UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

Indicadores de estrés, producción y metabolismo en bovinos de leche expuestos a ataques de grandes felinos

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MÉDICO VETERINARIO

Autor: Zumbana Naula Emilio Lizandro

Tutor: Ing. Aragadvay Yungán Ramón Gonzalo

Cevallos – Ecuador

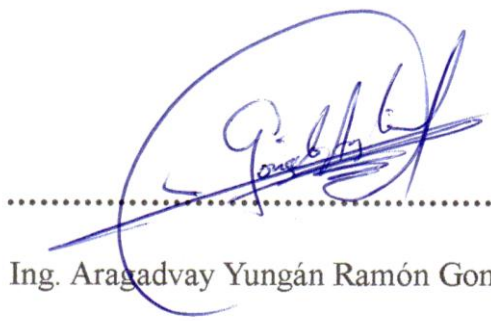
Enero - 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación sobre el tema: **"Indicadores de estrés, producción y metabolismo en bovinos de leche expuestos a ataques de grandes felinos"** del alumno Emilio Lizandro Zumbana Naula, estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria, considero que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en su totalidad, el mismo que responde a las normas establecidas en el reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Por lo tanto, autorizo la presentación del mismo, ante el organismo pertinente para ser sometido a la evaluación de los profesores calificadores designados por el H. Consejo Directivo de la Facultad.

Cevallos, enero del 2026



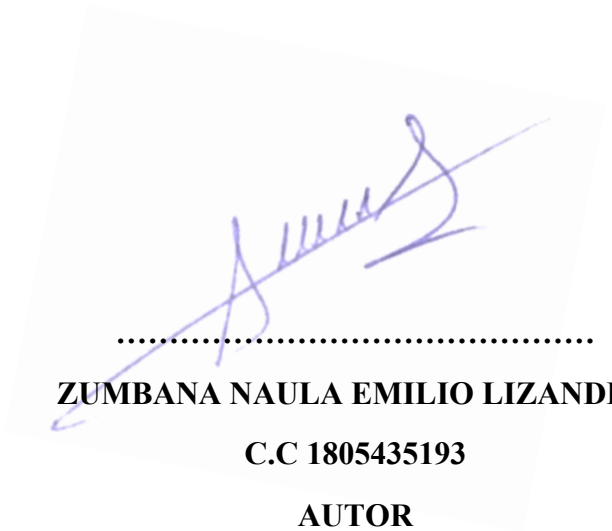
Ing. Aragadvay Yungán Ramón Gonzalo

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **EMILIO LIZANDRO ZUMBANA NAULA**, portador de cédula de ciudadanía número: 1805435193, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final de Proyecto de investigación titulado: "**Indicadores de estrés, producción y metabolismo en bovinos de leche expuestos a ataques de grandes felinos**" es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultada.

Cevallos, enero de 2026



……

ZUMBANA NAULA EMILIO LIZANDRO

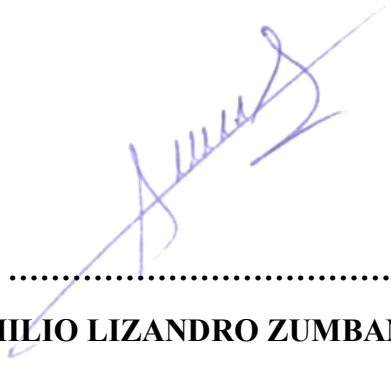
C.C 1805435193

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **"Indicadores de estrés, producción y metabolismo en bovinos de leche expuestos a ataques de grandes felinos"** como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Médico Veterinario, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad. Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial. Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él. Enero, 2026

Cevallos, enero de 2026



……..

EMILIO LIZANDRO ZUMBANA NAULA

C.C 1805435193

AUTOR

TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado del Trabajo de Titulación, **"Indicadores de estrés, producción y metabolismo en bovinos de leche expuestos a ataques de grandes felinos"** de Naula Zumbana Emilio Lizandro, estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de conformidad con el Reglamento para la Titulación de Grado para obtener el título terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato, una vez revisado y calificado.

Cevallos, enero del 2026

REVISADO POR

Ing. Ramón Gonzalo Aragadvay Yungán, PhD.

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACION

Para constancia firman:

Ing. Pomboza Tamaquiza Pedro Pablo PhD.

PRESIDENTE

Mvz. Mg Becerra Becerra Veronica Alexandra

MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO

Dr. Mg. Kelly Alvear Gerardo Enrique

MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO

DEDICATORIA

A mis padres,

Miriam, mi madre que nunca me hizo falta un desayuno ni una oración para que nada me pasara, siempre estuvo presente con su preocupación y sus palabras de consuelo cuando necesitaba fuerzas para seguir adelante, que se desvelaba conmigo desde la escuela haciendo los deberes y celebraba por cada logro que tuve por más pequeño que fuera, me enseño de valores y moral para que ahora cada acción mía muestre su esencia y enseñanza. Emilio, mi padre, mi ejemplo, que en cada oportunidad que tiene me da consejos para mejorar, que se esforzaba para que la familia salga adelante, y que siempre estuvo ahí para ayudarme cuando la situación parecía no tener solución, nunca me hizo faltar un dólar para ir en bus o la comodidad para llegar a la facultad.

Ustedes son y serán siempre el motor de mi vida, este documento refleja años de sacrificio y esfuerzo que dedicaron para que yo pueda llegar a esta etapa. Ustedes que me enseñaron a superarme y ser mejor pese a que por mis equivocaciones y malas decisiones les di más de una preocupación. No tengo más que hacer que agradecerles porque en toda esta etapa académica estuvieron para mí, y está demás decirles que cado logro y éxito que tenga es para ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser el mediador para que haya podido culminar esta carrera bajo su voluntad y sus designios, dándome la sabiduría y fortaleza necesaria para encaminarme y ser la luz en cada decisión, por darme paz cuando las dudas aparecían y por acompañarme en cada paso de este proceso.

A mi tutor de tesis, Ing Gonzalo Aragadvay, por su dedicación, paciencia y orientación a lo largo de este proceso. Gracias por compartir sus conocimientos con claridad y por motivarme. Su apoyo constante, sus observaciones y el tiempo invertido en mi formación han sido fundamentales para alcanzar este logro.

A mis compañeros y amigos, gracias por acompañarme en este camino, por las risas, el apoyo, por escuchar mis quejas y por celebrar los pequeños momentos y sobre todo por recordarme que, incluso en los momentos más tensos, siempre había tiempo para despejar la mente, aunque fuera con un vaso en la mano. Sin ustedes, este proceso no tuviera las anécdotas que hemos pasado.

Zumbana Naula Emilio Lizandro

ÍNDICE GENERAL

PORTADA i
APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE GENERAL viii
ÍNDICE DE ANEXOS xii
RESUMEN xiii
ABSTRACT xiv

INTRODUCCIÓN 1
CAPITULO 1 5
1. MARCO TEÓRICO 5
1.1 Antecedentes investigativos 5
1.2 Categorías fundamentales 9
1.2.1 Mecanismos fisiológicos del estrés: eje HPA y cortisol 9
1.2.2 El cortisol como indicador fisiológico 11
1.2.3 Activación del eje HPA ante amenazas naturales 12
1.2.4 Efectos del estrés por depredación 13
1.2.5 Cortisol en la preñez 11
1.2.6 Bienestar animal y calidad de salud 14
1.3 OBJETIVOS 15
1.3.1 General 15
1.3.2 Específicos 15
Hipótesis 15
CAPÍTULO II 17
2. METODOLOGÍA 17
2.1 Materiales 17
2.1.1 Material biológico experimental 17
2.1.2 Materiales de campo 17
2.1.3 Equipos para la contención de animales 16
2.1.4 Insumos de oficina 16
2.2 Métodos 16
2.2.1 Ubicación del experimento 16
2.2.2 Características del lugar 16
2.2.3 Factores de estudio 16

2.2.4 Tipo de investigación 16
2.2.5 Manejo del experimento 16
2.2.6 Variable respuesta 19
2.2.6.1 Variable independiente 19
2.2.6.1 Variable dependiente 19
2.2.7 Procesamiento de la información 19
2.2.8 Diseño experimental 19
CAPÍTULO III 21
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 21
3.1 Evaluación de los niveles de cortisol entre bovinos no expuestos a ataques de grandes felinos y bovinos expuestos a ataques de grandes felinos 21
3.2 Caracterización de la producción de leche e indicadores bioquímicos de salud de bovinos expuestos y no expuestos a que a ataques de grandes felinos. 23
3.3 Correlación de los niveles de cortisol de bovinos expuestos y no expuestos a que a ataques de grandes felinos con indicadores de producción de leche e indicadores bioquímicos de salud animal. 26
3.3.1 Correlación de bovinos no expuestos a ataques de grandes felinos 27
3.3.2 Correlación de bovinos expuestos a ataques de grandes felinos 28
3.3.3 Correlación entre bovinos no expuestos y expuestos a ataques de grandes felinos frente a la producción de leche diaria. 32
3.4 Verificación de hipótesis 33
CAPÍTULO IV 34
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 34
4.1 Conclusiones 34
4.2 Recomendaciones 35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 36
ANEXOS 44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores referenciales en bovinos lecheros *11*

Tabla 2. Valores promedio de cortisol sérico de bovinos expuestos y no expuestos a ataques, comparados independientemente y entre grupos. *21*

Tabla 3. Valores paramétricos y no paramétricos de calidad de leche entre bovinos expuestos a ataques y no expuestos a ataques. *23*

Tabla 4. Valores paramétricos de biomarcadores de salud entre bovinos expuestos a ataques y no expuestos a ataques..... *24*

Tabla 5. Correlación Pearson entre niveles de cortisol pm en bovinos no atacados y parámetros de calidad de leche y biomarcadores de salud..... *27*

Tabla 6. Correlación Spearman entre niveles de cortisol am en bovinos no atacados y parámetros de calidad de leche y biomarcadores de salud *28*

Tabla 7. Correlación Pearson entre niveles de cortisol pm en bovinos atacados y parámetros de calidad de leche y biomarcadores de salud..... *29*

Tabla 8. Correlación Spearman entre niveles de cortisol am en bovinos atacados y parámetros de calidad de leche y biomarcadores de salud..... *30*

Tabla 9. Correlación entre niveles de cortisol y producción de leche diaria..... *32*

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Bovinos expuestos a ataques en la localidad "El Triunfo". *44*

Anexo 2. Bovinos expuestos a ataques en la localidad "10 de agosto". *44*

Anexo 3. Bovinos expuestos a ataques en la localidad "Fátima". *45*

nexo 4. Bovinos expuestos a ataques en la localidad "Shell". *45*

Anexo 5. Bovinos expuestos a ataques en la localidad "Veracruz". *46*

Anexo 6. Bovino lechero con presencia de lesiones por ataques de jaguar. *46*

Anexo 7. Centro de acopio de leche ubicada en El Triunfo. *47*

Anexo 8. Muestras de leche. *47*

Anexo 9. Laboratorio del centro de acopio de leche en El Triunfo. *48*

Anexo 10. Prueba de normalidad leche/día *48*

Anexo 11. Correlación de Pearson y Spearman entre producción litros leche/ dia con cortisol am de bovinos no atacados y atacados *49*

Anexo 12. Prueba de Shapiro-Wilks entre niveles de cortisol Am y Pm de vacas expuestas a ataques de grandes felinos *49*

Anexo 13. Prueba de Shapiro-Wilks entre niveles de cortisol Am y Pm de vacas no expuestas a ataques de grandes felinos *50*

RESUMEN

El estudio comparativo se llevó a cabo en la provincia de Pastaza, Ecuador en donde se visitó 5 parroquias; El Triunfo, 10 de agosto, Fátima, Shell y Veracruz, con el objetivo de evaluar el estrés, biomarcadores de salud y producción de ganado atacados por grandes felinos (jaguar). Se escogieron 50 bovinos lecheros entre razas Brown Swiss, Jersey y Holstein Frisian, con un peso de entre los 300 a 450 kg y que se encuentren en su segundo ciclo de la lactancia o después del mismo, se los separó en dos grupos, bovinos que sufrieron ataques por grandes felinos (jaguar) y otro grupo control. Se realizó un muestreo matutino a las 7:00 a. m. y un muestreo vespertino a las 4:00 p. m., 24 horas después del ataque, de igual manera se tomó muestras de leche antes del ordeño. Para el análisis sanguíneo se centrifugó la muestra a 3000 rpm durante 10 minutos obteniendo el suero, donde se analizó mediante inmunoensayo de fluorescencia (FIA), para medir cortisol (ng/ml). Para el análisis estadístico se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks, la prueba T para muestras apareadas e independientes y la prueba de correlación de Pearson y Spearman para comparar las concentraciones de cortisol con los biomarcadores de salud y calidad de leche. Los resultados obtenidos muestran incrementos significativos de cortisol 44,13 ng/ml a.m., 29,95 ng/ml p.m. frente a valores de 20,47 ng/ml a.m. y 16,62 ng/ml p.m. del grupo control, y a su vez el mantenimiento de altos niveles de cortisol ocasionan alteraciones metabólicas tales como hemoconcentración, cambios electrolíticos, aumento de AST, disminución litros/día, no obstante no existía una correlación fuerte sobre la disminución productiva y dichos ataques por lo que estas alteraciones se las atribuye a la influencia de otros factores tanto conductuales y ambientales.

Palabras clave: ESTRÉS, BIOMARCADORES DE SALUD, PRODUCCIÓN, ATAQUES POR GRANDES FELINOS, BOVINOS LECHEROS.

ABSTRACT

The comparative study was conducted in the province of Pastaza, Ecuador, where five parishes were visited: El Triunfo, 10 de agosto, Fátima, Shell, and Veracruz, with the objective of evaluating stress, health biomarkers, and production in cattle attacked by large felids (jaguar). Fifty dairy cattle from the Brown Swiss, Jersey, and Holstein Frisian breeds, weighing between 300 and 450 kg and in their second lactation cycle, were selected and divided into two groups: cattle that suffered attacks by large felids (jaguar) and a control group. Morning sampling was performed at 7:00 a.m. and afternoon sampling at 4:00 p.m., 24 hours after the attack; similarly, milk samples were collected before milking. For blood analysis, the samples were centrifuged at 3000 rpm for 10 minutes to obtain serum, in which cortisol (ng/mL) was analyzed by fluorescence immunoassay (FIA). Statistical analysis included the Shapiro–Wilks normality test, the paired and independent T test, and Pearson and Spearman correlation tests to compare cortisol concentrations with health biomarkers and milk quality. The results showed significant increases in cortisol levels of 44.13 ng/mL in the morning and 29.95 ng/mL in the afternoon compared with values of 20.47 ng/mL in the morning and 16.62 ng/mL in the afternoon in the control group. Likewise, the maintenance of high cortisol levels caused metabolic alterations such as hemoconcentration, electrolyte changes, increased AST, and decreased liters/day; however, there was no strong correlation between the productive decrease and these attacks, so these alterations were attributed to the influence of other behavioral and environmental factors.

Keywords: STRESS, HEALTH BIOMARKERS, PRODUCTION, ATTACKS BY LARGE FELIDS, DAIRY CATTLE.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en la producción animal el papel de la sostenibilidad ambiental y calidad de vida de los animales ha ido adquiriendo importancia. Puesto que la consideración de estrés y bienestar animal resulta muy subjetiva, por lo que se amerita demostrar con evidencias científicas y análisis de estas para evadir malas interpretaciones que las comparan con prácticas antropomórficas **(World Organisatior for Animal Health, 2024).** Al momento de comprobar el bienestar animal, es fundamental considerar tres dimensiones principales, a saber: el estado físico y productivo del animal, las sensaciones y emociones que experimenta (por ejemplo, la ausencia de dolor, miedo o hambre), y la manifestación de las conductas propias de la especie **(Huertas, 2023)**.

En el caso de las explotaciones lecheras, la garantía de un buen nivel de bienestar animal pasa por hacer un seguimiento a las condiciones medioambientales y a las condiciones individuales, donde se encuentran, por ejemplo, la naturaleza del alojamiento, las prácticas de manejo, las relaciones sociales, el estado corporal, la aparición de cojeras o la mortalidad, etc. Resulta fundamental poder reconocer y reducir aquellos estímulos procedentes del medio que puedan influir negativamente en la calidad de vida de los animales **(von Keyserlingk et al., 2009; World Organisatior for Animal Health, 2024).**

El avance en prácticas para cría y producción de ganado lechero ha de mostrado generar condiciones en el que el ganado enfrenta situaciones de estrés como respuesta frente a factores ambientales, mismo que alteran a su bienestar perjudicando su sistema inmune, falta de crecimiento, reproducción, disminución en la producción e incluso la muerte **(Jurkovich et al., 2024)**. Varios autores clasifican la exposición frente a factores estresantes, como **(Bewley et al., 2017)** que menciona la reacción frente a la emergencia y como se desencadena el eje simpaticoadrenal. Por otro lado, se habla también del síndrome de adaptación en el que se caracteriza por la liberación de ACTH conjunto con corticosteroides liberados por las suprarrenales**(SELYE, 1946)**.

En ciertas localidades del mundo como en África, Latinoamérica e incluso Asia, la depredación de mamíferos grandes altera el bienestar del ganado, perjudicando a la salud de estas, estos casos son considerados importantes si se habla del estrés animal.

Varias investigaciones hablan sobre la depredación y los animales que lo provocan (jaguar, puma, leopardos, leones, entre otros), sin embargo, no se analizado el impacto que genera esta problemática en el ámbito económico, productivo y en el estado de salud del ganado**(Fridell, 2020)**.

La hipótesis del estrés por depredación postula que la única presencia de un depredador debe ser suficiente para inducir la secreción de glucocorticoides (GC) en sus presas**(Boonstra et al., 1998)**, lo que puede comprometer el éxito reproductivo de dos modos: al afectar directamente el eje hormonal reproductivo, que es el hipotálamo-hipófisis-gonadal, y de forma indirecta, ya que puede comprometer el estado inmune y digestivo del individuo, lo que puede mermar su supervivencia, así como su éxito reproductor**(Romero, 2004)**. En estudios realizados bajo condiciones controladas se ha podido demostrar que la interacción con depredadores provoca, por lo general, un pico temporal de GC, aunque este patrón no se presenta en todos los casos**(Cockrem & Silverin, 2002)**. La repercusión negativa sobre la reproducción de los animales estudiados con relación a las GC también queda bien establecida, aunque esto ocurre principalmente cuando el incremento de GC es permanente, ya que en casos agudos no parece que causen efectos negativos. Por ello, los ensayos experimentales que evalúan respuestas de corta duración son valiosos para establecer relaciones causales entre el riesgo de depredación y la secreción de GC. No obstante, también resulta fundamental examinar si la variación natural del riesgo predatorio se asocia con alteraciones sostenidas en estos niveles hormonales **(Boonstra et al., 1998; Cockrem & Silverin, 2002).**

La producción cárnica como lechera se sustentan del alto porcentaje de terneros destetados, por lo que, desde hace décadas, tanto ganaderos como veterinarios han trabajado para llegar a este objetivo. Tras realizar varias investigaciones se ha logrado comprender los factores que se asocian a la deficiencia productiva, siendo las enfermedades infecciosas las más frecuentes **(Givens, 2006; Grooms, 2004)**. Así entre otros factores relacionados a la genética y nutrición, pero poco se menciona al bienestar animal y como este altera al estado reproductivo. La ausencia del bienestar animal provoca estrés, desencadenando la disminución de la producción y problemas en la reproducción y producción **(Fernandez-Novo et al., 2020)**.

El estrés en vacas lecheras es un factor fisiológico que afecta tanto a su rendimiento como a la salud del animal, debido a que son muy susceptibles. En esta condición los bovinos intentan lidiar con este factor para mantener la homeostasis y así sobrevivir, sin embargo, este afecta a todo el cuerpo, por lo que la lactancia y gestación se ven comprometidas. Existen varios factores estresantes que afectan al ganado siendo esto de origen físico o social, como es la temperatura, manejo, transporte, exceso de población, entre otros **(Villamediana, 2022)**.

La amenaza de depredadores como cánidos salvajes es un problema persistente en diversas regiones ganaderas, donde atacan al ganado lechero. Estos eventos no solo provocan daños inmediatos por muertes y heridas, sino que además crean un entorno de constante temor. Este estado de alerta perpetuo desencadena en los animales reacciones de estrés, tanto agudo como prolongado. Dicho estrés se puede observar en su fisiología (por ejemplo, con un aumento de glucocorticoides detectables en el pelo o la leche) y en su comportamiento (como una mayor vigilancia o alteraciones en la alimentación y el descanso) **(Creel et al., 2009)**. Estas consecuencias derivan en una merma de la producción y calidad de la leche, problemas reproductivos y una mayor susceptibilidad a enfermedades. Pese a la gran importancia económica y para el bienestar animal que esto supone, hay una carencia de investigaciones epidemiológicas y experimentales que miden de forma rigurosa el efecto de estos ataques, o de la continua presencia de depredadores, sobre los indicadores de estrés y rendimiento en vacas lecheras criadas bajo sistemas extensivos y semi-intensivos **(Katsarou et al., 2024).**

En la actualidad, la ciencia cuenta con metodologías y biomatrices validadas (como el cortisol en leche, pelo y heces, o marcadores inmunitarios) para cuantificar de manera confiable tanto el estrés agudo como el crónico en rumiantes. Esto abre la puerta a la realización de investigaciones exhaustivas que puedan correlacionar la exposición a depredadores con las consiguientes respuestas hormonales y su impacto en la producción. La inclusión de análisis de cortisol, especialmente en pelo y la leche que reflejan niveles a lo largo del tiempo, ofrecen una herramienta objetiva para establecer una conexión clara entre la experiencia de un ataque y sus efectos fisiológicos prolongados **(Ataallahi et al., 2023).**

El ganado sufriría una serie de defectos relacionando a salud y bienestar si el estrés depredador no mejora. De hecho, según mencionan varios propietarios el miedo constante a un posible ataque es peor que el ataque mismo, desencadenando una desesperanza entre ganaderos, puesto que la respuesta animal hacia este tipo de estrés perjudicaría al estado metabólico del organismo con cambios significativos; como la liberación hormonal crónica, deterioro físico, trastornos digestivos, cambio en patrones sociales, comportamiento y en caso de vacas gestantes puede afectar negativamente al embrión **(Greve, 2018)**.

Por tales motivos se ha tomado en cuenta a bovinos afectados por la depredación de grandes felinos (jaguar), sabiendo que el cortisol sanguíneo es un indicador agudo y ayudará a realizar un diagnóstico preventivo y evitar que los niveles de cortisol y alteración de biomarcadores se mantengan a largo plazo y menguar esta situación mediante un control y manejo específico para estos animales **(Heimbürge et al., 2019; (FDA-NIF Biomarker Working Group, 2025).**

CAPITULO 1

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

Según la investigación realizada por **Katsarou et al., (2024)** se analiza la relación entre ovejas y los depredadores reportados alrededor de las granjas de Grecia, en donde tomaron en cuenta los recuentos de células somáticas y el recuento total de bacterias en el tanque de la leche reflejando la calidad de esta. La experiencia tuvo como población a 325 rebaños de ovejas lecheras, dividiéndolas en tres grupos; cohorte A (sin depredadores), cohorte B (con depredadores), cohorte C (con depredadores y pérdidas de ganado). Los resultados obtenidos en esta experiencia revelan que las ovejas del grupo C fueran altas, +43% y +29%, en relación de los grupos A y B, $0{,}617 \times 106$ células mL−1 frente a $0{,}433 \times 106$ o $0{,}477 \times 106$ células mL−1, respectivamente. Concluyendo que la leche de las ovejas con presencia de depredadores tiene menor calidad, asociado al estrés por su entorno de miedo y potenciales ataques.

El grupo de investigación de **Ataallahi et al., (2023)** en su artículo publicado, mencionan el impacto que tiene el estrés sobre la industria lechera, enfatizando la presencia de cortisol transferido en leche. Evaluaron la relación de este en los productos lácteos, humedad e índice de temperatura. La experiencia tuvo lugar en Corea, donde tomaron once productos pasteurizados de origen comercial. La toma de cortisol en leche se hizo mediante éter etílico para ser analizado en un inmunoensayo enzimático. Por otro lado, los índices de temperatura y humedad se extrajeron de datos

proporcionados por la administración meteorológica de Corea. Los resultados que reflejó este proceso fueron 211,9 ± 95,1, 173,5 ± 63,8, 109,6 ± 53,2 y 106,7 ± 33,7 pg/mL en julio, agosto, septiembre y octubre, respectivamente. Se evidenció que dos productos lácteos de dos meses fueron menores a los demás, por lo que el monitoreo de residuos de cortisol es una herramienta útil para mostrar el estrés latente en el ganado lechero.

Según mencionó **Eriksson Linda, (2020)** en su tesis, el león es el depredador más común que ataca al ganado en Kenia, sin embargo, también se producen ataques de hienas, leopardos, y chacales, convirtiéndose en una situación alarmante puesto que afectaría al ciclo reproductivo, salud y productividad del ganado, ya que provoca estrés crónico. Se seleccionaron dos rebaños para su análisis; el primero constaba de un grupo que fue atacado los últimos 10 meses (uno de vacas y otro de novillos) y otros dos rebaños de control que no habían sufrido ataques durante el mismo lapso. Como indicador de estrés se tomaron muestras de cortisol capilar, recogiéndolas de 10 individuos de forma aleatoria de cada rebaño. El resultado que se obtuvo fue que el cortisol indica que no hubo una diferencia relevante entre individuos atacados y no atacados, sino que tuvo una diferencia significativa en los niveles de cortisol según el colo del pelo, siendo el claro el que mayor cantidad posee.

Un estudio a cargo de **Xu et al., (2019)** manifestó que los animales vertebrados poseen respuestas fisiológicas frente a sus depredadores, por lo que en esta experiencia se buscaba la identificación de estas en especies jóvenes de qingbo. Se medió la tasa metabólica rutinaria, los niveles de cortisol y su comportamiento frente a la presencia y ausencia de depredadores. Se logró identificar que los jóvenes no expuestos a depredadores evidenciaron una respuesta normal de estrés cuando tuvieron su primera exposición a depredadores. Por otro lado, los experimentados mostraron una mayor actividad y menor estímulo. Concluyendo que los inexpertos mostraron respuestas fisiológicas con depredadores y no depredadores. Aquí se muestra diseños experimentales para relacionar conducta y cortisol tras exposición a depredadores que permite trasladar métodos y expectativas a bovinos.

Un estudio realizado por **Vitela-Mendoza et al., (2016),** consistió en evaluar el efecto de Stomoxys calcitrans sobre las respuestas adrenocorticales y conductuales del ganado lechero. Se tomó en consideración la toma de 20 vacas Holstein rociadas con insecticidas durante 7 días, mientras a otro grupo no se aplicó insecticida. El cortisol fue evaluado cada mañana, este tuvo un valor máximo de 56,81 ± 39,53 ng/mL con 26 a 30 moscas/vaca al día. Por otro lado, el comportamiento también fue distinto los movimientos de cola y patadas aumentaron, por lo que se concluyó que los niveles de cortisol están en relación con el estrés provocado por el número de moscas y los cambios conductuales de despeje.

Un estudio de **Grelet et al., (2022)**elaboró un experimento sobre el estrés crónico controlado en vacas lecheras cuyo fin tuvo analizar biomarcadores de confianza para identificar la presencia de estrés prolongado frente a estímulos ambientales. La experiencia consistió en 30 bovinos divididos en dos grupos, uno control y el segundo grupo fue sometido a un estrés intensivo que consistía en exponerlos en un hacimiento severo, competencia por alimento, ruido de perros, cambio de establo, por un lapso de un mes. Se obtuvieron muestras de sangre, saliva, pelo y biomarcadores productivos y fisiológicos. Obteniendo que el cortisol salival y glucosa sanguínea son marcadores ineficientes en muestras de estrés prolongado, a diferencia del cortisol en pelo y fructosamina sérica que mostraron incrementos relevantes, concluyendo en su utilidad para evaluar el estrés prolongado. Por otro lado, las vacas del protocolo sufrieron cambios en producción de leche y actividad cardiaca, debido a la afección por el estrés. Aquí se menciona la importancia que tiene de los biomarcadores para evaluar el bienestar y salud de bovinos especialmente aquellos que sufren por una larga duración de estrés como ataques de depredadores o alteraciones en su entorno.

Razzaghi et al., (2023) desarrollaron un análisis entre distintos factores de estrés ambiental y nutricional y su impacto frente a la producción, metabolismo y la homeostasis del organismo, de bovino lecheros. En su estudio los autores mencionan la activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal y consecuentemente el incremento de cortisol y su significancia sobre los marcadores de eficacia metabólica, producción

de leche, y balance energético. Los resultados que obtuvieron resaltan que la presencia de estrés genera respuestas endócrinas que alteran el metabolismo y producción, pese a no mencionar la existencia de lesiones físicas directas evidentes, los procesos fisiológicos que intervienen en la homeostasis podrían ser similares a los provocados por ataques de grandes felinos.

Una investigación fundamental a cargo de **Verkerk et al., (1998)**sobre la dinámica del cortisol en el ganado lechero examinó la viabilidad del cortisol lácteo como biomarcador de estrés agudo, contrastándolo con los niveles plasmáticos tras la administración de ACTH y otros estímulos fisiológicos. Al aplicar ACTH entre 1 y 4 horas antes del ordeño, se observó que el cortisol en sangre aumentaba proporcionalmente a la inmediatez del estímulo (7-56 ng/ml), comportamiento replicado en la leche, aunque con menor intensidad (de 1,2 a más de 11 ng/ml). Experimentos adicionales, que incluyeron factores como el transporte, confirmaron esta correlación paralela. No obstante, el estudio reveló una limitación crítica: el cortisol en leche no logra reflejar elevaciones plasmáticas previas que ya se han normalizado al momento de la recolección. Esto sugiere que, si bien es un indicador útil, su sensibilidad se restringe a estresores ocurridos dentro de las dos horas previas al muestreo, ofreciendo una ventana de detección más estrecha que la sanguínea.

Sgorlon et al., (2015) investigaron los determinantes de las concentraciones de cortisol lácteo en vacas durante la lactancia media, evidenciando que este parámetro es susceptible a variaciones por factores ambientales, nutricionales y de manejo. Los autores concluyeron que elementos como el estrés térmico o problemas de salud activan el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, elevando los niveles de cortisol en la leche. Esta evidencia es fundamental para el presente estudio, pues ratifica la sensibilidad del cortisol lácteo ante estímulos externos severos. Por consiguiente, se valida su uso como una herramienta fisiológica eficaz para cuantificar el impacto metabólico y productivo en el ganado expuesto a amenazas críticas, tales como la depredación por grandes felinos.

Hong et al., (2019) investigaron las consecuencias del transporte en vacas lactantes, estableciendo que este tipo de estrés agudo activa vigorosamente el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal. Esta activación deriva en un incremento notable del cortisol plasmático y en modificaciones metabólicas ligadas al gasto energético, lo cual impacta negativamente en el rendimiento lechero. Estos datos son cruciales para la presente investigación, pues permiten inferir que la amenaza de depredadores —un estresor agudo de mayor severidad que el transporte— desencadenará respuestas fisiológicas análogas o superiores, comprometiendo tanto el bienestar animal como la eficiencia productiva.

1.2 Categorías fundamentales

En la mayoría de los países de Sudamérica y Centroamérica el conflicto entre hombre-felinos es una temática con múltiples paradigmas, principalmente por los ataques producidos por grandes felinos como el jaguar o el puma, también por especies de menor tamaño como cánidos o úrsidos hacia el ganado vacuno, caprino u ovino. Esta problemática afecta de forma económica puesto que afecta principalmente a la producción **(Castaño U. et al., 2016)**. El miedo constante o los episodios de ataques esporádicos generan alteraciones en la conducta del ganado, como un aumento de la vigilancia, mayor tendencia a agruparse y menor tiempo dedicado al pastoreo. Estas situaciones también pueden desencadenar respuestas fisiológicas de estrés que repercuten tanto en la salud como en la productividad, tanto a nivel individual como en toda la explotación **(Asaye et al., 2024)**.

1.2.1 Mecanismos fisiológicos del estrés: eje HPA y cortisol

En mamíferos domésticos, el estrés estimula la activación del eje hipotálamo–hipófisis–suprarrenal (HPA), lo que provoca la liberación de glucocorticoides, siendo el cortisol el principal en bovinos. Este presenta una dinámica temporal: puede reflejar respuestas rápidas en la sangre (en cuestión de minutos a horas) y, al mismo tiempo, acumularse en matrices como el pelo o la leche, evidenciando la exposición durante periodos más prolongados (días a meses). El cortisol influye en la conducta, el

metabolismo y la función inmune; sin embargo, su incremento sostenido o repetitivo puede generar consecuencias negativas sobre la salud, la reproducción y la inmunidad. Por este motivo, la medición de cortisol en suero o plasma resulta adecuada para identificar respuestas agudas frente a eventos específicos (como un ataque), mientras que el análisis en pelo o leche permite evaluar la exposición crónica al estrés.**(Asaye et al., 2024).**

A nivel metabólico, la activación persistente del eje HPA desencadena una cascada de eventos catabólicos destinados a movilizar reservas energéticas para afrontar la amenaza percibida, un proceso que, si se cronifica, resulta mortal para el animal. El cortisol promueve la gluconeogénesis hepática y la lipólisis, pero simultáneamente induce una resistencia periférica a la insulina y suprime la síntesis de proteínas, lo que puede comprometer el crecimiento y la producción lechera. Además, existe una interacción bidireccional crítica entre los glucocorticoides y el sistema inmune; el exceso de cortisol inhibe la expresión de citoquinas proinflamatorias y reduce la capacidad fagocítica de los neutrófilos, predisponiendo al ganado a enfermedades infecciosas como la mastitis o la metritis, especialmente durante periodos de transición **(Horst et al., 2021; Lopreiato et al., 2022).**

La regulación del eje HPA depende intrínsecamente de un mecanismo de retroalimentación negativa, donde el cortisol circulante actúa sobre el hipotálamo y la hipófisis para inhibir su propia secreción; sin embargo, bajo condiciones de estrés crónico, este "freno" fisiológico puede sufrir una desregulación o desensibilización. Factores estresantes ambientales comunes en la producción intensiva, como el estrés por calor o el hacinamiento, pueden alterar la sensibilidad de los receptores de glucocorticoides, llevando a una carga alostática donde el organismo es incapaz de retornar a la homeostasis basal. Esta disfunción no solo altera los ritmos circadianos de secreción hormonal, sino que también afecta la integridad de la barrera intestinal y aumenta los marcadores de estrés oxidativo sistémico **(Dado-Senn et al., 2023; Fabris et al., 2021).**

Tabla 1.

Valores referenciales en bovinos lecheros

Matriz	Mañana — valor referencial (ng/mL)	Tarde — valor referencial (ng/mL)
Suero	22,11 (±7,89) — media (n=14)	16,94 (±4,38) — media (n=14)
Plasma/Suero	39,24 (±24,43) — media ± DE	21,88 (±13,18) — media ± DE

Nota: Valores referenciales de cortisol bovino en la mañana y tarde. Tomado de **(Fernanda Olalla et al., 2025)**

1.2.2 El cortisol como indicador fisiológico

Esta hormona se encarga de realizar ciertas adaptaciones metabólicas, mismas que priorizan la disponibilidad de energía, pero cuando el organismo sufre de una exposición prolongada puede alterar funciones inmunológicas, productiva e incluso reproductivas. Por lo que se lo toma como un biomarcador confiable a la hora de evaluar el estrés, principalmente en hatos lecheros. Pese a ser uno de los biomarcadores más sensibles es necesario interpretar los niveles de cortisol conjunto con otros parámetros productivos y fisiológicos. Si hablamos de bienestar animal también se debería tomar en cuenta indicadores físicos, conductuales y fisiológicos, siendo el cortisol la clave de este conjunto **(Knott et al., 2008)**.

1.2.3 Cortisol en la preñez

A lo largo de la gestación el cortisol tiende a aumentar progresivamente y puede mostrar niveles basales de glucocorticoides más altos que en animales no gestantes en

ciertos momentos del embarazo, y un aumento marcado del cortisol hacia el periparto que participa en la maduración fetal y la iniciación del parto. Además, la placenta regula la exposición fetal al cortisol a través de enzimas (p. ej. 11β-HSD2) que metabolizan glucocorticoides, modulando cuánto cortisol materno llega al concepto(Rafa et al., 2024). Por lo que es importante llevar un monitoreo en vacas gestantes para evitar una sobre carga de estrés y tener complicaciones en el parto **(Sano et al., 2023).**

1.2.4 Activación del eje HPA ante amenazas naturales

La presencia de los depredadores frente al ganado actúa de forma inmediata frente al eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, consecuentemente responderá con la liberación de cortisol para preparar al organismo para fugarse o que este en estado de alerta. Este proceso en animales domésticos se intensifica ya que no están acostumbrados a enfrentar depredadores. Ciertos autores mencionan que tan solo con la percepción del peligro es suficiente para que el animal genere esta respuesta por lo que se podría explicar de cierta forma los niveles altos de glucocorticoides en los ataques de grandes felinos **(McCluney et al., 2012)** .

1.2.5 Interacción del ganado con grandes felinos (jaguar)

La incursión del jaguar (*Panthera onca*) en zonas de pastoreo actúa como un estresor psicológico y físico de alta intensidad que desencadena una respuesta de alarma inmediata en el ganado bovino. Al detectar la presencia del depredador mediante señales olfativas o visuales, el organismo del bovino activa el eje HPA en cuestión de segundos, priorizando la supervivencia a corto plazo mediante la reacción de "lucha o huida". Esta activación simpaticoadrenal provoca una descarga masiva de catecolaminas y un pico abrupto de cortisol plasmático, diseñado fisiológicamente para movilizar reservas energéticas rápidas y potenciar la capacidad muscular

necesaria para evadir el ataque, alterando momentáneamente la homeostasis del animal **(Tortato et al., 2021; Widmer et al., 2023)**.

Posterior a un evento de depredación, el ganado sobreviviente manifiesta alteraciones conductuales agudas correlacionadas con los niveles elevados de glucocorticoides circulantes. Se observa un incremento drástico en la vigilancia y la formación de grupos compactos defensivos, comportamientos que interrumpen transitoriamente el forrajeo y la rumia. Aunque estos picos de cortisol en sangre tienden a disminuir una vez que la amenaza inmediata desaparece, el análisis de este biomarcador en suero durante las horas posteriores al incidente permite cuantificar la magnitud del impacto fisiológico agudo que la presión de depredación ejerce sobre el rebaño, diferenciándolo de otras causas de estrés ambiental **(Bhatia et al., 2022; Foster et al., 2021)**.

1.2.6 Efectos del estrés por depredación

Las consecuencias productivas del estrés inducido por depredadores pueden ser directas e indirectas:

- **Efectos conductuales** (menor ingestión, aumento del tiempo de vigilancia y reducción de reposo) que se traducen en menor ingesta neta y, por ende, menor producción láctea.
- **Efectos fisiológicos**: picos repetidos de cortisol afectan el metabolismo energético, la síntesis láctea y la función inmunitaria, con posible incremento del recuento de células somáticas (SCC) y mayor susceptibilidad a mastitis y enfermedades metabólicas.
- **Efectos reproductivos y económicos**: estrés puede reducir fertilidad y aumentar intervalos entre partos, incidiendo en la rentabilidad. Revisiones y estudios experimentales en bovinos muestran que estresores fuertes (incluyendo la amenaza de depredadores) se asocian con cambios en parámetros productivos y sanitarios que pueden comprometer la sustentabilidad de la explotación **(Jurkovich et al., 2024).**

1.2.7 Bienestar animal y calidad de salud

Frente a cualquier tipo de contexto sanitario, a parte de las pérdidas animales, se debe considerar el estado de salud en el que se encuentra el ganado luego del trauma, es decir, mordeduras, desgarros o heridas que conllevan a un tipo de infección local o incluso sistémica, e incluso afecciones al sistema digestivo como el apetito, ingesta y la condición corporal. Cuando los bovinos son propensos a los ataques o estos pasan con frecuencia la activación del eje HPA se ve alterado ya que sufre un constante disparo de cortisol y esto con el tiempo repercute en problemas con la reproducción, metabolismo e inmunidad **(Louchouarn & Treves, 2023).**

Estudios recientes muestran asociaciones entre presencia de predadores y peores indicadores de leche o cambios conductuales compatibles con estrés **(Katsarou et al., 2024),** y experimentos de manejo han documentado que prácticas de bajo estrés reducen pérdidas y mejoran bienestar **(Louchouarn & Treves, 2023)**. Sin embargo, existe escasez de estudios que integren: lesiones por ataque + parámetros clínicos + bioquímica + cortisol sérico y matrices crónicas en un calendario temporal que permita atribuir causalidad directa. Además, muchos trabajos se centran en pérdidas económicas y percepción social dejando el componente sanitario menos estudiado. Estas lagunas justifican el objetivo de comparar de forma sistemática el estado de salud entre animales atacados y no atacados.

Por lo que es necesario realizar una evaluación para determinar el estado de salud clínico, reproductivo y fisiológico. Principalmente se tienen que tomar en cuenta indicadores clínicos y de condición corporal, en el que consta el registro de lesiones (tipo, ubicación, gravedad, dolor, supuración) y pérdida de peso que reflejaría el impacto de la nutrición tras el trauma. La evaluación física también incluye datos fisiológicos como; temperatura, Fc y Fr **(Zoltick et al., 2024)**.

Otro tipo de indicadores serían los productivos que hacen relación a la producción leche-día, debido a la elevación de cortisol por la presencia de depredadores, los niveles de calidad láctea se ven comprometidos resultando en bajos niveles productivos y alteraciones en la composición (pH, grasa, proteínas, etc.). Por el lado bioquímico también sería recomendable realizar un estudio leucocitario, proteico,

hepato-renal, y endocrinológico como cortisol plasmático, puesto que se podrían descartar procesos inflamatorios, alteraciones metabólicas, estado energético, etc. **(Merz & Mortelliti, 2025)(Dziki-Michalska et al., 2024).**

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Evaluar los indicadores de estrés, producción y metabolismo en bovinos de leche expuestos a ataques de grandes felinos.

1.3.2 Específicos

1. Evaluar los niveles de cortisol de bovinos expuestos y no expuestos a ataques de grandes felinos.

2. Caracterizar la producción de leche e indicadores bioquímicos de salud de bovinos expuestos y no expuestos a ataques de grandes felinos.

3. Correlacionar los niveles de cortisol de bovinos expuestos y no expuestos a ataques de grandes felinos con indicadores de producción de leche e indicadores bioquímicos de salud animal.

Hipótesis

Ha: Los ataques de felinos grandes generan un estado de estrés significativo en bovinos lecheros, evidenciado por aumento en las concentraciones séricas de cortisol,

alteraciones en indicadores bioquímicos de salud, y disminución de la producción de leche, en comparación con animales no atacados.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Material biológico experimental

- 25 bovinos lecheros entre razas Brown Swiss, Jersey, Holstein Frisian, con un peso de entre los 300 a 450 kg y que se encuentren en su segundo ciclo de la lactancia o después del mismo. Vacas aparentemente sanas libres de patógenos y ectoparásitos.
- 25 bovinos lecheros entre razas Brown Swiss, Jersey Holstein Frisian, con un peso de entre los 300 a 450 kg y que se encuentren en su segundo ciclo de la lactancia o después del mismo. Vacas que hayan sufrido ataques de grandes felinos (jaguar) con lesiones evidentes.

2.1.2 Materiales de campo

- Botas
- Overol
- Guantes de látex
- Cajas térmicas
- Gel refrigerante
- Fundas plásticas
- Gradillas
- Agujas calibre 21G

- Tubos tapa rojo sin anticoagulante
- Frascos estériles para recolección de leche

2.1.3 Equipos para la contención de animales

- Inmovilizador nasal
- Brete de contención
- Contención manual

2.1.4 Insumos de oficina

- Cuaderno de apuntes
- Esferos
- Computadora portátil

2.2 Métodos

2.2.1 Ubicación del experimento

El presente estudio tuvo lugar en la provincia de Pastaza, situada al este del territorio ecuatoriano en la zona central de la región Amazónica, cuenta con una extensión de 29.643,33 km2. Está conformada por 4 cantones y 21 parroquias, de la cuales se visitará las localidades de; El Triunfo, 10 de agosto, Fátima, Shell y Veracruz.

2.2.2 Características del lugar

El estudio se realizó en 5 parroquias de la provincia de Pastaza, donde predomina el clima cálido húmedo tropical, y su temperatura oscila de los 18ºC a 33ºC. Se encuentra formando parte de uno de los sitios más calientes de biodiversidad y se ubica entre los 500 y 1500 msnm. Está ubicada entre las coordenadas geográficas 1°10´ latitud sur y

78° 10′ de longitud oeste; y 2° 35′ de latitud sur y 76° 40′ de longitud oeste. Además, presenta una precipitación anual entre 2000 y 4000 mm, el rango altitudinal se encuentra 162 msnm al extremo Este y máxima de 3.194 msnm al extremo Oeste.

2.2.3 Factores de estudio

- Niveles de cortisol sérico como indicador de estrés en vacas expuestos y no expuestos a ataques de grandes felinos

2.2.4 Tipo de investigación

El estudio corresponde a un diseño observacional comparativo entre dos poblaciones claramente diferenciadas: bovinos lecheros expuestos a ataques de grandes felinos, y bovinos lecheros no expuestos a ataques de felinos grandes, que funcionan como grupo control. A diferencia de los experimentos clásicos con tratamientos definidos y repeticiones planificadas bajo condiciones controladas, esta investigación se centra en analizar diferencias naturales en parámetros fisiológicos, de salud y productivos entre ambos grupos. Por lo tanto, el diseño no requiere una tabla de tratamientos, sino la definición clara de las dos poblaciones de comparación y el muestreo dentro de cada una de ellas para garantizar la validez estadística de los resultados.

2.2.5 Manejo del experimento

Selección y tamaño de muestra

Se trabajó con un total de 50 animales, únicamente bovinos de utilidad lechera que se encuentren en y después del segundo ciclo de lactancia de raza Brown Swiss, Jersey y Holstein Frisian, 25 bovinos atacados y 25 no atacados aparentemente sanos. El primer grupo de animales atacados se seleccionaron bovinos que hayan experimentado el

ataque de jaguar dentro de las 24 horas, teniendo en cuenta el protocolo general propuesto por **(Hoogesteijn & Hoogesteijn, 2014)** en el que se realiza una inspección directa del lugar (confirmación de la presencia del animales, mediante huellas y pelaje), signos físicos (lugar de la mordida, el jaguar por lo general ataca en grandes músculos como ancas y muslos y suele morder la nuca o fracturar el cráneo) y grado de la herida (se evalúa la presencia de lesiones, profundidad y naturaleza causal, por ejemplo si fue causada por mordedura y rasguño).

- **Obtención de las muestras sanguíneas**

Se realizó dos tomas a las 7:00 a.m. y 4:00 p.m. Para la toma de muestra de sangre, se utilizó agujas hipodérmicas de 21G estériles, luego se localizó la vena coccígea, ubicada en la parte ventral de la cola del bovino, esta área se desinfectó con alcohol al 70% cubriendo un diámetro de 5 cm, se insertó la aguja extrayendo 10 ml de sangre directamente en un tubo de tapa roja sin anticoagulante. Consecuentemente se colocaron las muestras en una hielera para su transporte hacia el laboratorio de la Universidad Regional Amazónica Ikiam dentro de las 24 horas posteriores a la extracción. En el laboratorio las muestras se centrifugaron a 3000rpm durante 10 minutos obteniendo el suero sanguíneo que se usó para el análisis de cortisol

- **Prueba de cortisol**

Se usará el sistema i CHROMA^{TM} de inmunoensayo por fluorescencia para el análisis conjunto con el lector i CHROMA ^{TM,} que cuantifica los niveles de cortisol en suero, plasma y sangre completa. El procedimiento se realizó conforme al protocolo del inmunoensayo. Inicialmente, se pipetearon 150 µL del diluyente de detección y se colocaron en el tubo detector que contenía el pellet. Una vez que el pellet se disolvió por completo, se obtuvo el tampón de detección. Posteriormente, se añadieron 30 µL de la muestra de plasma utilizando una pipeta de transferencia, los cuales se incorporaron al tubo con el tampón de detección. El tubo de detección se cerró y la

mezcla se homogeneizó mediante aproximadamente 10 agitaciones, debiendo utilizarse de manera inmediata. A continuación, se tomaron 75 µL de la mezcla resultante y se depositaron en el pocillo del cartucho de muestra. El cartucho cargado se incubó durante 10 minutos a 25 °C en la ranura iChamber o en una incubadora. Finalmente, el cartucho se colocó en el portacartuchos del equipo iChroma™, y los resultados del análisis se visualizaron en la pantalla del instrumento.

- **Análisis de parámetros bioquímicos**

Se obtuvo la muestra centrifugada verificando identificación, volumen y calidad. Se colocaron los reactivos específicos para cada parámetro. Para el estudio se tomó en cuenta perfiles hepáticos, renal y balance electrolítico, determinando los siguientes analitos: proteínas totales (PT-g/dL), alanina aminotransferasa (ALT – U/L), aspartato aminotransferasa (AST – U/L), urea (UREA mg/d/L), creatinina (CREA – mg/d), sodio (Na – mmol/L), potasio (K – mmol/L) y cloro (Cl – mmol/L). Se seleccionó lo parámetros a analizar y se colocó los tubos de muestra en el carrusel o la bandeja de entrada. Una vez que se colocó las muestras, el sistema posee un análisis automático, en el que realizó acciones como aspiración y dispensación. El software imprimió los datos de los parámetros seleccionados.

- **Análisis de calidad de leche**

Las muestras de leche se tomaron el mismo día que las sanguíneas, esto debido al manejo para obtener las muestras de sangre afecta la composición de la leche, así se evitó cualquier tipo de alteración **(Grelet et al., 2025)**Se realizó una higiene de pezón previa (limpieza y secado), se descartó primer chorro (3–4 chorros). Se colocó 100 mL individuales, cada muestra fue marcada claramente para la identificación y se almacenaron a 4ºC en una hielera con 0,03% de bronopol hasta realizar el análisis. Posteriormente se transportó hacia el laboratorio del centro de acopio de leche de “El Triunfo”.

2.2.6 Variable respuesta

2.2.6.1 Variable independiente: Exposición a ataques de grandes felinos.

2.2.6.1 Variable dependiente: Niveles de cortisol matutino y vespertino, producción de leche por día, biomarcadores metabólicos sanguíneos (PT, ALT, AST, urea, creatinina, sodio, potasio y cloro)

2.2.7 Procesamiento de la información

Todos los datos tomados durante la investigación tanto en campo y resultados de laboratorios, fueron recopilados en tablas de Excel y luego reportados mediante el programa estadístico "INFOSTAT".

2.2.8 Diseño experimental

El estudio comparativo se llevó a cabo con 50 bovinos lecheros (25 atacados y 25 no atacados). Se escogieron animales de 5 parroquias de Pastaza, mismos que poseen características similares, en localidad, dieta, rango de edad en 3-5 años, rango de peso entre 300 a 450 kg, utilidad, ciclo de leche. Los grupos se diferenciaron de los animales aparentemente sanos con los atacados por medio de la observación y estudio de la presencia de los depredadores y lesiones observadas, mediante la clasificación de las lesiones por grado de herida y evidencia de huellas y marcas que dejan los jaguares al momento del ataque. Para la toma de muestras sanguíneas se realizó en la mañana a las 7:00 a.m y otra en la tarde a las 4:00 p.m. mismas que fueron empaquetadas y enviadas al laboratorio para el análisis de cortisol. La prueba para calidad de leche se tomó muestras antes del ordeño, tomando en cuenta el aseo necesario, se descartó el primer chorro y se tomará 100 ml de leche en envases estériles, que fueron enviados al laboratorio para su análisis. Para el análisis comparativo entre los niveles de cortisol

se tomó en cuenta la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk conjunto con una prueba no paramétrica de Wilcoxon y pruebas paramétricas de T para muestras apareadas e independientes. Para correlacionar los niveles de cortisol con la producción de leche, y cortisol con los indicadores bioquímicos de salud, se consideró el análisis de correlación de Pearson y de Spearman.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Evaluación de los niveles de cortisol entre bovinos no expuestos a ataques de grandes felinos y bovinos expuestos a ataques de grandes felinos

Tabla 2.

Valores promedio de cortisol sérico de bovinos expuestos y no expuestos a ataques, comparados independientemente y entre grupos.

Comparación entre niveles de cortisol am y pm de bovinos expuestos a ataques y bovinos no expuestos ataques								
Unidades	Atacadas				No atacadas			
	am x̄	pm x̄	P	DE	am x̄	pm x̄	P	DE
Cortisol (ng/ml)	44, 13a	29,95b	0,0291	30,54	20, 47a	16,62b	0,0098	6,54

Comparación de valores de cortisol entre bovinos expuestos a ataques y no expuestos a ataques am y bovinos expuestos a ataques y no expuestos a ataques pm					
Am			Pm		
Atacadas	No atacadas		Atacadas	No atacadas	
x̄	x̄	P	x̄	x̄	P
44, 13a	20,03b	<0,0001	29, 95a	17,20b	<0,0001

Nota: x̄=promedio, DE = desviación estándar, P = nivel de probabilidad. (p<0,05) se rechaza hipótesis nula, tiene significancia. (p ≥ 0.05) acepto hipótesis nula, no tiene significancia

El análisis realizado de los niveles de cortisol sérico nos muestra que el hato de bovinos expuestos a los ataques de grandes felinos, presentaron niveles superiores tanto en la medición matutina (AM) con en la vespertina (PM), frente a los bovinos no expuestos a ataques. En las vacas expuestas a los ataques se evidencia un valor promedio de cortisol de 44,13 ng/ml en la mañana, mismo que disminuye en la tarde a un promedio de 29,95 ng/ml en la tarde, diferencia que resultó significativa (p=0,0291). Por el contrario, los animales no atacados mostraron valores promedio mucho menores, con 20,47 ng/ml en la mañana y 16,62 ng/ml en la tarde y un valor p = 0,0098 igualmente significante. La dispersión de los valores también fue mayor en el grupo atacado, con una desviación estándar de 30,54 ng/ml, frente a 6,54 ng/ml en el grupo no atacado, lo que nos lleva a sugerir que existe una mayor variabilidad fisiológica asociada al estrés que genera los ataques de grandes felinos. Por otro lado, el análisis realizado entre grupos (mañana y tarde), reflejó que existen diferencias tanto en la mañana como en la tarde. Los valores de cortisol tomado en la mañana presentaron 44,13 ng/ml y 20,03 ng/ml con un valor p de ($p < 0,0001$) que resultó tener significancia. En contraste, la tarde presentó valores de 29,95 ng/ml en bovinos atacados frente 17,20 ng/ml en animales no atacados con el mismo valor de p ($p < 0,0001$). Los datos que se obtuvieron corroboran que los ataques y la depredación de grandes felinos constituyen a un factor involucrado en la activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, por ello, se refleja en el incremento sostenido de cortisol.

Esta evidencia coincide con el estudio realizado por **(Gentsch et al., 2018)** en donde examina la respuesta de estrés en ungulados salvajes expuestos a diferentes situaciones tales como traumas, caza, acecho, persecuciones entre otras; estas situaciones promueven a que el cuerpo de la vaca priorice el almacenamiento de energía mediante la elevación de las concentraciones de glucocorticoides usando la activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal como mecanismo fisiológico de supervivencia. En el caso del análisis entre grupos ($p<0,0001$), concuerda con **(Flörcke & Grandin, 2013)** sobre la intervención de depredadores en los hatos ganaderos, que constituyen a uno de los factores importantes debido a la presencia prolongada de glucocorticoides. En su estudio el autor menciona que la sola presencia con grandes carnívoros provoca la liberación de hormonas asociadas al aumento de vigilancia, cambio en el

comportamiento alimenticio. Además, la mayor DE obtenida en el grupo de las vacas atacadas nos muestra que hay la presencia de una respuesta fisiológica heterogénea, que puede asociarse a la gravedad con la que la vaca fue atacada. Pese a los niveles elevados de bovinos atacados, mantienen un patrón circadiano normal. **(Altyeb et al., 2025)**, en su estudio utiliza bovinos de raza Holstein y se centra en biomarcadores séricos y parámetros metabólicos durante el verano e invierno en Egipto. Donde se medió cortisol obteniendo valores 22.5 ng/ml en verano y 19 ng/ml en invierno, teniendo una alta significancia ($p = 0.003$), además los autores concluyen que el cortisol sérico sirve como un biomarcador confiable para monitorear el impacto negativo del estrés en la reproducción.

3.2 Caracterización de la producción de leche e indicadores bioquímicos de salud de bovinos expuestos y no expuestos a ataques de grandes felinos.

Tabla 3.

Valores paramétricos y no paramétricos de biomarcadores de calidad de leche entre bovinos expuestos a ataques y no expuestos a ataques.

Calidad de leche				
Parámetro	**Media 1**	**Media 2**	**P-valor**	**Significancia**
Leche/día	7,88	10,12	<0,0001	***
Densidad	29,30	28,94	0,4021	ns
Acidez	0,16	0,18	0,0337	*
Proteína	3,45	3,15	0,1429	ns
CCS	1126,00	428,24	0,0115	*
Grasa	3,55	3,66	0,638	ns
ST	12,26	12,35	0,6754	ns
SNG	8,72	8,68	0,7897	ns
CBT	3309,40	10507,20	0,0348	*

Nota: (CCS) = Células somáticas, (ST) = Sólidos totales, (SNG) = Sólidos No Grasos, (CBT) = Conteo total de bacterias, ns = no significativo (P > 0,05), * = significativa, ** = muy significativa (P < 0,01), *** = altamente significativa (P < 0,001).

Tabla 4.

Valores paramétricos y no paramétricos de biomarcadores de salud entre bovinos expuestos a ataques y no expuestos a ataques.

Biomarcadores de salud				
Parámetro	**Media 1**	**Media 2**	**P-valor**	**Significancia**
Proteínas Totales (PT)	8,67	8,74	0,8752	ns
ALT (U/L)	34,10	29,10	0,0682	ns
AST (U/L)	110,70	82,90	0,014	*
Urea (mg/dL)	7,50	7,32	0,9083	ns
Creatinina (mg/dL)	1,52	1,12	0,364	ns
Sodio (Na, mmol/L)	146,30	142,00	0,0026	***
Potasio (K, mmol/L)	4,84	5,12	0,2007	ns
Cloro (Cl-mmol/L)	102,30	100,30	0,3543	ns

Nota: ns = no significativo (P > 0,05), * = significatica, ** = muy significativa (P < 0,01), *** = altamente significativa (P < 0,001).

Se realizó un análisis comparativo entre los valores obtenidos de calidad de leche y biomarcadores de salud, usando la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para observar la distribución de los valores, obteniendo que cada parámetro tenía una distribución normal, es decir, que se usó pruebas estadísticas paramétricas (t student), a excepción de los parámetros de proteína en calidad de leche y creatinina en biomarcadores de salud que correspondieron a pruebas no paramétricas Wilcoxon (Mann-Whitney U). La producción de leche/día tuvo un valor altamente significativo (p-valor = <0,0001) lo que nos quiere decir que existe una gran diferencia en el volumen de producción de leche entre los grupos, demostrando que el ataque del jaguar afecta en la caía de la producción. El CCS y CBT son parámetros que indican la salud

de la ubre, ambos son significativos con un p-valor de 0,0115 y 0,0348, respectivamente. Lo que sugiere cambios en la salud mamaria, sugiriendo que los animales expuestos poseen un sistema inmune comprometido por el estrés de las heridas. La acidez por su lado evidenció un valor-p significativo de igual manera (0,00337), lo que puede deberse a los cambios metabólicos ligados por la carga bacteriana demostrada anteriormente. Sin embargo, la composición nutricional de leche (grasa, proteína y sólidos) no mostró alteraciones estadísticas ($p>0,05$), aludiendo que el estrés del depredador afecta los mecanismos fisiológicos de síntesis de volumen y respuesta inmune, pero preserva la estabilidad de los macronutrientes lácteos. A su vez para el análisis comparativo entre los biomarcadores de salud reflejo una alta significancia en el sodio (p-valor = 0,0026), así como AST (p-valor = 0,014). para la enzima Aspartato Aminotransferasa (AST) indica que existe una diferencia real en el desgaste de los tejidos entre ambos grupos. En medicina veterinaria, la elevación de AST es un marcador de injuria muscular o esfuerzo físico extremo. Los demás analitos analizados no mostraron significancia estadística, asumiendo que a función renal y el metabolismo proteico basal se mantienen estables.

La caída en la producción leche/día se debe a que el estrés conlleva a una retención de leche, ya que las glándulas se vuelven sumidas y los pezones retraídos, conjunto que lo niveles altos de cortisol inhiben la secreción de oxitocina, misma que es necesaria para la bajada de leche, según informan **(Lagger et al., 2004)**, quienes en su estudio obtuvieron valores de 3,34 ± 1,90 ng/ml de cortisol medidos en leche, pese a que el muestreo fue diferente con nuestro estudio los valores resultaron ser altos. Esto corrobora la influencia del estrés sobre la baja producción. Además, resalta que el cortisol sirve como diagnóstico para evaluar el bienestar animal. **(Yagi et al., 2004)**, obtuvo significancia en el CCS ($p<0,001$), con valores de 20 000 ± 15 200 cel./ml mismos que se elevaron después del episodio estresor a 33 800 ± 12 100 cel./ml, pese a que el grupo control también presentaba variaciones los animales transportados poseían una mayor significancia. Con lo que se acepta que el estrés fisiológico en este caso el transporte, modula la función de los neutrófilos periféricos, mejorando su capacidad de migración y facilitando su diapédesis a través del epitelio mamario, lo que resulta en un incremento de CCS. Estos cambios fisiológicos alteran el metabolismo de la leche, tal como afirma **(Bernabucci et al., 2010)**, al observar la producción de un rebaño lechero en Italia, durante verano y primavera, además de la

baja productividad lechera resaltó un menor porcentaje de caseína (relación caseína/proteínas totales), afectando a la coagulación de leche lo que explica la pérdida de rendimiento de queso, por la acidez y el desequilibrio mineral.

En la experiencia de **(Joo et al., 2021)**, en donde las vacas fueron sometidas a un estrés calórico, con el objetivo de comprender los cambios fisiológicos del metabolismo de vacas Holstein y Jersey por medio de una biometría en condiciones de estrés en donde se identificó que la raza Holstein los niveles de triglicéridos disminuyeron, sin embargo las vacas Jersey no tuvieron cambios significativos, de lo contrario con el aspartato aminotransferasa (AST) que disminuyó significativamente ($p < 0,05$) por estrés calórico solo en esta raza . En cuanto al perfil mineral, se observó una disminución significativa o tendencia a la baja en las concentraciones de calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), cloro (Cl) y magnesio (Mg) en ambas razas debido al estrés calórico. Por otro lado, el fósforo (P) disminuyó significativamente solo en las vacas Holstein ($p < 0,05$).

Vacas que pasan por otro tipo de estrés como el de cursar la fase de lactancia temprana sufren estrés metabólico como afirma **(Putman et al., 2018)**, en donde los biomarcadores metabólicos revelaron variaciones significativas a lo largo del periodo de muestreo más en respuesta inflamatoria y cortisol que en analitos de bioquímica (desde el día -6 hasta el día +12 relativo al secado). Sin embargo, el calcio tuvo alta significancia ($p<0.01$) en comparación de los resultados obtenidos en nuestro estudio. Por lo que en nuestros resultados podemos asociar a los ataques y lesiones visibles con la alteración en AST y Na como marcadores de estrés agudo e injuria muscular o sobre esfuerzo físico.

3.3 Correlación de los niveles de cortisol de bovinos expuestos y no expuestos a ataques de grandes felinos con indicadores de producción de leche e indicadores bioquímicos de salud animal.

3.3.1 Correlación de bovinos no expuestos a ataques de grandes felinos

Tabla 5.

Correlación Pearson entre niveles de cortisol pm en bovinos no atacados y parámetros de calidad de leche y biomarcadores de salud

Coeficiente de correlación Pearson cortisol pm en bovinos no atacados		
	P	R^2
Densidad	0,06	0,86
Acidez	0,46	0,44
Proteína	0,03	0,92
CCS	0,16	-0,73
Grasa	0,45	0,45
ST	0,21	0,68
SNG	0,02	0,93
CBT	0,32	0,57
PT - g/dL	0,88	-0,1
ALT - U/L	0,19	0,7
AST - U/L	0,99	-0,01
UREA - mg/dL	0,14	-0,75
CREA - mg/dL	0,25	-0,63
Na - mmol/L	0,69	-0,25
K - mmol/L	0,42	-0,47
Cl - mmol/L	0,05	-0,89

Nota: p = nivel de probabilidad. R^2 = nivel de correlación

Tabla 6.

Correlación Spearman entre niveles de cortisol am en bovinos no atacados y parámetros de calidad de leche y biomarcadores de salud

Coeficiente de correlación de Spearman cortisol am en bovinos no atacados		
	P	R^2
Densidad	0,72	0,22
Acidez	0,31	-0,58
Proteína	0,93	-0,05
CCS	0,55	0,3
Grasa	0,23	0,6
ST	0,23	0,6
SNG	0,93	-0,05
CBT	0,42	-0,4
PT - g/dL	0,84	-0,1
ALT - U/L	0,61	0,31
AST - U/L	0,16	-0,7
UREA - mg/dL	0,84	-0,1
CREA - mg/dL	0,23	-0,6
Na - mmol/L	1	0
K - mmol/L	0,55	0,3
Cl - mmol/L	0,55	-0,3

Nota: p = nivel de probabilidad. R^2 = nivel de correlación

3.3.2 Correlación de bovinos expuestos a ataques de grandes felinos

Tabla 7.

Correlación Pearson entre niveles de cortisol pm en bovinos atacados y parámetros de calidad de leche y biomarcadores de salud

Correlación de Pearson cortisol pm atacadas		
	P	R^2
Densidad	0,59	-0,33
Acidez	0,42	0,48
Proteína	0,3	-0,58
CCS	0,81	-0,15
Grasa	0,12	-0,78
ST	0,22	-0,67
SNG	0,87	-0,11
CBT	0,87	-0,1
PT - g/dL	0,1	0,8
ALT - U/L	0,89	0,09
AST - U/L	0,12	0,78
UREA - mg/dL	0,85	0,11
CREA - mg/dL	0,97	-0,02
Na - mmol/L	0,0019	0,99
K - mmol/L	0,25	0,63
Cl - mmol/L	0,31	0,58

Nota: p = nivel de probabilidad. R^2 = nivel de correlación

Tabla 8.

Correlación Spearman entre niveles de cortisol am en bovinos atacados y parámetros de calidad de leche y biomarcadores de salud

Correlación de Spearman cortisol am atacadas		
	P	R^2
Densidad	0,86	0,11
Acidez	0,64	-0,29
Proteína	0,74	0,21
CCS	0,6	1
Grasa	0,55	0,3
ST	0,55	0,3
SNG	0,74	-0,21
CBT	0,32	-0,5
PT - g/dL	0,16	-0,7
ALT - U/L	0,74	-0,21
AST - U/L	0,23	-0,6
UREA - mg/dL	0,55	0,3
CREA - mg/dL	0,55	0,3
Na - mmol/L	0,07	-0,9
K - mmol/L	0,32	-0,5
Cl - mmol/L	0,32	-0,5

Nota: p = nivel de probabilidad. R^2 = nivel de correlación

El análisis de correlación entre el cortisol y los parámetros de calidad de leche y biomarcadores de salud presentó significancia en el grupo de los animales no expuestos con cortisol pm (Tabla 5). La proteína en leche posee una significancia fuerte (p = 0,03), por lo que se podría decir que a mayor nivel de cortisol mayor nivel de proteína, de igual forma, los SNG (p = 0,02) poseen significancia similar a la de la proteína. El cloro presentó un valor (p = 0,05) que denota estar en el límite de significancia. En la Tabla 7 resalta la significancia del biomarcador sodio (p = 0,0019).

Las tablas restantes no muestran ningún parámetro con significancia tanto la tabla 6 como la tabla 8.

La alteración de la proteína en la calidad de leche es un parámetro que se altera con el temperamento del bovino, como muestra **(Marçal-Pedroza et al., 2023)**, en su experiencia la proteína tuvo mayor contenido debido al temperamento calmado por el mejor manejo que se realizó en el ordeño, a diferencia en el estudio que la situación en la que se encontraban los bovinos fue traumática. Por otro lado, en situaciones de estrés el autor menciona que el porcentaje de grasa disminuyó y la proteína bajó, con lo que podemos aceptar la fluctuación del contenido proteico con el temperamento del animal. Otro estudio realizado en Tanzania por **(Habimana et al., 2024)**, en el coincide con la alteración de proteínas tanto con SNG en la calidad de leche ya que ambos parámetros disminuyeron, contrario a esto el porcentaje de grasa aumentó (2.66% a 3.04%). Estos cambios de los componentes (grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos) mostraron un ligero aumento al pasar de ITH bajo (76-78) a moderado, pero disminuyeron consistentemente cuando el ITH alcanzó niveles severos de 82–84, es decir, que en el estrés agudo estos componentes se elevan y cuando es crónico tienden a disminuir

Según **(Funder, 2017)**, la actividad mineralocorticoide del cortisol constituye un mecanismo fisiológico relevante para interpretar los cambios en el sodio sérico observados en los bovinos evaluados. Aunque la aldosterona es el principal ligando del receptor mineralocorticoide (MR), este receptor posee igual afinidad por los glucocorticoides, incluyendo el cortisol, y su selectividad depende de la acción protectora de la enzima 11β-hidroxiesteroide deshidrogenasa tipo 2 (11β-HSD2), la cual inactiva el cortisol transformándolo en cortisona. Estudios de fisiología molecular han demostrado que, cuando la actividad de 11β-HSD2 se reduce, por estrés, inflamación o sobrecarga de glucocorticoides, el cortisol puede activar MR y desencadenar respuestas clásicamente mineralocorticoides, como retención renal de sodio, aumento de la actividad de ENaC y mayor función de la Na^+/K^+-ATPasa. Este proceso se acompaña de incrementos de sodio sérico y modificaciones en el equilibrio hídrico.

3.3.3 Correlación entre bovinos no expuestos y expuestos a ataques de grandes felinos frente a la producción de leche diaria.

Tabla 9.

Correlación entre niveles de cortisol y producción de leche diaria

Correlación de pearson cortisol am leche diaria no atacados		
	P	R^2
Leche/Día	0,92	0,02
Correlación de spearman cortisol am leche diaria de atacados		
	P	R^2
Leche/Día	0,75	0,07

Nota: p = nivel de probabilidad. R^2 = nivel de correlación

Los bovinos que no fueron expuestos a ataques de grandes felinos presentan un valor de p = 0,92 que indica una baja significancia estadística entre cortisol matutino y producción de leche. De igual forma la correlación $R^2 = 0,02$ muestra que solo el 2 % de la variación en la producción de leche se explica directamente por los niveles de cortisol. En los bovinos expuestos a ataques de grandes felinos, el valor $\rho = 0,75$ indica una baja significancia, y la correlación ($R^2 = 0,07$) indica que solo el 7 % de los cambios en producción se explican por el cortisol. Esto es consistente con estudios donde el cortisol basal no altera producción cuando los animales están en condiciones normales sin estresores agudos **(Sgorlon et al., 2015)** reportan que el cortisol en vacas sanas puede variar sin generar cambios productivos directos. Una revisión de **(Bobic et al., 2011)**, menciona el impacto de estímulos negativos (reubicación, nuevas actividades tecnológicas, sonidos, personas no identificadas, e incluso el mismo ordeño) sobre la homeostasis de las vacas en situaciones de estrés, y la respuesta endócrina de las mismas. Sugiere que las concentraciones plasmáticas de suero elevadas o la aplicación intravenosa de cortisol no repercuten en la liberación de tomadas leche. Por otro lado, los datos obtenidos por **(Parra et al., 2018)**, que analizó

muestras de pelo (n=101) y determinó que el HCC influyó negativamente en la producción de leche. El modelo estadístico ($R2 = 0,57$, $P < 0,0001$) indicó que mayores concentraciones de cortisol en pelo se asociaron significativamente con un menor rendimiento lechero. Esto sugiere que el cortisol en pelo es un biomarcador eficaz para detectar estrés crónico que impacta negativamente en la productividad, a diferencia de nuestro estudio que evaluó la correlación del cortisol sérico como biomarcador del estrés agudo.

3.4 Verificación de hipótesis

En base a los resultados que se obtuvieron se acepta la hipótesis alternativa: Los ataques de felinos grandes generan un estado de estrés significativo en bovinos lecheros, evidenciado por aumento en las concentraciones séricas de cortisol, alteraciones en indicadores bioquímicos de salud, y disminución de la producción de leche, en comparación con animales no atacados.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

4.1.1 Se evidencia que los bovinos lecheros que son expuestos a ataques de grandes felinos muestran alteraciones en los niveles séricos de cortisol, estos valores son significativamente altos frente al grupo de bovinos no expuestos, tanto en la mañana como en la tarde. Las vacas afectadas tenían valores promedio de 44,13 ng/ml y 29,95 ng/ml en la mañana y en la tarde respectivamente, que son cifras alarmantes puesto que duplican a los valores del grupo control. Ambas diferencias resultaron ser estadísticamente significativas ($p < 0,05$), lo que confirma que los ataques de grandes felinos y la depredación constituyen a un factor que se asocia al incremento y mantenimiento de glucocorticoides por activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal. Sin embargo, la DE es amplia por lo que se puede sugerir que el grado de exposición al depredador manifiesta una respuesta fisiológica heterogénea. No obstante, se conservó un patrón circadiano normal. Estos hallazgos confirman que los ataques de grandes felinos son un factor estresor tanto agudo como crónico, mismo que es capaz de modificar la fisiología del hato ganadero.

4.1.2 El análisis estadístico demostró que el estrés por depredación afecta severamente la cantidad de leche producida, pero no su composición nutricional. Se evidenció una caída altamente significativa en el volumen diario, atribuible a la inhibición de la oxitocina y la retención de leche mediada por cortisol. Sin embargo, la estabilidad en los macronutrientes (grasa, proteína y sólidos;) sugiere que el organismo del animal

prioriza la homeostasis nutricional de la secreción láctea sobre el volumen total ante situaciones de amenaza. El ataque del depredador comprometió el aumento significativo en el Recuento de Células Somáticas (CCS,) y la Carga Bacteriana Total (CBT,), junto con la alteración de la (acidez), que confirman un estado de inmunosupresión y cambios metabólicos que favorecen la diapédesis celular y la inestabilidad fisicoquímica de la leche. A diferencia de otros tipos de estrés (como el calórico o nutricional), el estrés por depredación se caracterizó por marcadores de daño tisular y desequilibrio electrolítico agudo. La elevación significativa de la Aspartato Aminotransferasa (AST) y la alteración en los niveles de (Sodio) permiten concluir que los animales sufrieron injuria muscular y desgaste físico extremo derivado de la respuesta de huida o defensa, validando a estos analitos como indicadores específicos de bienestar en conflictos con fauna silvestre.

4.1.3 La correlación entre el cortisol y los biomarcadores de salud no presentaron mucha significancia a excepción de parámetros como proteína, SNG, cloro y sodio como se evidencia en las tablas 5 y 7, sugiriendo una hipertensión por glucocorticoides generado por el estrés. Los resultados tanto de los bovinos control como los expuestos, muestran una baja significancia entre los niveles del cortisol con la producción de leche diaria. Por ella la relación no es concluyente para explicar la alteración en la producción, debido a su bajo nivel de significancia ($p = 0.92$) en animales no expuestos y ($p = 0.75$) en animales expuestos, lo que nos sugiere que las fluctuaciones fisiológicas del cortisol no tienen relación con la producción de leche y que esta se debe a otros factores fisiológicos y conductuales derivados al estrés. Concluyendo que el cortisol sérico actúa más como indicador fisiológico de estrés que como factor de disminución productiva láctea.

4.2 Recomendaciones

4.2.1 Se recomienda analizar el cortisol sérico para corroborar situaciones de estrés en el hato realizando un diagnóstico preventivo para evitar que este se vuelva crónico y afectar a la salud y la producción del ganado.

4.2.2 Se recomienda implementar estrategias de manejo y bienestar animal que se adaptan con el entorno de los hatos en la Amazonía (ataques de grandes felinos), tales como la implementación de cercos eléctricos, zonificar la finca y diseñar potreros protegidos, iluminar y construir encerramientos nocturnos con el fin de garantizar la armonía, seguridad y producción del ganado

4.2.3 Se recomienda abarcar otros factores fisiológicos, conductuales y del entorno para correlacionar las variaciones en la productividad láctea para la explotación amazónica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altyeb, Y. H., Absy, G., Ghanem, M. E., Sharawy, S. M., & Hassan, S. T. (2025). Effect of heat stress on some serum and reproductive parameters of Holstein dairy cows in Egypt: potential biomarkers. *BMC Veterinary Research*, *21*(1). https://doi.org/10.1186/s12917-025-05039-6

Asaye, B., Tekalign, W., & Dobamo, T. (2024b). Livestock predation, crop raiding, and community attitudes towards sustainable wildlife conservation in and around Mankira Forest, Southwest Ethiopia. *BMC Ecology and Evolution*, *24*(1). https://doi.org/10.1186/s12862-024-02279-2

Ataallahi, M., Cheon, S. N., Park, G. W., Nugrahaeningtyas, E., Jeon, J. H., & Park, K. H. (2023b). Assessment of Stress Levels in Lactating Cattle: Analyzing Cortisol Residues in Commercial Milk Products in Relation to the Temperature-Humidity Index. *Animals*, *13*(15). https://doi.org/10.3390/ani13152407

Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L. H., Rhoads, R. P., Ronchi, B., & Nardone, A. (2010). Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*, *4*(7), 1167–1183. https://doi.org/10.1017/S175173111000090X

Bewley, J. M., Robertson, L. M., & Eckelkamp, E. A. (2017). A 100-Year Review: Lactating dairy cattle housing management. *Journal of Dairy Science*, *100*(12), 10418–10431. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13251

Bhatia, S., Redpath, S. M., Suryawanshi, K., & Mishra, C. (2022). The physiology of fear: Understanding the stress response of livestock to predator presence. Conservation Physiology, 10(1), coac023.

Bobic, T., Mijic, P., Knezevic, I., Speranda, M., Antunovic, B., Baban, M., Sakac, M., Frizon, E., & Koturic, T. (2011). The impact of environmental factors on the milk ejection and stress of dairy cows. *Biotechnology in Animal Husbandry*, *27*(3), 919–927. https://doi.org/10.2298/bah1103919b

Boonstra, R., Hik, D., Singleton, G. R., & Tinnikov, A. (1998). THE IMPACT OF PREDATOR-INDUCED STRESS ON THE SNOWSHOE HARE CYCLE. *Ecological Monographs*, *68*(3), 371–394. https://doi.org/https://doi.org/10.1890/0012-9615(1998)068[0371:TIOPIS]2.0.CO;2

Castaño U., Carlos., Lasso, C. A. ., Hoogesteijn, Rafael., Diaz-Pulido, A., & Payán, Esteban. (2016). *Conflictos entre felinos y humanos en América Latina*. Instituto Humboldt Colombia.

Cockrem, J. F., & Silverin, B. (2002). Sight of a predator can stimulate a corticosterone response in the great tit (Parus major). *General and Comparative Endocrinology*, *125*(2), 248–255. https://doi.org/10.1006/gcen.2001.7749

Creel, S., Winnie, J. A., & Christianson, D. (2009). *Glucocorticoid stress hormones and the effect of predation risk on elk reproduction*. www.pnas.orgcgidoi10.1073pnas.0902235106

Dado-Senn, B., Ouellet, V., & Dahl, G. E. (2023). Early life thermal stress: Impact on dairy calf physiology, health, and future performance. Journal of Dairy Science, 106(3), 1545-1558.

Dziki-Michalska, K., Tajchman, K., Kowalik, S., & Wójcik, M. (2024). The Levels of Cortisol and Selected Biochemical Parameters in Red Deer Harvested during Stalking Hunts. *Animals*, *14*(7). https://doi.org/10.3390/ani14071108

Eriksson Linda. (2020). *Predation on cattle in Kenya and its effect on the stress level of the animals in the exposed herd*. http://epsilon.slu.se

Fabris, T. F., Laporta, J., & Dahl, G. E. (2021). Impact of heat stress on dairy cattle immunity and health. Animals, 11(7), 2021.

FDA-NIF Biomarker Working Group (Food and Drug AdministrationNational Institutes of Health Biomarker Working Group). 2025. Glossary - BEST (Biomarkers, EndpointS, and other Tools) Resource - NCBI Bookshelf. Accessed June 24, 2025. https: / / www .ncbi .nlm .nih .gov/ books/ NBK338448/ #IX -B.

Fernanda Olalla, K., Alexandra Barrera, S., Hernan Cruz, D., Danilo Cedeño, O., Yánez Avalos, D., & -Ecuador, T. (2025). Serum Cortisol Concentration in Dairy Cattle from the Amazonian Region. *African Journal of Agriculture and Food Science*, *8*(1), 83–91. https://doi.org/10.52589/AJAFS-ZBPYUFD4

Fernandez-Novo, A., Pérez-Garnelo, S. S., Villagrá, A., Pérez-Villalobos, N., & Astiz, S. (2020). The effect of stress on reproduction and reproductive technologies in beef cattle—A review. In *Animals* (Vol. 10, Issue 11, pp. 1–23). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/ani10112096

Flörcke, C., & Grandin, T. (2013). Loss of anti-predator behaviors in cattle and the increased predation losses by wolves in the Northern Rocky Mountains. *Open Journal of Animal Sciences*, *03*(03), 248–253. https://doi.org/10.4236/ojas.2013.33037

Foster, R. J., Harmsen, B. J., & Doncaster, C. P. (2021). Jaguar coexistence with livestock: The role of alarm behaviors and acute physiological stress in cattle. Biológicas Conservation, 256, 109041.

Fridell, A. (2020). *Jaguar (Panthera onca) and puma (Puma concolor) hunting preferences, and their effect on cattle (Bos taurus), in Pantanal, Brazil*.

Funder, J. W. (2017). Aldosterone and mineralocorticoid receptors—physiology and pathophysiology. *International Journal of Molecular Sciences*, *18*(5). https://doi.org/10.3390/ijms18051032

Gentsch, R. P., Kjellander, P., & Röken, B. O. (2018). Cortisol response of wild ungulates to trauma situations: hunting is not necessarily the worst stressor. *European Journal of Wildlife Research*, *64*(1). https://doi.org/10.1007/s10344-018-1171-4

Givens, M. D. (2006). A clinical, evidence-based approach to infectious causes of infertility in beef cattle. *Theriogenology*, *66*(3 SPEC. ISS.), 648–654. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.04.021

Grelet, C., Simon, H., Leblois, J., Christophe, O., Jattiot, M., Gaudillère, N., Reding, R., Wavreille, J., Strang, E. J. P., Auer, F. J., Goossens, K., Chevaux, E., Gengler, N., & Dehareng, F. (2025). Can we get information on dairy cow chronic stress biomarkers from milk mid-infrared spectra? *Journal of Dairy Science*, *108*(9), 10186–10202. https://doi.org/10.3168/jds.2025-26502

Grelet, C., Vanden Dries, V., Leblois, J., Wavreille, J., Mirabito, L., Soyeurt, H., Franceschini, S., Gengler, N., Brostaux, Y., HappyMoo Consortium, & Dehareng, F. (2022). Identification of chronic stress biomarkers in dairy cows. *Animal*, *16*(5). https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100502

Greve, J. (2018). *Health-effects on cows that have lost their calves to predators in Brazil*. http://stud.epsilon.slu.se

Grooms, D. L. (2004). Reproductive consequences of infection with bovine viral diarrhea virus. In *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* (Vol. 20, Issue 1, pp. 5–19). https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2003.11.006

Habimana, V., Nguluma, A. S., Nziku, Z. C., Ekine-Dzivenu, C. C., Morota, G., Mrode, R., & Chenyambuga, S. W. (2024). Heat Stress Effects on Physiological and Milk Yield Traits of Lactating Holstein Friesian Crossbreds Reared in Tanga Region, Tanzania. *Animals*, *14*(13). https://doi.org/10.3390/ani14131914

Heimbürge, S., E. Kanitz, and W. Otten. 2019. The use of hair cortisol for the assessment of stress in animals. Gen. Comp. Endocrinol. 270:10–17. https: / / doi .org/ 10 .1016/ j .ygcen .2018 .09 .016.

Hong, H., Lee, E., Lee, I. H., & Lee, S. R. (2019). Effects of transport stress on physiological responses and milk production in lactating dairy cows. *Asian-*

Australasian Journal of Animal Sciences, *32*(3), 442–451. https://doi.org/10.5713/ajas.18.0108

Hoogesteijn, R., & Hoogesteijn, A. (2014). *ANTI-PREDATION STRATEGIES FOR CATTLE RANCHING IN LATIN AMERICA: A GUIDE*. www.mda.cinvestav.mx

Horst, E. A., Kvidera, S. K., & Baumgard, L. H. (2021). The influence of immune activation on metabolism and performance in nutrient-limited animals. Animal Frontiers, 11(5), 41-48.

Huertas, S. (2023). importancia del Bienestar Animal en los sistemas de producción sostenibles. *Veterinaria (Montevideo)*, *59*(220), e20235922001. https://doi.org/10.29155/vet.59.220.1

Joo, S. S., Lee, S. J., Park, D. S., Kim, D. H., Gu, B. H., Park, Y. J., Rim, C. Y., Kim, M., & Kim, E. T. (2021). Article changes in blood metabolites and immune cells in Holstein and Jersey dairy cows by heat stress. *Animals*, *11*(4). https://doi.org/10.3390/ani11040974

Jurkovich, V., Hejel, P., & Kovács, L. (2024a). A Review of the Effects of Stress on Dairy Cattle Behaviour. In *Animals* (Vol. 14, Issue 14). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/ani14142038

Jurkovich, V., Hejel, P., & Kovács, L. (2024b). A Review of the Effects of Stress on Dairy Cattle Behaviour. In *Animals* (Vol. 14, Issue 14). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/ani14142038

Katsarou, E. I., Reid, N., Lianou, D. T., & Fthenakis, G. C. (2024). Stress related to wild canid predators near dairy sheep farms associated with increased somatic cell counts in bulk-tank milk. *Scientific Reports*, *14*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-024-53887-3

Knott, S. A., Cummins, L. J., Dunshea, F. R., & Leury, B. J. (2008). Rams with poor feed efficiency are highly responsive to an exogenous adrenocorticotropin hormone (ACTH) challenge. *Domestic Animal Endocrinology*, *34*(3), 261–268. https://doi.org/10.1016/J.DOMANIEND.2007.07.002

Lagger, J., Schmidt, E., Waran, N., & Otrosky, R. (2004). *Medición de cortisol en leche como indicador de bienestar animal, resultados preliminares*.

Lopreiato, V., Mezzetti, M., & Trevisi, E. (2022). Role of the innate immune system and metabolic alterations in the transition period of dairy cows. Metabolites, 12(4), 304.

Louchouarn, N. X., & Treves, A. (2023). Low-stress livestock handling protects cattle in a five-predator habitat. *PeerJ*, *11*. https://doi.org/10.7717/peerj.14788

Marçal-Pedroza, M. G., Campos, M. M., Martins, M. F., Silva, M. V. B., da Costa, M. J. R. P., Negrão, J. A., & Sant'Anna, A. C. (2023). Is the temperament of crossbred dairy cows related to milk cortisol and oxytocin concentrations, milk yield, and quality? *PLoS ONE*, *18*(6 JUNE). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286466

McCluney, K. E., Belnap, J., Collins, S. L., González, A. L., Hagen, E. M., Nathaniel Holland, J., Kotler, B. P., Maestre, F. T., Smith, S. D., & Wolf, B. O. (2012). Shifting species interactions in terrestrial dryland ecosystems under altered water availability and climate change. *Biological Reviews*, *87*(3), 563–582. https://doi.org/10.1111/J.1469-185X.2011.00209.X;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:1469185X;CTYPE:STRING:JOURNAL

Merz, M. R., & Mortelliti, A. (2025). Intraspecific variation in the landscape of fear: personality-driven tradeoffs in habitat use. *Oikos*, *2025*(4). https://doi.org/10.1111/oik.10583

Parra, O., Carbajal, A., Monclús, L., Manteca, X., & Lopez-Bejar, M. (2018). Hair cortisol and progesterone detection in dairy cattle: interrelation with physiological status and milk production. *Domestic Animal Endocrinology*, *64*, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2018.02.001

Putman, A. K., Brown, J. L., Gandy, J. C., Wisnieski, L., & Sordillo, L. M. (2018). Changes in biomarkers of nutrient metabolism, inflammation, and oxidative stress in dairy cows during the transition into the early dry period. *Journal of Dairy Science*, *101*(10), 9350–9359. https://doi.org/10.3168/jds.2018-14591

Rafa, H., Oroian, I., Cozma, O. M., Morohoschi, A. G., Dumitraș, D. A., Ștefănuț, C. L., Neagu, D., Borzan, A., & Andrei, S. (2024). Peripartal changes of metabolic and hormonal parameters in Romanian spotted cows and their relation with retained fetal membranes. *Frontiers in Veterinary Science*, *11*. https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1409666

Razzaghi, A., Ghaffari, M. H., & Rico, D. E. (2023). The impact of environmental and nutritional stresses on milk fat synthesis in dairy cows. *Domestic Animal Endocrinology*, *83*, 106784. https://doi.org/10.1016/J.DOMANIEND.2022.106784

Romero, L. M. (2004). Physiological stress in ecology: Lessons from biomedical research. In *Trends in Ecology and Evolution* (Vol. 19, Issue 5, pp. 249–255). https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.03.008

Sano, M., Togashi, A., Tanaka, T., & Endo, N. (2023). Evaluation of prepartum and postpartum stress by measuring hair cortisol concentrations of Holstein dairy cows and their calves and its relationship to calving conditions and health status. *Journal of Veterinary Medical Science*, *85*(4), 479–485. https://doi.org/10.1292/jvms.22-0354

SELYE, H. (1946). THE GENERAL ADAPTATION SYNDROME AND THE DISEASES OF ADAPTATION1. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *6*(2), 117–230. https://doi.org/10.1210/jcem-6-2-117

Sgorlon, S., Fanzago, M., Guiatti, D., Gabai, G., Stradaioli, G., & Stefanon, B. (2015). Factors affecting milk cortisol in mid lactating dairy cows. *BMC Veterinary Research*, *11*(1). https://doi.org/10.1186/s12917-015-0572-9

Tortato, F. R., Izzo, T. J., & Hoogesteijn, R. (2021). The cost of fear: Impact of jaguar predation risk on cattle behavior and physiology in the Pantanal. PLOS ONE, 16(3), e0248086.

Verkerk, G. A., Phipps, A. M., Carragher, J. F., Matthews, L. R., & Stelwagen, K. (1998). Characterization of Milk Cortisol Concentrations as a Measure of Short-Term Stress Responses in Lactating Dairy Cows. *Animal Welfare*, *7*(1), 77–86. https://doi.org/10.1017/S0962728600020273

Vitela-Mendoza, I., Cruz-Vázquez, C., Solano-Vergara, J., & Orihuela-Trujillo, A. (2016). Short communication: Relationship between serum cortisol concentration and defensive behavioral responses of dairy cows exposed to natural infestation by stable fly, Stomoxys calcitrans. *Journal of Dairy Science*, *99*(12), 9912–9916. https://doi.org/10.3168/jds.2016-11484

von Keyserlingk, M. A. G., Rushen, J., de Passillé, A. M., & Weary, D. M. (2009). Invited review: The welfare of dairy cattle-key concepts and the role of science. In *Journal of Dairy Science* (Vol. 92, Issue 9, pp. 4101–4111). Elsevier Inc. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2326

Widmer, C. E., Azevedo, F. C., & Almeida, P. J. (2023). Physiological stress responses in livestock exposed to wild felid predation: Acute mechanisms and management implications. Applied Animal Behaviour Science, 261, 105889.

World Organisatior for Animal Health. (2024). *Terrestrial Animal Health Code*.

Xu, J. J., Fu, S. J., & Fu, C. (2019). Physiological and behavioral stress responses to predators are altered by prior predator experience in juvenile qingbo (Spinibarbus sinensis). *Biology Open*, *8*(5). https://doi.org/10.1242/bio.041012

Yagi, Y., Shiono, H., Chikayama, Y., Ohnuma, A., Nakamura, I., & Yayou, K.-I. (2004). Transport Stress Increases Somatic Cell Counts in Milk, and Enhances the Migration Capacity of Peripheral Blood Neutrophils of Dairy Cows. In *J. Vet. Med. Sci* (Vol. 66, Issue 4).

Zoltick, A. H., Mann, S., & Coetzee, J. F. (2024). Pain pathophysiology and pharmacology of cattle: how improved understanding can enhance pain prevention, mitigation, and welfare. In *Frontiers in Pain Research* (Vol. 5). Frontiers Media SA. https://doi.org/10.3389/fpain.2024.1396992.

ANEXOS

Anexo 1. Bovinos expuestos a ataques en la localidad “El Triunfo”.



Anexo 2. Bovinos expuestos a ataques en la localidad “10 de agosto”.



Anexo 3. Bovinos expuestos a ataques en la localidad “Fátima”.



nexo 4. Bovinos expuestos a ataques en la localidad “Shell”.



Anexo 5. Bovinos expuestos a ataques en la localidad “Veracruz”.



Anexo 6. Bovino lechero con presencia de lesiones por ataques de jaguar.



Anexo 7. Centro de acopio de leche ubicada en El Triunfo.



Anexo 8. Muestras de leche.



Anexo 9. Laboratorio del centro de acopio de leche en El Triunfo.



Anexo 10. Prueba de normalidad leche/día

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Litros leche no ataca	25	10,12	1,36	0,91	0,0765
Litros leche ataca	25	7,88	1,09	0,89	0,0373

Anexo 11. Correlación de Pearson y Spearman entre producción litros leche/ dia con cortisol am de bovinos no atacados y atacados

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	ng/mL	Leche/L
ng/mL	1,00	0,92
Leche/L	0,02	1,00

Coeficientes de correlación

Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades

	ng/mL	Leche/L
ng/mL	1,00	0,75
Leche/L	0,07	1,00

Anexo 12. Prueba de Shapiro-Wilks entre niveles de cortisol Am y Pm de vacas expuestas a ataques de grandes felinos

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
AM CORT ATAC ng/mL	25	44,13	30,52	0,68	<0,0001
PM CORT ATAC ng/mL	25	29,95	12,24	0,92	0,1798

Anexo 13. Prueba de Shapiro-Wilks entre niveles de cortisol Am y Pm de vacas no expuestas a ataques de grandes felinos

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
AM CORT ng/mL	25	20,04	7,08	0,86	0,0037

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
PM CORT ng/mL	25	17,20	3,94	0,91	0,0693