicadores se obtuvieron los siguientes datos. La primera fecha que se midió fue el 26 de septiembre del 2023 a una altura de 2500 m.s.n.m y en una segunda fecha que fue el 26 de diciembre del 2023 donde se nota una clara tendencia a elevar los valores de 1 a 6 puntos en el caso del hematocrito y de 0,5 a 2,1 puntos en el caso de la hemoglobina. Esto es un punto muy importante de partida para poder entender la dinámica de estos indicadores hematológicos.

Fisiológicamente los valores de Hematocrito son de (24%-46%) mismos que al analizar los datos obtenidos asociamos que si el animal se encuentra en un valor de 41% o más este es predisponente a padecer la ICC debido al rango hallado de (1 a 6) que el bovino eleva a manera de compensación, al estar en el rango previamente mencionado pronosticamos que este presentara la patología como se mencionó previamente en la investigación al estar correlacionado en un 95% de confiabilidad con la hemoglobina y este único indicador (hematocrito) podría predecir que si un valor esta elevado el siguiente también se encontrara elevado con lo cual se ha encontrado una relación directa entre estos indicadores que nos ayudarían a proporcionar un examen preventivo y así evitar la adquisición de animales que sean susceptibles a padecer esta patología, de este modo se contribuye a la rentabilidad económica de los pequeños productores así como en las grandes explotaciones ganaderas.

Imagen 9 Correlación cualitativa (HCT)&(HB)



Se comprueban los resultados obtenidos con la prueba cualitativa “chi cuadrado” obteniendo un valor ( $p\text{-value } 2.29e^{-25}$ ) que nos demuestran una correlación entre los indicadores hematológicos de hemoglobina y hematocrito, siendo estos evaluados desde un valor alto, normal y bajo, lo cual indica que a la medición de uno de estos dos parámetros con una confiabilidad alta, pudiendo estimar el valor contrario al ya evaluado, como se mencionó anteriormente estos parámetros son confiables para la predicción al padecimiento de la ICC.

Con los parámetros de: temperatura, saturación de oxígeno, presión arterial media, frecuencia cardiaca no se obtuvo una correlación a que en la prueba de “chi cuadrado” el “p-value” sobrepasaba el punto máximo de 0,05 lo que indica que no existe la correlación entre estos factores.

### 12.1 Evaluación del impacto económico en presencia de la ICC

Para determinar el impacto de estas pérdidas económicas se realizó un análisis en la hacienda “LyG Farm” tomando en cuenta los siguientes datos:

#### Análisis por producción de leche

- Un precio de venta de la leche fijado a \$ 0,50 centavos de dólar
- 5500 litros por lactancia (305 días)

### Producción por cada animal

*Tabla 5 Producción individual*

Número de animales	Producción lt/Día	Ingreso diario	Ingreso por lactancia (305 días)
1	18,03	\$9,01	\$2748,05

### Producción por todo el hato en lactancia

*Tabla 6 Producción hato*

Número de animales	Producción Lt/día	Ingreso diario	Ingresos por lactancia (305 días)
31	558,93	\$279,46	\$85235,3

### Producción con la presencia de ICC

*Tabla 7 Producción con presencia de ICC*

Número de animales con ICC al 10%	Producción n Lt/día/3 animales (sin ICC)	Producción n Lt/día menos los litros por ICC	Ingreso diario	Ingresos por lactancia (305 días)	Pérdidas económicas diarias	Pérdidas económicas por lactancia
3	\$54,09	504,84	\$252,42	\$76988,1	\$27,04	\$8247,20

Con el análisis de las tablas previamente expuestas se puede observar que existe una pérdida por lactancia es decir en 305 días de \$8247,20 el cual es valor bastante representativo en la economía de la explotación, este análisis podría extrapolarse en otra explotaciones y pequeñas producciones para comprender el impacto económico que supone la ICC.

Al referirnos al tema de fertilidad un bovino en sus 60 días que tiene de reposo y preparación para el inicio de la gestación cuando este no logra la concepción y representa una pérdida diaria de \$5 dólares. En esta explotación existen 20 bovinos en este periodo si el 10 % de estos presentan ICC quiere decir que dos animales estarían representando una pérdida económica



calculada en 15 días ya que es el periodo en el cual se inicia con la ICC, entonces se calcula una pérdida de \$150 en 15 días por los dos bovinos, una pérdida mensual de \$300 dólares. Existen casos en donde el animal no logra recuperarse de la patología, en el mercado como promedio se encuentran animales valorados en un aproximado \$800 dólares cada uno y debido a las secuelas de la enfermedad se podría comercializar estos bovinos entre 100 a 150 dólares es decir una pérdida de casi el 86,7%. Todos estos factores repercuten en la rentabilidad de las producciones. Las explotaciones ganaderas deben lograr las máximas utilidades, tener estabilidad para garantizar su permanencia a largo plazo produciendo y generando empleos, ingresos y bienestar, por lo que es indispensable que trabajen de manera organizada y que adopten un esquema de administración que incluya procesos de planeación, seguimiento, evaluación técnica y económica de las actividades de la finca y en base a los resultados obtenidos tomar las medidas correctivas necesarias para el alcance de los objetivos propuestos, y en definitiva asumir su responsabilidad frente al éxito o fracaso de su empresa.

### **13 IMPACTOS (SOCIAL Y TECNICO)**

#### **13.1 Impacto social**

El poder contar con un indicador fiable para la detección de la presencia de ICC, beneficiaría a grandes rasgos a los pequeños y grandes productores ya que esto sería un método preventivo cuando se intente realizar la compra de bovinos como reemplazos del hato del productor, siendo esta una prueba rápida, eficaz y altamente confiable en la cual se pueden basar para evitar la adquisición de animales que sean predisponentes a padecer la patología.

#### **13.2 Impacto técnico**

Contar con un equipo especializado para la predicción de la insuficiencia cardiaca congestiva siendo este un método rápido, eficaz y de fácil acceso económico para pequeños, medianos y grandes productores generando ventajas para un diagnóstico preventivo al padecimiento de esta patología.

## 14 CONCLUSIONES

- Los factores predisponentes al padecimiento de esta patología no se encuentran ligados a factores como: raza, edad y morfología ya que en el hato ganadero donde se realizó la investigación existía una amplia variabilidad entre caracteres previamente mencionados, los cuales tienen una baja confiabilidad debido a su estrecha relación con factores externos los cuales influyen en estos parámetros ocasionando alteraciones de los resultados.
- En cuanto a la correlación entre los indicadores hematológicos de hematocrito y hemoglobina (95%) asociamos al padecimiento de la insuficiencia cardiaca congestiva los valores superiores a los rangos fisiológicos cuando los animales se encuentran a una altitud inferior a los 3000 m.s.n.m; siendo estos indicadores mucho más fiables que los valores fisiológicos como: temperatura, saturación de oxígeno, presión arterial media, frecuencia cardiaca ya que estos son codependientes a distintos factores ambientales, de manejo y procesos infecciosos que el animal este cursando.
- Mediante el análisis económico realizado se estima que las pérdidas económicas por aquellos animales que presenten insuficiencia cardiaca congestiva se derivan en varios puntos: lactancia equivalente 10%, descenso de la fertilidad con una pérdida de 300 dólares mensuales y por animales descartados equivale al 87,6%; todos estos desbalances económicos repercuten en la rentabilidad de la explotación ganadera, siendo este un factor de suma importancia a evaluar previo a la adquisición de animales de reemplazo.

## 15 RECOMENDACIONES

- Realizar un levantamiento de datos con un mayor muestreo de animales así como variabilidad de zonas geográficas, pisos climáticos, hatos ganaderos y sistemas de producción a fin de determinar el comportamiento de hemoglobina y hematocrito en la insuficiencia cardiaca congestiva proporcionando una mayor confiabilidad con el objetivo de establecer un protocolo estandarizado asociado a la prueba de hematocrito previo a la adquisición y comercialización de animales para la producción mejorando así parámetros productivos, reproductivos y económicos como preámbulo para incrementar la competencia del Ecuador con respecto al mercado internacional en producción de leche.

## 16 REFERENCIAS

1. Centro de la Industria Láctea (CIL). La Leche del Ecuador: Historia de la lechería ecuatoriana. Cil [Internet]. 2015;183. Available from: [http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/publicaciones/la\\_leche\\_del\\_ecuador.pdf](http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/publicaciones/la_leche_del_ecuador.pdf)
2. Larrea C. Hacia una Historia Ecológica del Ecuador [Internet]. 1st ed. Universidad Andina Simon Bolivar, Sede Ecuador Corporacion Editora Nacional EcoCiencia. Ecuador: Biblioteca general de cultura; 2005. 168 p. Available from: [http://www.estudiosecologistas.org/documentos/ecopolitica/ecohistoria/eco\\_historia.pdf](http://www.estudiosecologistas.org/documentos/ecopolitica/ecohistoria/eco_historia.pdf)
3. Ministerio de agricultura y ganaderia. Situación de la Pequeña y Mediana Explotación Pecuaria en el Ecuador [Internet]. Riobamba: PROFOGAN; 1991. 330 p. Available from: [https://biblioteca.esPOCH.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=10228&shelfbrowse\\_itemnumber=15833](https://biblioteca.esPOCH.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=10228&shelfbrowse_itemnumber=15833)
4. Boehmer BH, Pye TA, Wettemann RP. Ruminant temperature as a measure of body temperature of beef cows and relationship with ambient temperature. Approved by the director of the Oklahoma Agricultural Experiment Station. This research was supported under project H-2331 and the Oklahoma Center. Prof Anim Sci [Internet]. 2015 Aug;31(4):387–93. Available from: [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3178/1/T026\\_41593686\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3178/1/T026_41593686_T.pdf)
5. de la Espriella R, Santas E, Zegri Reiriz I, Górriz JL, Cobo Marcos M, Núñez J. Cuantificación y tratamiento de la congestión en insuficiencia cardíaca: una visión clínica y fisiopatológica. Nefrología [Internet]. 2022 Mar;42(2):145–62. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0211699521001144>
6. Quilumba Molina JE. Factores De Riesgo Y Mecanismos Fisiopatológicos Asociados a La Presentación Del Mal De Altura En Bovinos Expuestos a Altitudes Elevadas. 2023; Available from: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/10930/1/PC-002948.pdf>
7. Ocampo N. Determinacion de valores hematologicos en bovinos Jersey tratados con ketoprofeno y sometidos condiciones de hipoxia cronica. 2004; Available from: [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/2259/Ocampo\\_nn.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/2259/Ocampo_nn.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
8. Yagev V. Brisket disease in cattle at high altitudes. Vet Zootecina [Internet]. 1961;13:24. Available from:

- [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=tMdFAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA409&dq=brisket+disease+in+cattle+&ots=Y5vHwpD5mk&sig=CskbpYyQgNQGJig2y56BxAgLB1o&redir\\_esc=y#v=onepage&q=brisket+disease+in+cattle&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=tMdFAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA409&dq=brisket+disease+in+cattle+&ots=Y5vHwpD5mk&sig=CskbpYyQgNQGJig2y56BxAgLB1o&redir_esc=y#v=onepage&q=brisket+disease+in+cattle&f=false)
9. Blake J t. Occurrence and distribution of brisket disease in Utah. Utah Agric Exp Stn Circular 151 [Internet]. 1968;15. Available from:  
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19631401823>
  10. Milder M V, Sarmiento A, Sergio M V, Moreno C. ADAPTACIÓN DEL GANADO BOVINO A LA ALTURA Volver a: Clima y ambientación. 2010;1–6. Available from:  
[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
  11. Yao K, Wang S, Gaowa N, Huang S, Li S, Shao W. Identification of the molecular mechanisms underlying brisket disease in Holstein heifers via microbiota and metabolome analyses. *AMB Express* [Internet]. 2021 Dec 12;11(1):86. Available from:  
<https://amb-express.springeropen.com/articles/10.1186/s13568-021-01246-0>
  12. INEC. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020 Contenido. INEC Buenas cifras Mejor vidas [Internet]. 2021;1–49. Available from:  
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion ESPAC 2020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion ESPAC 2020.pdf)
  13. Corporación Financiera Nacional. Cría y reproducción de ganado. 2022;27 pp. Available from: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-3-trimestre/Ficha-Sectorial-Ganaderia.pdf>
  14. Martín Albán Olaya. Scielo @ Www.Scielo.Org.Pe [Internet]. Vol. v.13 n.13, Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. 2007. Available from: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1729-48272007000100009&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1729-48272007000100009&script=sci_arttext&tlng=en)
  15. Bes C, Vargas J, Gonzales E, Rojas M, Arana C, Brunshwig G. Brisket disease of dairy cattle and risk factors in Mantaro Valley , Peru. *Options Méditerranéennes Ser A Mediterr Semin* [Internet]. 2014;644(109):641–4. Available from:  
<http://om.ciheam.org/om/pdf/a109/a109.pdf>
  16. Mena Vásquez, P., A. Castillo, S. Flores, R. Hofstede, C. Josse, S. Lasso, G. Medina N, Ortiz O y D. Páramo. Paisaje Estud habitado, manejado e Inst [Internet]. 2011; Available from: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56328.pdf>
  17. DeWalt, Billie R.; Uquillas, Jorge Enrique; DeWalt, Kathleen M.; Leonard, William R. ;

- Stansbury JP. Sistemas de producción y de alimentación familiar de pequeños productores de leche de la sierra Ecuatoriana (Cantones Mejía y Salcedo). 1990; Available from: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:185654392>
18. Mosquera M. La competitividad del sector lácteo del Ecuador en el Marco del TLC. Libr Comer y lácteos la Prod leche en el Ecuador entre el Merc Nac y la Glob [Internet]. 2007;77–88. Available from: <http://bit.ly/3WZK8iV>
  19. BRIONES V. Manejo de Páramos y Zonas de Altura. 2000;142–8. Available from: <https://camaren.org/documents/manejodeanimales.pdf>
  20. Vásconez P, Hofstede R. Los páramos ecuatorianos. Botánica económica los Andes Cent [Internet]. 2006;91–109. Available from: [http://www.beisa.dk/Publications/BEISA Book pdfer/Capitulo 06.pdf](http://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2006.pdf)
  21. Camacho M. Los Páramos Ecuatorianos : Caracterización Y Consideraciones Para Su Conservación Y. An la Univ Cent del Ecuador 372. 2013;76–92.
  22. Juan-Sallés C, Martínez LS, Rosas-Rosas AG, Parás A, Martínez O, Hernández A, et al. PULMONARY ARTERIAL DISEASE ASSOCIATED WITH RIGHT-SIDED CARDIAC HYPERTROPHY AND CONGESTIVE HEART FAILURE IN ZOO MAMMALS HOUSED AT 2,100 M ABOVE SEA LEVEL. J Zoo Wildl Med [Internet]. 2015 Dec;46(4):825–32. Available from: <https://bioone.org/journals/Journal-of-Zoo-and-Wildlife-Medicine/volume-46/issue-4/2014-0236.1/PULMONARY-ARTERIAL-DISEASE-ASSOCIATED-WITH-RIGHT-SIDED-CARDIAC-HYPERTROPHY-AND/10.1638/2014-0236.1.short>
  23. Holt TN, Callan RJ. Pulmonary Arterial Pressure Testing for High Mountain Disease in Cattle. Vet Clin North Am Food Anim Pract [Internet]. 2007 Nov;23(3):575–96. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0749072007000539>
  24. Peñaloza, Dante; Arias Stella J. Corazón y circulación pulmonar en grandes alturas: Nativos normales y mal de montaña crónico / Heart and pulmonary circulation at high altitudes: Native normal and chronic mountain sickness [Internet]. 2011. p. 56. Available from: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-661374>
  25. Alexander AF. THE INTERACTION OF PATHOGENETIC MECHANISMS IN BOVINE HIGH MOUNTAIN (BRISKET) DISEASE. In: Effects of Poisonous Plants on Livestock [Internet]. Elsevier; 1978. p. 285–91. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780124032507500339>

26. Mora G. R. Los efectos de la altitud sobre la salud de los animales. Rev la Fac Med Vet y Zootec [Internet]. 1955;21(114 SE-Artículo científico):389 – 394. Available from: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/65261>
27. Gonzales G. Susceptibilidad Al Mal De Altura En Bovinos Criollos Y Brown Swiss Determinada Mediante Constantes Hematológicas Y Marcadores Genéticos. 2023;1–84. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6805228/>
28. Jense, Ruen M. La enfermedad de las alturas. Colombia: Ganadería Colombiana; 1917. 435 p.
29. González-Pienda, Julio Antonio; González, Soledad; Roces, Cristina; Álvarez L. EL “CARDIACO NEGRO” DE LAS ZONAS ANDINAS DEL SUR DEL PERU. PRESENTACIÓN DE 7 CASOS [Internet]. Cuadernos de la Cátedra de Seguridad Salmantina. 2013. p. 77–100. Available from: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3430207>
30. Antezana, G.; Villena, M.; Vargas, E., Aparicio, O.; Noriega, I., Ugarte, H.; Valer R. ESTUDIO HEMODINAMICO DE LA ERITROCITOSIS DE ALTURA. acta Andin. 1993;2(1):124.
31. Wilkins MR, Ghofrani H-A, Weissmann N, Aldashev A, Zhao L. Pathophysiology and Treatment of High-Altitude Pulmonary Vascular Disease. Circulation [Internet]. 2015 Feb 10;131(6):582–90. Available from: <https://biblioteca.esPOCH.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-ISBDdetail.pl?biblionumber=10228>
32. Aldavero Muñoz I. Fisiología a grandes alturas. Cuad del Tomás. 2017;9:9–16.
33. Díaz R, Díaz J, Fuenmayor Ojeda V, Parejo A JA. Insuficiencia Cardíaca Aguda: Análisis Clínico Epidemiológico. Med Interna [Internet]. 2018;224(4):224–36. Available from: <https://revistafac.org.ar/ojs/index.php/revistafac/article/view/290>
34. Glover, George H; Newson LE. FURTHER STUDIES ON BRISKET DESEASE [Internet]. 15th ed. Whashington: Journal of agriculture research; 1918. 667 p. Available from: [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=tMdFAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA409&dq=brisket+disease+in+cattle+&ots=Y5vHwpD5mk&sig=CskbpYyQgNQGJig2y56BxAgLB1o&redir\\_esc=y#v=onepage&q=brisket+disease+in+cattle&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=tMdFAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA409&dq=brisket+disease+in+cattle+&ots=Y5vHwpD5mk&sig=CskbpYyQgNQGJig2y56BxAgLB1o&redir_esc=y#v=onepage&q=brisket+disease+in+cattle&f=false)
35. Bailey DE. Brisket disease: influence of hypoxia and an induced calcium-potassium imbalance on the mineral composition of blood, heart, liver, kidney, and bone. Diss Abstr [Internet]. 1970;30:<http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/5>. Available

- from: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19631401823>
36. Saravia C, Cruz G. Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal. *Notas Técnicas v 50 Fac Agron* [Internet]. 2003;36. Available from: [http://www.dedicaciontotal.udelar.edu.uy/adjuntos/produccion/662\\_academicas\\_\\_academicaarchivo.pdf](http://www.dedicaciontotal.udelar.edu.uy/adjuntos/produccion/662_academicas__academicaarchivo.pdf)
  37. Moxley RA, Smith DR, Grotelueschen DM, Edwards T, Steffen DJ. Investigation of congestive heart failure in beef cattle in a feedyard at a moderate altitude in western Nebraska. *J Vet Diagnostic Investig* [Internet]. 2019 Jul 6;31(4):509–22. Available from: <https://vetfocus.royalcanin.com/es/cientifico/dermatosis-autoinmunes-en-el-perro>
  38. Ríos-Dalenz J. LAS ARTERIA PULMONARES DISTALES EN LOS HABITANTES DE LAS ALTURAS. 1994;3(2):113–24. Available from: [https://sisbib.unmsm.edu.pe/BvRevistas/Acta\\_Andina/v03\\_n2/arterias.htm](https://sisbib.unmsm.edu.pe/BvRevistas/Acta_Andina/v03_n2/arterias.htm)
  39. Hine L, Laven R, Sahu S. An analysis of the effect of thermometer type and make on rectal temperature measurements of cattle, horses and sheep. *N Z Vet J* [Internet]. 2015 May 4;63(3):171–3. Available from: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1530/TB-Flores M.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La temperatura corporal es una,humedad relativa y la temperatura>
  40. Naylor JM, Streeter RM, Torgerson P. Factors affecting rectal temperature measurement using commonly available digital thermometers. *Res Vet Sci* [Internet]. 2012 Feb;92(1):121–3. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001731017300078>
  41. Tansey EA, Johnson CD. Recent advances in thermoregulation. *Adv Physiol Educ* [Internet]. 2015 Sep;39(3):139–48. Available from: [https://revistadcu.ec/wp-content/uploads/2024/01/Revista-Dr-Uraga-JULY-2023\\_compressed.pdf#page=77](https://revistadcu.ec/wp-content/uploads/2024/01/Revista-Dr-Uraga-JULY-2023_compressed.pdf#page=77)
  42. Kamm GB, Siemens J. The TRPM2 channel in temperature detection and thermoregulation. *Temperature* [Internet]. 2017 Mar 31;4(1):21–3. Available from: <https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagcd%3A3%3A2907699/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aagcd%3A143624716&crl=c>
  43. Kurz A. Physiology of Thermoregulation. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* [Internet]. 2008 Dec;22(4):627–44. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1521689608000554>
  44. Valdez RA, Balderrama MA. Scielo @ Wwww.Scielo.Org.Bo [Internet]. *Gaceta médica*

- bolivariana. 2013. p. 15. Available from:  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2616-79642023000100239&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2616-79642023000100239&script=sci_arttext)
45. TICONA PARI HR. DETERMINACION DE LOS NIVELES DE SATURACION NORMAL DE OXIGENO EN CANES (*Canis lupus familiaris*) EN CONDICION DE ALTURA POR OXIMETRIA DE PULSO EN LA CIUDAD DE LA PAZ. 2022; Available from: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/29303/TV-3034.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  46. Mejía Salas, Héctor ; Mejía Suárez M. pulsioximetría medición de la saturación de oxígeno. Available from:  
<https://www.elsevierclinicalskills.es/procedimientos/1129/pulsioximetría-medición-de-la-saturación-de-oxígeno.aspx>
  47. Nonin Medical I. Nonin 8600v pulse oximeter Manual [Internet]. Available from:  
<http://www.nonin.com>
  48. Sigua Ocho JF. Determinación de valores referenciales en hemograma y química sanguínea en bovinos Holstein machos aparentemente sanos en condiciones de altitud [Internet]. Universidad Politecnica Salesiana. 2019. 114 p. Available from:  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18452/1/UPS-CT008703.pdf>
  49. Barregüi, Rosendo et al. Mannheimiosis bovina: etiología, prevención y control [Internet]. Revista IUS. 2011. p. 53. Available from:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-11462014000200009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-11462014000200009)
  50. Peñuela OA. Hemoglobina: una molécula modelo para el investigador [Internet]. Vol. vol.26 n°. Bogotá; 2005. Available from:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_serial&lng=en&pid=0034-7450&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_serial&lng=en&pid=0034-7450&nrm=iso)
  51. Kabla. Medidor de hemoglobina Mission. Available from:  
[https://kabla.mx/hemoglobina/medidor\\_hemoglobina.html](https://kabla.mx/hemoglobina/medidor_hemoglobina.html)
  52. Mejía L. Valores hematológicos de bovinos jersey sometidos a condiciones de hipoxia crónica de la altura (Hematology values of jersey cattle exposed to cronic high altitude hypoxia). Redvet [Internet]. 2011;(7):875–93. Available from:  
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63622567003.pdf>
  53. Zanguña Fonseca LF, Peralta González MA, Cruz Rubio SG. Eritropoyetina, hipoxia y



- mal de montaña. *Rev Ciencias Biomédicas* [Internet]. 2016 Jul 1;7(2):265–73. Available from: <https://revistas.unicartagena.edu.co/index.php/cbiomedicas/article/view/2855>
54. Martín Albán Olaya. Hemoglobina y testosterona: importancia en la aclimatación y adaptación a la altura [Internet]. Vol. v.13 n.13, *Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos*. 2007. Available from: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1729-48272007000100009&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1729-48272007000100009&script=sci_arttext&tlng=en)
  55. Martín Albán Olaya. Efecto de marcadores genéticos moleculares en genes inducibles por hipoxia de bovinos criollos y Brown Swiss criados en los Andes de Perú [Internet]. Vol. v.13 n.13, *Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos*. 2007. Available from: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1729-48272007000100009&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1729-48272007000100009&script=sci_arttext&tlng=en)
  56. Miller V. Interactions Between Neural and Endothelial Mechanisms in Control of Vascular Tone. *Physiology* [Internet]. 1991 Apr 1;6(2):60–3. Available from: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3430207>
  57. C. Reynafarje , J. Faura , A. Paredes and DV. Erythrokinetics in high-altitude-adapted animals (llama, alpaca, and vicuna). *J Appl Physiol* [Internet]. 1968;24:93. Available from: <https://www.deepdyve.com/lp/the-american-physiological-society/erythrokinetics-in-high-altitude-adapted-animals-llama-alpaca-and-m1j6Yjmhj1>
  58. C. Reynafarje, J. Faura, D. Villavicencio, A. Curaca, B. Reynafarje, L. Oyola, L. Contreras, E. Vallenás AF. Oxygen transport of hemoglobin in high altitude animals (Camelidae). *J Appl Physiol* [Internet]. 1975;38(5):806–10. Available from: <https://pure.johnshopkins.edu/en/publications/oxygen-transport-of-hemoglobin-in-high-altitude-animals-camelidae-4>
  59. Chango PMJ. “Determinación del perfil hemático en llamas adultas en la asociación Intiñán provincia de Chimborazo.” 2016;1:101. Available from: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>
  60. Quispe Peña E. ADAPTACIONES HEMATOLÓGICAS DE LOS CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS QUE VIVEN EN ZONAS DE ELEVADAS ALTITUDES. *HAEMATOLOGICAL ADAPTATIONS OF SOUTH AMERICAN CAMELIDS LIVING AT HIGH ALTITUDE*. 2011;26. Available from: <https://es.scribd.com/document/114364532/Adaptaciones-fisiologicas-de-camelidos>

61. Chiodi H. Comparative study of the blood gas transport in high altitude and sea level camelidae and goats. *Respir Physiol* [Internet]. 1970 Dec;11(1):84–93. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0034568770901040>
62. Singel DJ, Stamler JS. CHEMICAL PHYSIOLOGY OF BLOOD FLOW REGULATION BY RED BLOOD CELLS: *Annu Rev Physiol* [Internet]. 2005 Mar 17;67(1):99–145. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/260334596\\_Madera\\_juvenil\\_caracteristicas\\_y\\_modelos\\_de\\_variacion\\_en\\_coniferas\\_y\\_latifoliadas/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/260334596_Madera_juvenil_caracteristicas_y_modelos_de_variacion_en_coniferas_y_latifoliadas/citation/download)
63. Banchero N, Grover RF, Will JA. Oxygen transport in the llama (Lama glama). *Respir Physiol* [Internet]. 1971 Oct;13(1):102–15. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0034568771900673>
64. Frías EC. Indicadores clínicos y sanguíneos en vacas autóctonas criadas en sistema extensivo. *Rev Electron Vet* [Internet]. 2017;18(12). Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63654640022.pdf>