



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

POSGRADO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL

TESIS

**RELACIÓN DEL BIENESTAR, ENFERMEDADES CRÓNICAS Y CORTISOL EN
PELO DE CABRAS DE GENOTIPO LECHERO EN UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN INTENSIVO EN PASTOREO**

**Que para optar por el grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL**

Presenta:

Jesús Iván Ortega Cortés

Tutora Principal:

Irma Eugenia Candanosa Aranda
(Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM)

Comité Tutor:

Yesmín María Domínguez Hernández
(Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM)

Angélica María Terrazas García
(Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM)

Ciudad Universitaria, Cd. Mx, mayo, 2023.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatoria

A mi mamá, por sus enseñanzas y el gran apoyo que ha sido siempre, a pesar de su ausencia terrenal.

A mi papá, porque su apoyo ha sido parte fundamental de este logro.

A mi familia, por siempre brindarme la mano cuando lo he necesitado.

A mis amistades.

Agradecimientos

Al CONACYT por el apoyo económico brindado para la realización de estudios de posgrado.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por el apoyo económico a través del proyecto PAPIIT-IN220420.

A mi comité tutor, Dra. Eugenia Candanosa, Dra. Angélica Terrazas y Dra. Yesmin Domínguez por el apoyo y acompañamiento durante la realización del presente trabajo.

Al Dr. Gerardo Perera, Dra. Clara Murcia y Dra. Marcela González por la capacitación y el apoyo para la realización de las determinaciones de cortisol.

A la Dra. Ana Delia Rodríguez, Dr. Héctor Nájera y Dra. Laura Cobos por su participación en las determinaciones de Luminex.

A la Dra. Mayra Sierra por su apoyo en la realización de las pruebas estadísticas.

A quienes integran el Jurado; Dr. Héctor Andrade, Dra. Eugenia Candanosa, Dra. Angélica Terrazas, Dr. Juan Pablo Damián y Dra. Georgina Hernández por sus contribuciones al presente trabajo.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue relacionar la presencia de enfermedades crónicas, cortisol en pelo e indicadores de salud de acuerdo con el protocolo AWIN, en cabras de genotipo lechero en un sistema de producción en pastoreo en un ciclo productivo. Fueron empleadas 70 cabras de genotipo lechero, sincronizadas y se seleccionaron solo a 43 que resultaron gestantes. Se tomaron muestras de sangre para diagnóstico de leptospirosis por aglutinación microscópica; artritis encefalitis caprina, paratuberculosis y brucelosis por la técnica de Luminex. Además, sangre, heces, leche y pelo (tres días antes del empadre, 7 d posparto, a los 60 y 150 d de lactancia para hemograma, prueba de McMaster, calidad de la leche y cortisol; también, examen físico y evaluación de bienestar mediante el protocolo AWIN para cabras lecheras, incluidos indicadores de evaluación individual. En la condición corporal ($P < 0.0001$), hematocrito ($P < 0.0001$), sólidos totales ($P < 0.0001$), fibrinógeno ($P = 0.0293$), conteo de leucocitos ($P = 0.0032$) los nemátodos ($P = 0.0001$), estrongilidos ($P = 0.0070$), coccidias ($P = 0.003$), densidad de leche ($P < 0.0001$), lactosa ($P < 0.0001$) y grasa ($P < 0.0001$) se observaron diferencias entre algunas de las etapas productivas. Se observó una prevalencia *Leptospira* sp. del 44.18% siendo *Icterohaemorrhagiae* la serovariedad más frecuente (51.7%), seguida de Hardjo y Pomona (20.7%, ambas) y *Gripotiphosa* con (6.9%), todas de alta patogenicidad. Con respecto a AEC, hubo positividad en el 72%, mientras que para PTB fue del 46.5%. En el acumulado de enfermedades crónicas en las cabras, 14 (32.5%) fueron positivas a una enfermedad, 18 (42%) positivas a dos enfermedades y 5 (11.5%) positivas a tres enfermedades, y solo 6 (14%) no fueron positivas a ninguna de las enfermedades de este estudio. La concentración de cortisol en pelo presentó diferencias estadísticas altamente significativas ($P = 0.008$) en las diferentes etapas productivas. Mientras que la comparación entre etapas productivas y número de enfermedades, los grupos con mayor número de enfermedades presentaban diferencias significativas independientemente de la etapa productiva. La evaluación AWIN tuvo resultados satisfactorios en todos los casos y no se observaron diferencias entre los indicadores individuales de salud en ningún periodo respecto al número de enfermedades. Se identificó que existe relación entre la concentración de cortisol y el número de enfermedades en las cabras independientemente de la etapa productiva. Al no observarse evidencia estadística respecto a otras variables, se entiende que esta relación puede asociarse a estrés crónico propio de la etapa productiva en la que se encontraban las cabras, sin embargo, es necesario realizar más estudios que descarten otros estímulos que eleven las concentraciones de cortisol, como el dolor.

Palabras clave: evaluación del bienestar, estrés, enfermedad, cortisol, cabra.

Abstract

The objective of this study was to relate the presence of chronic diseases, hair cortisol and health indicators according to the AWIN protocol, in dairy goats in an grazing production system in a productive cycle. An initial group of 70 dairy goats were oestrus-synchronized and only 43 pregnant were selected. Blood samples were taken for diagnosis of leptospirosis by microscopic agglutination; caprine arthritis encephalitis (CAE), paratuberculosis (PTB) and brucellosis by the Luminex technique. In addition, blood, feces, milk, and hair (three days before mating, 7 d postpartum, at 60 and 150 d of lactation for blood count, McMaster test, milk quality and cortisol; also, physical examination and welfare assessment using the AWIN protocol for dairy goats, including individual indicators. Body Condition Score ($P < 0.0001$), hematocrit ($P < 0.0001$), total solids ($P < 0.0001$), fibrinogen ($P = 0.0293$), leukocyte count ($P = 0.0032$) nematodes ($P = 0.0001$), strongilides ($P = 0.0070$), coccidia ($P = 0.003$), milk density ($P < 0.0001$), lactose ($P < 0.0001$) and fat ($P < 0.0001$), showed differences between some of the production stages. *Leptospira* sp. prevalence of 44.18% was observed, with Icterohaemorrhagiae being the most frequent serovariety (51.7%), followed by Hardjo and Pomona (both 20.7%) and Gripotyphosa with (6.9%), all high pathogenicity serovars. For CAE, positivity in 72%, while for PTB 46.5%. In the accumulated chronic diseases in goats, 14 (32.5%) were positive for one disease, 18 (42%) positive for two diseases and 5 (11.5%) positive for three diseases, and only 6 (14%) were not positive to none of the diseases in this study. Hair cortisol presented highly significant statistical differences ($P = 0.008$) in different productive stages. While in the comparison between productive stages and number of diseases, the groups with the highest number of diseases showed significant differences regardless of the productive stage. AWIN assessment had satisfactory results in all cases and no differences were observed between the individual health indicators in any period with respect to the number of diseases. It was identified a relationship between cortisol concentration and the number of positive diseases in goats regardless of the productive stage. In the absence of statistical evidence regarding other variables, it is understood that this relationship can be associated with chronic stress typical of the productive stage, however, it is necessary to carry out more studies that rule out other stimuli that raise cortisol concentrations, such as pain.

Key words: welfare assesment, stress, disease, cortisol, goat.

Contenido	
Introducción	1
Revisión bibliográfica	2
Bienestar de las cabras	3
Regulaciones de bienestar animal	4
Herramientas para la evaluación de bienestar animal	4
Protocolos para la evaluación de bienestar animal	4
Examen Físico General	5
Evaluación del estrés	6
Enfermedades de las cabras	9
Leptospirosis	9
Paratuberculosis	10
Artritis- Encefalitis Caprina	11
Salud y Bienestar Animal	12
Justificación	14
Hipótesis	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Materiales y Métodos	15
Proceso experimental	15
Lugar de estudio	15
Sujetos de estudio y condiciones de mantenimiento	15
Diagnóstico de gestación	16
Evaluación de la Unidad de Producción	16
Examen físico	17
Diagnóstico de enfermedades mediante muestras de sangre y suero	17

Prueba de McMaster	18
Determinación de cortisol mediante muestras de pelo	18
Evaluación de la calidad de leche	18
Evaluación de Bienestar	19
Análisis estadístico	19
Resultados	19
Caracterización de la Unidad de Producción	19
Evaluación diagnóstica del estado de salud y presencia de enfermedades	20
Identificación de la presencia de estrés crónico mediante la determinación de cortisol en pelo	24
Relación de la presencia de enfermedades y estrés crónicos	24
Evaluación de bienestar	25
Discusión	25
Conclusiones	32
Literatura citada	33
Anexo 1. Registro histórico de temperaturas y precipitación pluvial	41
Anexo 2. Resultados del Examen Físico	42
Anexo 3. Resultados de la evaluación de bienestar mediante la app AWINGoat	43

Lista de cuadros.

Cuadro 1. Comparación de medias de hemogramas de cabras lecheras en diferentes etapas productivas.	21
Cuadro 2. Positividad a las diferentes serovariedades de <i>Leptospira</i> spp.	22
Cuadro 3. Seropositividad a las diferentes serovariedades de <i>Leptospira</i> spp. de alta y baja patogenicidad.	22
Cuadro 4. Seroprevalencia de AEC, PTB y brucelosis en suero de cabras lecheras. Luminex Multiplex.	23
Cuadro 5. Comparación de medias de carga parasitaria por la técnica de McMaster.	23
Cuadro 6. Enfermedades presentes en cabras lecheras diagnosticadas por diferentes técnicas.	24
Cuadro 7. Comparación de medias de las concentraciones de cortisol en pelo de cabras lecheras en diferentes etapas productivas.	24
Cuadro 8. Comparación de medias de la concentración de cortisol en pelo de cabras lecheras con diferente número de enfermedades y diferentes etapas productivas.	25

Introducción

Existe evidencia de la relación del estado de salud física y los estados mentales de los animales con la producción, la reproducción y la calidad de los productos pecuarios (Broom, 2011), asimismo hay evidencias de la estrecha relación entre el bienestar de los animales con la presencia de enfermedades (Broom, 2006).

Se han desarrollado diferentes protocolos para poder evaluar el Bienestar Animal (BA), uno de ellos es el protocolo AWIN (Animal Welfare Indicators, 2015), que permite la evaluación de diferentes indicadores basados en principios como: buena alimentación, buenas instalaciones, buena salud y comportamiento apropiado (Botreau *et al.*, 2009). Sin embargo, estos protocolos no valoran las enfermedades subyacentes. Se ha demostrado que, los signos clínicos son resultado de las lesiones producidas por una o varias enfermedades, y se refleja directamente en la falta de bienestar y estrés en los animales (Caroprese, 2016). Con el fin de facilitar el empleo de los protocolos de BA, se ha incorporado diferentes herramientas, como las aplicaciones para dispositivos móviles (app AWINGoat), que permiten una retroalimentación visual clara e inmediata del bienestar de los animales en la granja, destacando las condiciones positivas y permitiendo la comparación con una población de referencia (Canali *et al.*, 2016).

La producción caprina a nivel mundial ha sido una excelente alternativa para promover el desarrollo rural. Los caprinos domésticos tienen la capacidad de transformar alimento vegetal en productos de origen animal de excelente calidad. Esta especie se caracteriza por adaptarse fácilmente a medios rústicos y de recursos limitados. Sin embargo, su estrecha relación con el medio rural, la falta de recursos económicos y la falta de interés del sector público y privado, han limitado enormemente la investigación en esta área (Tajonar *et al.*, 2022).

La Organización Mundial de Salud Animal (OMSA) ha establecido los lineamientos de bienestar en las diferentes especies animales (OMSA, 2019), México como país miembro debe desarrollar estrategias para facilitar su cumplimiento.

Recientemente, la OMSA, la Organización Internacional de Normalización y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria enfatizaron la importancia de realizar una evaluación del bienestar del ganado lechero utilizando Indicadores Basados en Animales (IBA) y reconocer la variabilidad basada en el contexto en los resultados del bienestar (Spigarelli *et al.*, 2020)

Una de las especies domésticas, en donde menos se han aplicado los protocolos para medir bienestar son las caprinos domésticos, independientemente de su fin productivo y es debido a los diferentes sistemas de producción, principalmente en zonas rurales. La relación que existe entre la salud y el bienestar animal implica que se deben de evaluar las enfermedades crónicas que están ampliamente presentes en las cabras. Es necesario aplicar los protocolos de bienestar en cabras en diferentes sistemas productivos y comprobar si estos son capaces de proveer información respecto al estrés producido por las enfermedades crónicas.

Revisión Bibliográfica.

De acuerdo al Código Sanitario para los Animales Terrestres de la OMSA, el término bienestar animal designa al “estado físico y mental de un animal en relación con las condiciones en las vive y muere” (OMSA, 2019). En este sentido, se considera que un animal experimenta bienestar si está sano, cómodo, bien alimentado, en seguridad, y si no padece sensaciones desagradables. Por lo que, para garantizar el bienestar de los animales se requiere prevenir enfermedades, proveer cuidados veterinarios apropiados, refugio, manejo y nutrición, un entorno estimulante y seguro, una manipulación correcta y una muerte digna (eutanasia o matanza humanitaria) (Mellor *et al.*, 2020). De tal forma que, para velar por el bienestar, es importante implementar evaluaciones periódicas para la mejora continua, ya que la toma de decisiones basadas en evidencias tiene grandes beneficios económicos, zootécnicos y sociales (Fernandes *et al.*, 2021).

Bienestar de las cabras.

Uno de los primeros organismos públicos en investigar sobre el Bienestar en animales de producción fue el Comité Brambell, quienes en 1965 establecieron las rutas para considerar el estudio del BA una disciplina científica, destacando que se debe de entender la biología de los animales, sus necesidades, su comportamiento e incluyeron cinco libertades: libre de hambre, sed y de desnutrición, libre de temor y angustia, libre de molestias físicas y térmicas, libre de dolor y enfermedad y libre de manifestar un comportamiento natural (Mench, 1998). Broom define el Bienestar Animal como “el estado en que un animal se encuentra respecto a sus intentos de enfrentar el ambiente” (Broom, 2011). El medio ambiente donde se encuentran los animales tiene que satisfacer sus necesidades, en donde puedan controlar su temperatura corporal, estado nutricional y sus interacciones sociales. Las necesidades pueden ser definidas como un requerimiento cuando son parte de la biología básica de un animal; para conseguir un recurso particular; respuesta al medio ambiente o un estímulo corporal. Estos requerimientos se pueden identificar evaluando la motivación para adquirir los recursos (Broom, 2010). Todos estos sistemas ayudan para interactuar con el ambiente, congéneres y otras especies que co-habitan, para alcanzar un rango tolerable de bienestar. El comportamiento de la cabra doméstica ha sido estudiado en menor medida que el resto de rumiantes domésticos, se caracteriza por ser una especie social, curiosa e inteligente. Sin embargo, estas características conductuales y sociales únicas, que les permiten tener una gran resiliencia a diferentes entornos adversos, pueden ser una amenaza cuando son mantenidas en cautiverio (Miranda-de la Lama *et al.*, 2010). Por estas razones es recomendable mantener vigilancia permanente en las unidades productivas para detectar oportunamente y realizar acciones correctivas. El BA no puede ser medido de manera directa, sin embargo, existen herramientas que permiten conocer su estado de manera indirecta (salud, producción, estado físico, entre otros).

Regulaciones de Bienestar Animal.

La sociedad civil otorga cada vez más importancia al Bienestar de los animales. La Comunidad Europea es pionera en establecer el “Protocolo Sobre la Protección y Bienestar de los Animales” en el que obliga a todos los estados miembros a proporcionar bienestar a los animales y se establecen políticas comunitarias (Horgan, 2007). En América Latina, la mayor parte de la producción animal se destina a consumo local. Sin embargo, existe un sector dedicado a la exportación, por lo que se deben tomar en cuenta los requisitos de los países importadores, las demandas de los agentes privados, las políticas de fomento de la calidad, las demandas de la comunidad, las recomendaciones de los organismos de referencia y los resultados de la investigación aplicada.

En México, las regulaciones aplicables en términos de BA derivan a nivel federal de la Ley General de Sanidad Animal, es importante mencionar que actualmente se encuentra dentro del proceso legislativo la Iniciativa de Ley de Bienestar Animal. También existen leyes locales como la Ley de Protección a los Animales de la Ciudad de México, la Ley de Protección y Bienestar Animal para la Sustentabilidad del Estado de Nuevo León, la Ley de Protección y Cuidado de los Animales del Estado de Jalisco, la Ley de Protección Animal del Estado de Querétaro, entre otras. Además existen diferentes Normas Oficiales, de cumplimiento obligatorio. Las acciones que se podrían tomar para avanzar en este tema es seguir las recomendaciones elaboradas por la OMSA como concientizar a la población y establecer una cultura de bienestar, considerando las certificaciones voluntarias, etiquetado voluntario y prácticas de bienestar para la productividad y la calidad. Con esto, es factible mejorar la producción y la exportación de productos a países desarrollados (Rojas, 2005).

Herramientas para la evaluación del BA.

Protocolos para la evaluación de BA.

Se han realizado encuestas de las actitudes y percepciones de los consumidores, principalmente hacia atributos de producción sustentable de productos de origen animal, en las cuales se observó que la inocuidad es el atributo más importante seguido de la protección del ambiente. En otro rubro se percibió una actitud positiva hacia los atributos de producción sustentable (donde se incluye el BA y definido para efectos del estudio como el “cuidado de los animales desde su crianza hasta su matanza”), así como el beneficio a los productores locales (Santurtún, 2012). Por estas razones es que se han desarrollado diferentes protocolos para la evaluación del BA. Inicialmente se contemplaron las especies productivas con mayor difusión (ganado bovino, cerdos, gallinas de engorda y de postura) en los protocolos Welfare Quality®, para la evaluación de BA (Blockhuis, 2008). Estos protocolos fueron la base para incluir otras especies productivas con menor difusión (cabras lecheras, borregos, pavos, caballos, burros).

Examen Físico General.

La evaluación clínica es una de las formas más sencillas y accesibles que se tienen de conocer el estado de salud de los animales, y a su vez el bienestar. El objetivo principal del examen clínico es identificar las anomalías y los factores de riesgo que determinan la aparición de enfermedades en un individuo o población. De esta información se puede deducir la causa más probable, los órganos o sistemas involucrados, la localización de la lesión, el tipo de lesión presente, los procesos fisiopatológicos ocurridos, la gravedad de la enfermedad y la epidemiología del brote (Cockcroft *et al.*, 2004). Idealmente, el examen clínico debe realizarse de una manera sistemática, ordenada y exhaustiva. Generalmente, inicia con la entrevista del personal encargado para identificar la causa de la consulta, número de animales afectados, signología e historia clínica, en este paso es importante tener en consideración que mientras la información referida sea lo más cercana a la realidad, mejor será el proceso diagnóstico. A partir de técnicas como la palpación, auscultación, succión, percusión, manipulación, entre otras, se identifica una variedad de constantes físicas (temperatura corporal, frecuencia cardíaca,

frecuencia respiratoria, pulso, movimientos ruminales, tiempo de llenado capilar, turgencia de la piel, entre otras); además de la observación del entorno, observación a distancia, la examinación individual, y en su caso, pruebas complementarias (Jackson y Cockcroft, 2008). El uso de este método permite que quien realiza la inspección pueda evaluar todos los órganos y sistemas de una manera organizada y comprensiva. El desarrollo de una lista de problemas y la localización corporal de los mismos, en conjunto con una historia clínica completa y el entendimiento del sistema productivo y las prácticas de manejo de la unidad de producción, llevará a un diagnóstico presuntivo, la elección de pruebas de laboratorio y plan terapéutico, así como, la mejora de las prácticas de manejo (Pugh, *et al.*, 2020).

Evaluación del Estrés.

La medición del estrés tiene un papel trascendental en la evaluación del BA. Por tal razón es que la medición de hormonas indicadoras de estrés es relevante, siendo el cortisol la hormona que se evalúa con mayor frecuencia (Bayazit, 2009).

La correcta realización de trabajos de manejo contribuye a disminuir el estrés en cabras y los efectos negativos en el sistema inmunológico de cabras (Kannan *et al.*, 2000) y disminución a la susceptibilidad a enfermedades. La reducción del estrés y de enfermedades contribuyen a una mejor producción. Es probable que el miedo sea efecto de los manejos dañinos y el trato agresivo en la producción animal (Pas, 1998). Sin embargo, hay enfermedades crónicas que pueden permanecer desde que los animales se infectan y durante toda su vida productiva (PTB, AEC, Leptospirosis, Brucelosis, entre otras), causando grandes pérdidas económicas, alta mortalidad e incluso daños a la salud pública por su potencial zoonótico (Karthik *et al.*, 2021).

Los requerimientos para la medición de indicadores de estrés son invasivos y no-invasivos. Dentro de los no-invasivos se encuentran los parámetros etológicos, donde los animales pueden ser evaluados en su comportamiento (estereotipias, conductas redirigidas, entre otros) y bienestar, así como de estados mentales negativos (latencia al primer contacto); parámetros productivos, parámetros

fisiológicos y cortisol en orina, heces, pelo, entre otras. En los invasivos se encuentra calidad de la canal, parámetros hematológicos, química sanguínea, cortisol sérico, respuesta inmune humoral, expresión de genes, entre otros (Sanmiguel *et al.*, 2018)

Existen diferentes técnicas para la determinación de la concentración de cortisol, algunas pueden ser más invasivas que otras, y el margen de detección es diferente en cada una de ellas. Tradicionalmente, las muestras más utilizadas para la medición de cortisol eran la sangre y saliva, las cuales producen estimaciones puntuales de la actividad del eje Hipotálamo-Hipófisis-Adrenal (HHA), pero están sujetas a variación circadiana y puede ser confundida con perturbaciones ambientales. Otra alternativa son las muestras de heces y orina, útiles para la medición de cortisol o sus metabolitos, sin embargo, el margen de detección es de sólo unas horas. Como alternativa, se realizaban mediciones repetidas en el tiempo, pero además de requerir manejo excesivo, este enfoque no permite una evaluación a largo plazo de la actividad del eje HHA y la capacidad de respuesta de este sistema al estrés crónico (Heimbürge *et al.*, 2019).

Por estas razones se buscaron otras alternativas que permitieran medir el cortisol en periodos largos y que fueran menos invasivas. Uno de los primeros estudios realizados estaba dirigido a poder determinar el consumo crónico de cortisol y cortisona por parte de deportistas, con el fin de mejorar sus habilidades físicas. Estas hormonas son de uso restringido por el Comité Olímpico Internacional y las técnicas de medición en suero y sangre no permitían evaluar correctamente cuando existía una situación de “dopaje”, por ello se establecieron las concentraciones fisiológicas de cortisol en pelo (Raul *et al.*, 2004). Esta técnica se ajustó y validó para su uso en humanos, permitiendo realizar evaluaciones válidas, factibles y fehacientes del estrés crónico. También se identificaron factores externos que afectaban las concentraciones de este glucocorticoide, dentro de los que se encontró: el color de pelo, la zona de obtención de la muestra, la exposición a la luz solar, entre otras (Burnett, *et al.*, 2014)

En el caso de los animales, el primer estudio registrado se condujo en monos Rhesus, siendo el primer estudio en animales donde se validó la técnica (Davenport *et al.*, 2006). A partir de entonces, se condujeron estudios en diferentes especies, siguiendo con osos Grizzly, destacando la facilidad de obtención de la muestra para la evaluación del estrés crónico en especies silvestres, sin la necesidad de realizar manejos invasivos, ya que las muestras se tomaron de pelo capturado por arbustos durante el desplazamiento natural de estos animales (Macbeth *et al.*, 2020).

Conforme fueron realizados más estudios, se identificó que los factores adversos descritos en humanos podrían tener efecto similar en los animales (Salaberger *et al.*, 2016). En vacas, se han realizado estudios para determinar qué factores que podrían afectar las concentraciones de cortisol en pelo, resultando que el pelo blanco retiene menos cortisol que el pelo negro (Nejad *et al.*, 2017). Otro estudio realizado por el mismo grupo de investigación determinó que no existen diferencias en la concentración de cortisol cuando las muestras son colectadas de diferentes sitios corporales (Nejad *et al.*, 2019). En vacas se ha propuesto el uso de las concentraciones de cortisol en pelo como un indicador de BA, ya que en esta especie se ha relacionado con condiciones como enfermedades, ectoparásitos, condición corporal, producción láctea, entre otras (Vesel *et al.*, 2020).

En el caso de las cabras, la información es aún muy reducida, los estudios descritos donde se realizan mediciones de cortisol en pelo en Cabras de las Montañas (*Oreamnos americanus*), donde se observaron diferencias entre las concentraciones de pelo de cobertura y felpa (Dudulude *et al.*, 2019), sin embargo, es importante puntualizar que dicho estudio fue conducido en una especie silvestre diferente a las cabras domésticas (*Capra hircus*), midiendo el cortisol en el pelo y suero de cabras durante el ciclo estral y bajo el efecto de administración de hormona adenocorticotrópica (ACTH), simulando la activación del eje HHA. Se evidenció que la determinación de cortisol en pelo es un buen indicador de la activación del HHA y por tanto un indicador de estrés crónico en esta especie (Endo *et al.*, 2018).

Enfermedades de las cabras.

Los problemas de salud que enfrentan la mayoría de los rebaños caprinos en México demuestran que algunos trastornos reproductivos son causados por enfermedades con potencial zoonótico, como brucelosis, leptospirosis y clamidiasis. Por otra parte, en animales jóvenes, los problemas de tipo respiratorio y digestivo son frecuentes. En algunas zonas de México, las cabras en etapa productiva presentan una frecuencia elevada de artritis encefalitis caprina, paratuberculosis y linfadenitis caseosa (Palomares, *et.al.*, 2021). Desafortunadamente, la investigación de estas enfermedades y sus repercusiones en los rebaños caprinos mexicanos es aún limitada.

Leptospirosis.

La leptospirosis es una enfermedad zoonótica mundial causada por espiroquetas que pertenecen al género *Leptospira*, en el que se incluyen serovariedades patógenas (aproximadamente 250 serovariedades) y no patógenas, por lo que no todas las infecciones tienen una manifestación clínica. De manera experimental, se comprobó que cabras y borregos son reservorios potenciales de la serovariedad patógena Hardjo. Estas bacterias colonizan los túbulos renales proximales de diversos mamíferos y son excretadas de manera intermitente por animales portadores. Su transmisión ocurre principalmente por la exposición a agua y suelo contaminados por la orina de animales infectados y es independiente de factores estacionales y ambientales (Martins *et al.*, 2014). De manera general, la enfermedad provocada por la infección con esta bacteria se observa en dos presentaciones: aguda y crónica. En la leptospirosis aguda se presenta con aparición súbita de agalactia en animales productores de leche, mientras que en animales jóvenes se observa ictericia y hemoglobinuria. En la presentación crónica puede existir aborto, muerte fetal, nacimiento de crías débiles a término o prematuras y esterilidad (OMSA, 2022). Los informes sobre leptospirosis caprina son escasos, aunque se consideran menos susceptibles a la enfermedad que otros animales, por lo que la patogenia no se encuentra bien descrita en esta especie, sin embargo, se ha

reportado que las cabras con leptospirosis pueden presentar fiebre alta, aborto, muerte fetal, agalactia y muerte prenatal. Las crías, especialmente las que se encuentran en mal estado de salud, son las más susceptibles a la infección, como consecuencia, pueden manifestar fiebre, hemoglobinuria, ictericia y muerte (Haji *et al.*, 2022). Algunos estudios han reportado anticuerpos contra serovariedades de *Leptospira spp.* en rebaños de cabras en el centro de México, con una prevalencia reportada del 37.9%, siendo la serovariedad Icterohemorragiae la más frecuente (35.91%) y comprobando la coocurrencia con otras serovariedades (Gaytán-Camarillo, *et al.*, 2021).

El diagnóstico de laboratorio de la leptospirosis puede ser complejo e involucra pruebas que se dividen en dos grupos: detección de anticuerpos y detección del agente, su elección depende del propósito de la prueba, por ejemplo, encuestas de rebaños o experimentación individual con animales, y la experiencia disponible en el área de interés, sin embargo, la Aglutinación Microscópica, se considera como el “estándar de oro” (OMSA, 2022).

Paratuberculosis.

La paratuberculosis (enfermedad de Johne) es una enteritis crónica de los rumiantes domésticos y cérvidos silvestres causada por la bacteria *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis (MAP). La paratuberculosis es una enfermedad crónica debilitante que infecta a rumiantes causando diarrea crónica, pérdida de peso, emaciación y reducción de producción de leche y lana (Elsohaby, 2021). En pequeños rumiantes, se observa caquexia, fertilidad reducida, pelo hirsuto, piel áspera y heces blandas sin diarrea. Los animales infectados tienen la capacidad de eliminar MAP en la leche, calostro y heces, incluso hasta dos años antes del inicio de los signos clínicos (Hemati *et al.*, 2022). La mayoría de los animales infectados nunca progresan hacia la etapa clínica, permaneciendo infectados subclínicamente. Esta característica epidemiológica posiblemente involucre varios factores que incluyen la susceptibilidad del hospedero, el medio ambiente y las diferencias patogénicas entre las cepas de MAP (Correa-Valencia *et al.*, 2021). La dificultad de

diagnosticar clínicamente la enfermedad complica su estudio y caracterización. A nivel mundial y regional se han desarrollado diferentes estudios para identificar la prevalencia de la enfermedad, observándose en los rebaños latinoamericanos una prevalencia general aparente a nivel animal de 4.3%, mientras que a nivel de rebaño fue de 3.7% (Fernández-Silva, *et al.*, 2014). En México se han realizado estudios en diferentes estados y regiones geográficas, en Veracruz se observó una prevalencia de 3.7%, en Puebla del 28%, en Hidalgo una incidencia del 25% y en producciones caprinas de tipo familiar en el altiplano potosino del 83.2% (Vega-Manríquez *et al.*, 2020).

La infección puede diagnosticarse mediante pruebas dirigidas a la detección de MAP en heces o biopsias como cultivo o reacción en cadena de la polimerasa (PCR); pruebas indirectas que se dirigen a la respuesta inmunitaria a MAP como ELISA a partir de suero o leche, y prueba de interferón- γ (IFN γ) en suero. Las pruebas indirectas tienen la ventaja de ser relativamente económicas y rápidas, pero con las limitaciones importantes como dar positivo en etapas posteriores de la infección, excepto en animales resilientes, por lo tanto, con un mayor riesgo de resultados falsos negativos. También pueden conducir a resultados falsos positivos en casos de exposición a micobacterias atípicas. Las pruebas directas tienen la desventaja de tener un costo mucho más elevado que las indirectas, se requiere personal capacitado para su elaboración y el tiempo de elaboración es mayor, como el cultivo que puede tardar meses (Buczinski *et al.*, 2019).

Artritis-Encefalitis Caprina.

La Artritis-Encefalitis Caprina (AEC) es una enfermedad de las cabras causada por el Lentivirus de los Pequeños Rumiantes (LVPR), su contraparte en borregos es maedi-visna. El LVPR es una especie viral heterogénea que comprende al menos cuatro genotipos y muchos subtipos genéticos. Tradicionalmente, se ha asociado al genotipo A con el maedi-visna y al B con AEC, aunque se ha demostrado que se puede cruzar la barrera de especie. Se han realizado estudios para genotipificar el virus circulante en México, resultando ser el genotipo B el único observado en

cabras (De la Luz-Armendáriz *et al.*, 2021). Ambas enfermedades se caracterizan por presentar un curso crónico-progresivo y un periodo largo de incubación. El LVPR puede transmitirse de animales infectados con o sin signos clínicos, principalmente por la ingestión de calostro (transmisión vertical) y por contacto directo (transmisión horizontal) en pastos o por el comercio de animales. También se ha descrito la transmisión intrauterina y el contacto sexual como vías de transmisión. Las lesiones observadas en casos de AEC en adultos son artritis y mastitis indurativa; y encefalomiелitis en juveniles. En ocasiones los animales infectados pueden desarrollar neumonía intersticial crónica y disnea progresiva (Brotto *et al.*, 2021). Microscópicamente se ha observado neumonía intersticial, bronconeumonía supurativa y pleuroneumonía fibrinosa en la presentación respiratoria (Moroz *et al.*, 2022), mientras que en la presentación nerviosa se ha observado desmielinización, gliosis y presencia de células Gitter, también se ha descrito nefritis y miocarditis intersticiales (Eroksuz *et al.*, 2022).

Actualmente, no se cuenta con una técnica considerada como “estándar de oro”, sin embargo, la OMSA recomendó en 2004 el ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA) y la prueba de inmunodifusión en gel de agar para el diagnóstico de LVPR. Existen otras técnicas de diagnóstico más sensibles, pero raramente utilizadas como el western blot, la radioinmunoprecipitación, la amplificación isotérmica y PCR (Paul *et al.*, 2021).

Estudios serológicos realizados en diferentes zonas de México, que incluyen áreas representativas del territorio nacional, reportan seroprevalencia de 59.3% a nivel individual (De la Luz-Armendáriz, 2021).

Salud y BA.

El concepto de salud es muy amplio y va más allá de la “ausencia de enfermedad” o “alto rendimiento, producción y eficiencia productiva”. Un organismo saludable es un sistema en homeostasis, es decir que tiene la capacidad de resistir adversidades y ajustarse o reaccionar a ambientes cambiantes. La homeostasis no es un

concepto exclusivo de los individuos, también es aplicable a nivel poblacional en producciones y corrales. La salud como la totalidad e integridad de sistemas vivos se vincula directamente con el concepto de Bienestar Animal (Vaarst *et al.*, 2012). La salud es parte importante del BA y cualquier patología implica cierto grado de pérdida de bienestar (Broom, 2006). El comportamiento y la fisiología durante la enfermedad son generalmente adaptativos e involucra interacciones con el sistema inmune y los procesos de inflamación. Cuando los animales enfrentan crisis infecciosas, utilizan todo el potencial del sistema inmune para hacer frente a los patógenos. Al mismo tiempo, se exhibe comportamiento de enfermedad caracterizado por letargo, depresión y anorexia. A pesar de que tradicionalmente se ha entendido el comportamiento de enfermedad como una respuesta indeseable, resultado de la debilidad, actualmente se entiende como una estrategia conductual para hacer frente a la enfermedad. Existen diversos estudios en caprinos, otros rumiantes domésticos y animales de laboratorio donde se identifica la participación de algunas citocinas (IL-1, IL-6, TNF, entre otras) que modifican el comportamiento de los animales, limitando su movilidad e interacciones sociales, reduciendo sus hábitos de consumo de agua, alimento y de acicalamiento (Orihuela *et al.*, 2011). Un estudio identifica la relación de la administración de lipopolisacárido con la expresión del comportamiento de enfermedad en cabras, observándose disminución de distintas conductas (alimentación, consumo de agua, acicalamiento, rumia, entre otros) y presentando un perfil que podría ser asociado a letargo y depresión (Takeuchi, 1995). Un estudio conducido en vacas identificó mayores concentraciones de cortisol en animales clínicamente comprometidos en comparación con animales clínicamente sanos (Comin *et al.*, 2013)

También, se ha estudiado al dolor como efecto adverso del BA y se ha identificado que el sistema “dolor-respuesta al dolor” es parte del repertorio usado por los animales, incluyendo los humanos, para ayudar a contrarrestar las adversidades durante la vida. El dolor es definido como una sensación adversa y un sentimiento asociado con daño real o potencial (Broom, 2010).

Justificación.

La información respecto al BA y enfermedades crónicas en cabras domésticas es limitada. No se han establecido las relaciones del efecto de las enfermedades crónicas sobre el BA. Sin embargo, existe evidencia en otras especies de que el estrés producido por la enfermedad afecta el BA.

Hipótesis.

La presencia de dos o más enfermedades crónicas en cabras de genotipo lechero en un sistema intensivo tiene un efecto negativo sobre el bienestar y la producción.

Objetivo General

Evaluar la presencia de enfermedades crónicas, cortisol en pelo y los efectos negativos sobre el bienestar y la productividad en cabras de genotipo lechero en un sistema de producción intensivo en pastoreo en un ciclo productivo.

Objetivos Específicos

- Caracterizar una unidad de producción intensiva en pastoreo, para conocer las prácticas relacionadas con el manejo sanitario y reproductivo.
- Evaluación diagnóstica del estado de salud y presencia de enfermedades crónicas en cabras de genotipo lechero en un sistema intensivo.
- Aplicar un protocolo de evaluación de bienestar en cabras lecheras en diferentes periodos de en un ciclo de producción.
- Identificar la presencia de estrés crónico a través de la determinación de cortisol en pelo en diferentes periodos del ciclo productivo.
- Relacionar la presencia de enfermedades crónicas, bienestar y estrés crónico en cabras de genotipo lechero durante un ciclo productivo.

Materiales y Métodos

Proceso experimental.

Es un estudio observacional, longitudinal, prospectivo y analítico.

Lugar de estudio.

El estudio se realizó en el Módulo de Producción Caprina del Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano (CEIEPAA), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicado en 8.5 km de la carretera Tequisquiapan-Ezequiel Montes, Municipio de Tequisquiapan, Estado de Querétaro con localización Norte, a los 20° 39" y en el extremo Sur a los 20° 39" de latitud Norte. Se caracteriza por tener un clima semiseco templado BSK, altitud de 1920 msnm, latitud norte. El régimen de temperatura es isotérmico con una temperatura promedio anual de 17.5° C y una precipitación promedio anual de 388.42 mm. Los meses más fríos son de noviembre a enero (INEGI, 1994).

Sujetos de estudio y condiciones de mantenimiento.

Se utilizaron a 70 hembras caprinas mayores a 2 años, con al menos un parto, cruza de las razas Saanen, Alpino Francés, Toggenburg, clínicamente sanas.

La alimentación consistió en pastoreo de alrededor de 5 horas al día (0900-1400 h) en praderas mixtas introducidas (compuestas de alfalfa con gramíneas) y alfalfares para corte, cultivos de verano para ensilar (maíz y sorgo forrajeros) y cultivos de invierno (avena, triticale asociado con ebo). La alimentación se complementa en pesebre con forraje de corte (1 kg), alimento balanceado concentrado (500 g 20% PC) y sales minerales en corral. El agua se ofreció *ad libitum*. Los animales se alojaron el resto del tiempo en corrales triangulares con comederos de 40 cm de altura y 25 cm de ancho, divididos por cuelleras individuales, piso de tierra y área de sombra.

Se realizaron mediciones de macro y microclima. Para el macroclima, se recopiló los datos de temperatura y humedad en la estación hidrometeorológica "ITEQ1"

ubicada en las instalaciones del CEIEPAA. Para el caso del microclima, se instalaron 2 hidrotérmetros iButton dentro de los corrales (1 en área de sombra y el otro en el área soleada) y se tomaron 4 mediciones (0700, 1200, 1500 y 1900 h).

Siguiendo el programa reproductivo de la unidad de producción, en el mes de octubre de 2020 se les aplicó el protocolo de sincronización a todas las cabras, el cual consistía en aplicación de prostaglandinas, la primera dosis fue de 1 ml de Lutalyse® vía intramuscular a cada animal. Diariamente se introdujo a un macho celador para identificar a las hembras en estro y poder dar monta a las hembras receptoras. Una segunda dosis se aplicó una semana después, únicamente a las hembras que no expresaron conductas receptoras en la primera aplicación. La detección de celos y montas se realizó del 1 de diciembre del 2020 al 10 de enero del 2021.

Diagnóstico de gestación.

Un mes después de terminado el empadre, se realizó el diagnóstico de gestación mediante ultrasonografía transrectal y se identificó a los animales positivos. A los 4 meses de gestación, se repitió el diagnóstico mediante palpación transabdominal (“peloteo”) y mediante ultrasonido en los casos dudosos. Los animales negativos fueron separados del grupo e ingresaron a otro corral.

Evaluación de la Unidad de Producción.

De acuerdo al protocolo AWIN (AWIN, 2015) para la evaluación de bienestar de cabras lecheras, se realizó una encuesta al personal responsable del área para conocer los antecedentes de la unidad productiva. Dicha encuesta se dirigió a identificar las prácticas de manejo, medicina preventiva, reproducción, producción, estado sanitario, manejo clínico y manejo zootécnico de la unidad. La información se complementó con los registros disponibles en el área.

Examen Físico.

Previo al empadre (3 días), 7 días posparto, 60 d y 150 d de lactación, se realizó un examen físico general de todos los animales. Mediante auscultación y con la ayuda de un estetoscopio, se obtuvieron las siguientes constantes fisiológicas: Frecuencia Cardíaca (FC), Frecuencia Respiratoria (FR) y Movimientos Ruminales (MR). Mediante un termómetro digital, por vía rectal, se obtuvo la Temperatura Corporal (TC). Se incluyeron indicadores de salud de evaluación individual propuestos por el protocolo AWIN como presencia de abscesos, artritis, condición de pelaje, cojeras, simetría de la ubre, secreción nasal, ocular y vaginal, suciedad fecal y tos. Se hizo una modificación de la escala de Condición Corporal (CC) donde se asignaron los valores de 1 a cabras delgadas, 2 a cabras en condición óptima y 3 a cabras con sobrepeso y obesidad (modificado de AWIN).

Diagnóstico de enfermedades mediante muestras de sangre y suero.

Previo al empadre (3 días), 7 días posparto, 60 d de lactación y 150 d de lactación, se colectaron 10 ml de sangre vía endovenosa yugular en tubos con sistema de vacío con EDTA, la cual fue procesada de acuerdo con lo descrito por Quiroz y Jardón (2010), para la realización de hemograma (conteo de leucocitos, leucocitos totales, conteo diferencial de leucocitos, hematocrito, sólidos totales y fibrinógeno). También, se colectaron 10 ml de sangre vía endovenosa yugular mediante tubos con sistema de vacío sin anticoagulante. Las muestras de sangre fueron centrifugadas y se obtuvo el suero que se conservó a -20°C hasta el momento de su procesamiento. Se empleó la técnica Multiplex de Luminex para la determinación de Lentivirus, Paratuberculosis y *Brucella* sp. de acuerdo con lo descrito por Najera *et al.*, 2023. Por otro lado, se procesaron muestras de suero mediante la técnica de Aglutinación Microscópica para determinar 10 serovariedades de *Leptospira* sp (Autumnalis, Bratislava, Canicola, Gryppotyphosa, Hardjo, Icterohaemorrhagiae, Pomona, Pyrogenes, Serdjo y Tarassovi).

Prueba de McMaster.

Se colectaron heces 3 días previo al empadre, 7 días posparto, 60 d y 150 d de lactación de todas las cabras gestantes para determinar la carga parasitaria mediante la prueba de McMaster, estas se obtuvieron directamente de el recto con un guante de exploración. Posteriormente, fueron procesadas de acuerdo con la técnica de descrita por Alcalá y Figueroa, (2019).

Determinación de cortisol mediante muestras de pelo.

Se colectó pelo en cuatro ocasiones (3 días previo al empadre, 7 días posparto, 60 d y 150 d de lactación). La primera vez, se rasuró la región pectoral, con una máquina rasuradora eléctrica y un peine de 1 cm. Se retiró el exceso de pelo de un área de 10 x 15 cm. Una vez retirado el exceso de pelo, se rasuró la misma área, utilizando la misma máquina, pero en esta ocasión sin el uso del peine (corte a ras de piel) y se colectó el pelo. Posteriormente, las muestras de pelo fueron obtenidas en la misma zona con una máquina rasuradora sin peine.

Las muestras fueron conservadas individualmente en una bolsa de papel encerado a temperatura ambiente en un lugar seco y protegido de la luz hasta su procesamiento y determinación de cortisol mediante la técnica de ELISA (Davenport et al., 2006).

Evaluación de la calidad de leche.

A los 7 días posparto, 120 y 150 d de lactancia, se tomaron las muestras de en un contenedor de vidrio de 400 ml mediante ordeño manual, desachando los primeros chorros de leche, fueron refrigeradas hasta su procesamiento en un periodo máximo de 24 h. Se realizó el Conteo de Células Somáticas con un contador automático Delaval®; acidez, densidad, lactosa, proteína, grasa y sólidos no grasos empleando un espectrofotómetro infrarrojo Milkoscan®. Las muestras fueron procesadas en concordancia con lo descrito en la NMX-F-728- COFOCALEC-2017.

Evaluación de Bienestar.

Se realizó con base en el Protocolo AWIN para la evaluación de bienestar de cabras lecheras (AWIN, 2015), incluyendo mediciones individuales de segundo nivel, independientemente del resultado obtenido en el ejercicio. Los valores se capturaron y se analizaron en la app AWINGoat. El protocolo fue aplicado por la misma persona en todas las ocasiones.

Análisis estadístico.

Para el análisis estadístico se utilizó el software SAS®. Se realizó el procedimiento Proc Univariate de cada variable recolectada para obtener las medidas de tendencia central y de dispersión. Se realizó la prueba de normalidad Shapiro Wilk y prueba de homogeneidad de varianzas para determinar que se cumplan los supuestos y poder realizar el diseño completamente al azar utilizando el análisis de varianza con mediciones repetidas en el tiempo y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey para evaluar si existen diferencias significativas entre etapa productiva. La prueba no paramétrica que se utilizó es la Chi cuadrada para las variables cualitativas de los indicadores individuales relacionados con la salud en diferentes etapas productivas, el nivel de significancia a considerar fue de $P < 0.05$.

Resultados.

Caracterización de la Unidad de Producción

El sistema de producción se clasificó como intensivo con pastoreo de praderas modificadas, cuyo objetivo es la producción de leche, cuenta con aproximadamente 350 cabras de genotipo lechero, aproximadamente 70 se encontraron en producción, 53 hembras parieron o se encuentran gestantes y próximas a parto.

El ordeño se realizó cada tercer día a las 0800 h de manera automática en una máquina de carrusel (DeLaval ®) con capacidad de 24 plazas. En esta unidad de producción, habitualmente se ordeña diario, pero debido a la pandemia, hubo falta de trabajadores, por lo que no se consideró la producción de leche promedio.

En cuanto al macroclima, la temperatura mínima registrada fue de 0.4° C, mientras que la máxima fue 33° C, la temperatura promedio fluctuó en un rango de 10.72° C a 19.9° C. Por la parte de la precipitación pluvial, los valores máximos se observaron en junio (127.8 mm), julio (58.7 mm) y agosto (152.4 mm), siendo el último el valor máximo y con un total de 404.8 mm en todo el periodo de estudio (ver Anexo 1). El promedio de temperatura correspondió a lo que está descrito para la zona, mientras que la precipitación promedio anual observada para el periodo de estudio fue mayor y se concentró en la temporada de lluvias (INEGI, 1994, Anexo 1).

El programa de reproducción se realizó con monta directa, con sincronización del estro. En el empadre del estudio, de las 70 hembras del grupo inicial, 53 (75.7% de índice de concepción) fueron positivas al diagnóstico de gestación y 43 (61.4% de índice de fertilidad) llegaron al parto.

El programa de sanitario consistió en la aplicación de bacterina contra enfermedades respiratorias y digestivas (Bovimune® single shot, laboratorio Lapisa).

La desparasitación generalmente es selectiva, este año fue con levamisol en dos aplicaciones con 15 días de margen, 1 mes previo al empadre.

En la unidad de producción había antecedentes de presentar enfermedades como paratuberculosis (PTB), micoplasmosis, linfadenitis caseosa, artritis-encefalitis caprina (AEC), entre otras, sin embargo, no hubo registros individuales de los animales de estudio. Es un hato libre de brucelosis y tuberculosis con un certificado de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-041-ZOO-1995 y NOM-031-ZOO-1995).

Evaluación diagnóstica del estado de salud y presencia de enfermedades.

En el examen físico general (EFG) realizado en los diferentes periodos, se observó que en algunas de las mediciones de las diferentes constantes existieron valores fuera del rango de referencia: en 15.11% se observó taquipnea y 4.6% con taquicardia. En el resto de las constantes fisiológicas evaluadas durante el EFG no se observaron alteraciones. Por otro lado, se observaron diferencias estadísticas

significativas ($P = 0.0187$) entre la temperatura corporal (TC) del empadre (36.816 ± 0.07) y el posparto (37.148 ± 0.07). Para el caso de la condición corporal (CC), se observaron diferencias ($P < 0.0001$) entre el empadre (1.744 ± 0.08), y el posparto (1.883 ± 0.07) y los 150 días de lactancia (1.883 ± 0.07); así como, entre los 60 (1.976 ± 0.10) y 150 días de lactancia (Anexo 2).

En el cuadro 1, se observa que el hematocrito presentó diferencias significativas ($P < 0.0001$) entre el empadre (27.380 ± 0.43), el posparto (25.439 ± 0.52), 60 (23.829) y 150 d posparto (22.333 ± 0.554), pero no se observaron diferencias significativas entre ambos periodos de lactancia. En cuanto a sólidos totales, el empadre (81.904 ± 0.84) presentó diferencias ($P < 0.0001$) con el resto de los muestreos, mientras que a los 60 d (76.585 ± 0.568) y 150 d (73.190 ± 0.812) si fueron diferentes estadísticamente. En el fibrinógeno únicamente se observaron diferencias ($P = 0.0293$) entre el posparto (4.146 ± 0.264) y los 60 días de lactancia (3.133 ± 0.191). En el conteo de leucocitos se observaron diferencias ($P = 0.0032$) entre el empadre (8.575 ± 0.64) y posparto (5.459 ± 0.515), así como entre el posparto y los 150 días (8.070 ± 0.665) de lactancia.

Cuadro 1. Comparación de medias de hemogramas de cabras en diferentes etapas productivas.

Variable	Empadre	Posparto	60 d	150 d	P
Hematocrito	27.380 ± 0.43 a	25.439 ± 0.52 b	23.829 ± 1.30 c	22.333 ± 0.554 c	<0.0001
Sólidos Totales	81.904 ± 0.84 a	73.853 ± 0.706 b	76.585 ± 0.568 bc	73.190 ± 0.812 bd	<0.0001
Fibrinógeno	3.595 ± 0.321 a	4.146 ± 0.264 ab	3.133 ± 0.191 ac	3.904 ± 0.254 a	0.0293

- Los datos se presentan como medias \pm EEM -a,b,c,d: las medias con literales diferentes en la misma fila presentan diferencias estadísticas significativas entre etapas productivas ($P \leq 0.05$)

Se observó una prevalencia *Leptospira* sp. del 44.18% (n=43), siendo Icterohaemorrhagiae la serovariedad más frecuente (51.7%), seguida de Hardjo y Pomona (20.7% ambas) y Grippythosa con (6.9%) el resto de las serovariedades fueron negativas (Autumnalis, Bratislava, Canicola, Pyrogenes, Serjoe, Tarasovi). (Cuadro 2). Todas las muestras positivas fueron reactivas a serovariedades de alta patogenicidad, representando el 41.43% del total de las muestras (Cuadro 3). Con respecto a AEC, 31 individuos positivos (72%, n=43), mientras que para PTB se observaron 20 cabras positivas (46.5%) (Cuadro 4).

Cuadro 2. Positividad a las diferentes serovariedades de *Leptospira* sp en cabras

Serovariedad	Frecuencia	Prevalencia
Grippythosa	2	6.9
Hardjo	6	20.7
Icterohaemorrhagiae	15	51.7
Pomona	6	20.7

Prevalencia calculada a partir de n=70

Cuadro 3. Seropositividad a la prueba de aglutinación microscópica a diferentes serovariedades de *Leptospira* sp. de alta y baja patogenicidad en cabras.

Patogenicidad	Serovariedades	Frecuencia	Prevalencia
Baja	Autumnalis, Bratislava, Canicola, Pyrogenes, Serjoe y Tarasovi	0	0
Alta	Grippythosa, Hardjo, Icterohaemorrhagiae y Pomona	29	41.43

Prevalencia calculada a partir de n=70

Cuadro 4. Seroprevalencia de Artritis Encefalitis Caprina, Paratuberculosis y Brucelosis en suero de cabras lecheras. Luminex Multiplex. N= 43

Enfermedad	Frecuencia	Prevalencia
Artritis Encefalitis Caprina	31	72%
Paratuberculosis	20	46.5%
Brucelosis	0	0%

En la prueba de McMaster, los nemátodos presentaron diferencias ($P=0.0070$) entre el posparto (351.22 ± 44.73) y ambos muestreos de la lactancia 60 d (741.46 ± 116.76) y 150 d (648.78 ± 73.43). En cuanto a estrongilidos se encontraron diferencias ($P=0.0001$) entre el posparto (212.19 ± 29.87), lactancia 60 d (229.27 ± 41.65) y 150 d (565.85 ± 107.5). En el caso de coccidias se observaron diferencias ($P=0.003$) entre el posparto (151.22 ± 17.15) y los 60 d (75.85 ± 15.5), y el posparto y los 150 d de lactancia (148.78 ± 22.11) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias de carga parasitaria por la técnica de McMaster en cabras lecheras en diferentes etapas productivas.

Variable	Empadre	Posparto	60 d	150 d	P
Nemátodos	387.5 ± 87.5 a	351.22 ± 44.73 ab	741.46 ± 116.76 ac	648.78 ± 73.43 ac	0.0007
Estrongilidos	250 ± 86.6 a	212.19 ± 29.87 ab	229.27 ± 41.65 ab	565.85 ± 107.5 ac	<.0001
Coccidias	250 ± 16.36 a	151.22 ± 17.15 ab	75.85 ± 15.5 ac	75.85 ± 15.5 ad	0.0030

- Los datos se presentan como medias \pm EEM -a,b,c,d: las medias con literales diferentes en la misma fila presentan diferencias estadísticas significativas entre etapas productivas ($P \leq 0.05$)

En el acumulado de enfermedades crónicas en las cabras, 14 (32.5%) fueron positivas a una enfermedad, 18 (42%) positivas a dos enfermedades y 5 (11.5%) positivas a tres enfermedades, y solo 6 (14%) no fueron positivas a ninguna de las enfermedades de este estudio (Cuadro 6).

Cuadro 6. Enfermedades presentes en cabras lecheras diagnosticadas por diferentes técnicas.

Número de enfermedades	Diferencial	Frecuencia	Prevalencia
0	NA	6	14
1	AEC	8	18.5
	Lepto	6	14
	Total	14	32.5
2	AEC+Lepto	10	23.5
	AEC+PTB	8	18.5
	Total	18	42
3	AEC+Lepto+Par	3	7
	AEC+PTB+Par	1	2.25
	AEC+Lepto+PTB	1	2.25
	Total	5	11.5

AEC= artritis-encefalitis Caprina; Lepto= leptospirosis; PTB= paratuberculosis; Par= parasitosis; NA= no aplica. n=43

Identificación de la presencia de estrés crónico mediante la determinación de cortisol en pelo.

Se presentan los resultados de la comparación de medias de las concentraciones de cortisol en pelo en diferentes etapas productivas donde destaca que existen diferencias estadísticas altamente significativas ($P=0.008$) entre el muestreo de los los muestreos del empadre (11.02 ± 0.84) y el posparto (10.49 ± 0.32), con 150 d de lactancia (14.71 ± 0.95) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de medias de las concentraciones de cortisol en pelo de cabras lecheras en diferentes etapas productivas.

Variable	Empadre	Posparto	60 d	150 d	P
Cortisol en pelo (pg/ml)	11.02 ± 0.84 a	10.49 ± 0.32 a	12.86 ± 0.88 ab	14.71 ± 0.95 b	0.008

- Los datos se presentan como medias \pm EEM a, b: las medias con literales diferentes en la misma fila presentan diferencias estadísticas significativas entre etapas productivas ($P \leq 0.05$)

Relación de la presencia de enfermedades crónicas, bienestar y estrés crónico.

En la comparación entre etapas productivas y número de enfermedades, se observaron diferencias únicamente en el caso del número de enfermedades. Destaca que los grupos con mayor número de enfermedades presentaban diferencias significativas independientemente de la etapa productiva en que se encontraban (cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de medias de la concentración de cortisol en pelo de cabras lecheras con diferente número de enfermedades y diferentes etapas productivas

Etapa	Número de enfermedades				EEM	P
	0	1	2	3		
Empadre	8.56 a	9.83 a	12.75 ab	16.80 b	1.99	0.001
PP	9.91 a	12.51 a	13.11 a	15.49 a	1.93	<0.001
60 d	9.32 ab	9.74 ac	13.30 bd	15.27 cd	1.57	<0.001
150 d	13.63 a	11.16 a	13.16 a	14.88 a	1.62	<0.001

- Los datos se presentan como medias. -a,b,c,d: las medias con literales diferentes en la misma fila presentan diferencias estadísticas significativas entre etapas productivas ($P \leq 0.05$)

Evaluación de bienestar.

La evaluación AWIN tuvo resultados satisfactorios en todos los casos, es decir, que ninguno de los indicadores críticos se encontraba alterado en más del 15% de la población (Anexo 4). En la prueba de Chi² no se observaron diferencias en los indicadores de salud (abscesos, sobrecrecimiento de pezuñas, descarga nasal, descarga ocular y claudicaciones) en ningún periodo respecto al número de enfermedades. Adicionalmente, el resumen de estados mentales de la unidad productiva fue ubicado en el cuadrante superior derecho, resultando en un nivel desable de bienestar.

Discusión.

Se han realizado descripciones de los sistemas productivos mexicanos donde se menciona que más del 70% de la producción caprina se realiza en regiones áridas o semiáridas y apenas el 25% en sistemas intensivos o semi-intensivos. Así como subsistemas donde destaca el pastoreo diurno de praderas nativas o inducidas, con

encierro nocturno en corrales y suplemento tanto de forraje como de alimento concentrado. En el subsistema se considera el uso de medicina preventiva, los principios de inocuidad alimentaria y la principal fuente de ingreso es la venta de leche y quesos (Tajonar *et al.*, 2022). En el presente estudio, la granja se caracterizó a partir de los datos obtenidos en la encuesta realizada al personal responsable y la inspección de la Unidad Productiva y corresponde a un sistema intensivo con pradera modificada, lo que concuerda con lo descrito para la región central, semiárida de México.

Los cambios observados en la frecuencia de taquicardia y taquipnea pueden estar asociados al manejo realizado durante la medición de las constantes fisiológicas, ya que de manera simultánea se realizó la toma de muestras de sangre y pelo. La alteración de estas variables sin evidencia clínica de enfermedad corresponde a un indicador clave de la adaptación fisiológica al estrés por parte de las cabras (Berihulay *et al.*, 2019).

Las distintas variables hematológicas mostraron variaciones donde destaca que el posparto es uno de los muestreos que concentra la mayor cantidad de diferencias con respecto al resto de los muestreos. Las medias del hematocrito, fibrinógeno se encuentran dentro del rango de referencia, mientras que la media de proteínas totales se encuentra elevada en el empadre (hiperproteïnemia). Es importante mencionar que de manera individual sí se observaron algunos casos de anemia, especialmente en el muestreo de los 150 d. Dentro de las causas de anemia conocidas en cabras se enlistan: parasitismo (*Haemonchus spp.*, *Fasciola spp.*, *Anaplasma ovis*, *Babesia spp.*, así como parásitos externos), traumatismos, infecciones (*Clostridium spp.*, *Leptospira interrogans*) y deficiencias nutricionales (cobre, cobalto) (Ermilio *et al.*, 2011). La anemia en cabras también se puede asociar al periodo de transición, que corresponde a los eventos previos y posteriores al parto donde las hembras se preparan para el alumbramiento, la lactación y ocurre la recuperación posparto. Tharwat *et al.* (2015), describen perfiles hematológicos de cabras durante esta etapa, destacando la presencia de alteraciones como: neutrofilia, monocitopenia, anemia e hiperproteïnemia. De igual forma se describen

alteraciones en otros analitos séricos como: globulinas, calcio, fósforo, AST, GGT, ALP, CK, glucosa, colesterol, estrógenos, progesterona y cortisol. En este estudio, se observó que todos los animales que fueron positivos a 2 ó 3 enfermedades por diagnóstico serológico, presentaron alguna alteración hematológica asociada a inflamación crónica en algún momento del estudio como: hiperfibrinogenemia, leucocitosis, monocitosis, neutropenia, neutrofilia, entre otras.

Estudios previos de leptospirosis en el altiplano mexicano reportan una prevalencia del 37.9%, siendo *Icterohaemorrhagiae* la serovariedad más prevalente con 51.7%, las prevalencias observadas en el presente estudio son mayores a las reportadas (41.43%), sin embargo, coincide con la serovariedad más frecuente. Algunos estudios han demostrado que la leptospirosis en borregos y cabras frecuentemente se asocia con la serovariedad Hardjo, manifestándose como una infección crónica en la que el animal alberga la bacteria en el riñón. Sin embargo, la mortalidad en estas especies se asocia a serovariedades incidentales como Pomona, Ballum, *Icterohaemorrhagiae* y *Grippotyphosa* (Balamurugan *et al.*, 2021). Para el caso de AEC, se reportó una prevalencia para estudios serológicos realizados en caprinos mexicanos del 11% (De la Luz-Armendariz *et al.*, 2021), contrastando notoriamente con la prevalencia observada en el presente estudio (72.09%). En el caso de PTB se reportan prevalencias que van desde 3.7% en Veracruz, 28% en Puebla, en Hidalgo del 25% y en producciones caprinas de tipo familiar en el altiplano potosino del 83.2% (Vega-Manríquez, *et.al.*, 2020), siendo la prevalencia observada en este estudio similar a la reportada en la región y sistema productivo (46.5%).

El conteo de parásitos mediante la técnica de McMaster es una técnica ampliamente conocida para el diagnóstico parasitológico. Se consideran cargas bajas de 0-500 huevos por gramo de heces (hpgh), 501-2000 hpgh es considerada una carga moderada y se dice que es alta cuando es superior a 2000 hpgh. Se menciona que cargas entre el rango de 650-4100 hpgh de *Strongylus* están ligadas a la presencia de *Haemonchus contortus*, se conoce que el principal mecanismo patológico de este parásito es el consumo de sangre, por lo que altas cargas suelen asociarse con anemia (Sahin, *et al.*, 2021). En el presente estudio, se observaron

cargas moderadas en las medias de nemátodos de los muestreos de los 60 d y 150 d, el resto de los muestreos presentaron cargas bajas.

De acuerdo con el protocolo AWIN, se recomienda realizar una evaluación de segundo nivel cuando la evaluación no concuerda con la legislación vigente y al menos uno de los indicadores principales se encuentran alterados en relación con el 5% inferior de la población de referencia, o los animales no se acercan al evaluador dentro de los primeros 300 s después de ingresar al corral (AWIN, 2015). De manera general, los indicadores de salud incluidos en estos protocolos no están dirigidos a considerar la presencia de enfermedades crónicas. A pesar de ello, uno de los indicadores que podría identificar la presencia de PTB y AEC es la presencia de cojeras. Se realizó un estudio en vacas donde se identificó que existe una asociación positiva entre la infección por MAP y la presencia de cojeras en vacas, aunque el mecanismo en el que ocurre esta asociación aún no está descrito (Smith *et al.*, 2019). Otro de los indicadores que podría estar asociado a enfermedades crónicas es la presencia de abscesos, ya que su relación con la ocurrencia de linfadenitis caseosa está ampliamente descrita. Sin embargo, es importante considerar que existen dos presentaciones de la enfermedad y este indicador únicamente se relaciona con la versión externa, donde se observan lesiones en linfonodos subcutáneos palpables y visibles, mientras que en la presentación interna generalmente no existen signos clínicos aparentes (Costa *et al.*, 2020). Se han realizado estudios donde se evalúan los efectos sobre el bienestar del programa de erradicación de enfermedades crónicas donde se consideran PTB, AEC y linfadenitis caseosa bajo la premisa del dolor y sufrimiento que tienen los animales con estos padecimientos. Se describen distintas mejoras en el bienestar cuando la presencia de abscesos y artritis era nula en las granjas sometidas al programa, mientras que también existieron mejoras en los estados mentales y en la relación humano-animal (Muri *et al.*, 2016). Es importante mencionar que dentro de este programa se considera a la eliminación de los animales enfermos, por lo que los resultados positivos se observan a largo plazo.

En el presente estudio, se identificó una relación muy clara entre la presencia de enfermedades y las concentraciones de cortisol, mientras que no se encontró evidencia que el periodo productivo tenga efecto sobre esta variable. Desde 1995 se han publicado estudios donde se identifica el vínculo de AEC y la inmunodeficiencia, así como la interacción de la enfermedad con la nutrición y estresores, caracterizada por causar efectos adversos en los animales (Greenwood, 1995). Por tales razones es que en los años consecutivos se desarrollaron programas de control de la enfermedad, teniendo como ejemplo el caso de Noruega (Nord *et al.*, 1998). También se han realizado estudios dirigidos a entender el proceso inflamatorio presente en esta enfermedad y se observó que algunas Proteínas de Fase Aguda (PFA) como la Haptoglobina (Hp) y el Amiloide Sérico A (ASA) tienen concentraciones significativamente mayores en animales infectados por el LVPR que presentaban signos clínicos asociados a AEC (Czopowicz *et al.*, 2017). Esta información contrasta con otro estudio donde no se observaron diferencias entre las concentraciones de PFA, constantes fisiológicas y algunas conductas (alimentación interacciones, confort, locomoción y abandono) de grupos infectados contra no infectados. Es posible que el periodo en donde se realizó el muestreo de este estudio tenga relación con los resultados de las concentraciones séricas de PFA, ya que estas se observan en inflamación aguda. En este estudio las diferencias descritas corresponden a cambios en la composición láctea y fueron asociados al deterioro de la ubre (Górecka-Bruzda *et al.*, 2019). En el caso de paratuberculosis existen estudios donde se describen cambios conductuales en el ganado bovino, donde se ha identificado que animales infectados modifican sus hábitos de locomoción en el periodo cercano al pico de lactación (Charlton *et al.*, 2019).

Desde 1913, se han encontrado similitudes clínicas de la paratuberculosis animal, la tuberculosis intestinal y la enteritis granulomatosa crónica humana, también conocida como enfermedad de Crohn. Debido a las similitudes con la enfermedad de Johne, durante muchos años se ha buscado una causa micobacteriana de la enfermedad de Crohn (Naser *et al.*, 2004). Aunque se han encontrado MAP en

lesiones intestinales de algunos pacientes con enfermedad de Crohn y borregos con paratuberculosis, hasta la fecha se atribuye a causas multifactoriales (Rocca *et al.*, 2010). En pacientes humanos está estudiada la relación de la inflamación crónica con la depresión, por lo que existen afectaciones en la calidad de vida de los pacientes (Faugere *et al.*, 2018). Uno de los padecimientos más estudiados es la enfermedad inflamatoria intestinal (EII), donde se ha observado que existe una relación entre los síntomas provocados por la EII con ansiedad y depresión, así como los síntomas de la EII y la calidad de vida de los pacientes (Kantidakis *et al.*, 2021). También se ha observado que los pacientes con EII presentan con mayor frecuencia enfermedades psiquiátricas como ansiedad, adicciones, depresión, entre otras (García-Alanis *et al.*, 2021). En pacientes pediátricos también se han realizado estudios de EII, haciendo énfasis en la enfermedad de Crohn, en ellos se identifica la enfermedad como un factor de riesgo para que se afecte la calidad de vida, el funcionamiento social y exista diestrés (Touma *et al.*, 2021). En veterinaria, los estudios conductuales se han realizado mayormente en modelos murinos, pero se han realizado hallazgos que atribuyen la conducta de los animales como un reflejo de los procesos fisiológicos ocurridos en el cerebro y se conoce que algunas sustancias proinflamatorias como las citocinas presentes en distintas enfermedades, tienen la capacidad de modificar la conducta, favoreciendo el aislamiento, la apatía y disminuyendo el comportamiento sexual. Por otro lado, también se ha observado una disminución en las conductas de alimentación que pueden tener una asociación con el sistema inmune, o bien, con la percepción del dolor durante la enfermedad. De igual forma se ha descrito cómo los animales enfermos disminuyen las conductas exploratorias, mientras que se ha identificado la relación de las citocinas con menores periodos de descanso y menor tiempo de sueño profundo (Orihuela *et al.*, 2011). En este sentido, es que se han identificado implicaciones potenciales de la enfermedad sobre el bienestar animal y se han identificado algunas como: dolor, sufrimiento, miedo, diestrés, malestar físico, descanso reducido, debilidad, incomodidad térmica, hambre, sed y limitación de las capacidades físicas. Estos estados mentales se identifican como negativos y son

indeseables en animales sanos, por lo que su presentación implica la pérdida del bienestar (Cockram *et al.*, 2021). En cabras se han realizado pocos estudios del comportamiento de enfermedad, pero con hallazgos relevantes. En un estudio se identificó la presencia de conductas asociadas al comportamiento de enfermedad en cabras a las que se les administró lipopolisacárido (LPS) para simular una infección bacteriana (Takeuchi *et al.*, 1995). Este mismo grupo de investigación determinó que la administración de LPS puede provocar una respuesta febril, neuroendocrina y metabólica, así como la activación del sistema inmunológico de las cabras (Takeuchi *et al.*, 1997a). Mientras que, en otro estudio dirigido a evaluar la fisiología reproductiva, se concluyó que las alteraciones inmunológicas provocadas por la administración de LPS afecta directamente el generador de pulsos hipotalámicos de GnRH al ralentizar el pulso la liberación y a su vez disminuyendo la secreción de gonadotropinas en la glándula pituitaria anterior, culminando en supresión gonadal (Takeuchi *et al.*, 1997b). Otra investigación estudió la relación de la administración de *Staphylococcus aureus* con la respuesta febril y el comportamiento de enfermedad, se observó que no produjo una respuesta febril similar a la de las fiebres naturales sostenidas, ni las respuestas conductuales y concentraciones de cortisol observadas en estudios recientes (Mphalene *et al.*, 2004). En otro estudio más reciente se identificó que la administración de LPS tiene relación con el aumento de las concentraciones de cortisol en saliva y plasma de cabras, además también se identificaron elevaciones estadísticamente significativas de la frecuencia cardiaca y respiratoria de estos animales (Singh *et al.*, 2018). Se ha estudiado también el efecto de enfermedades virales como fiebre aftosa y AEC, destacando que en los estudios realizados no se han encontrado diferencias conductuales (Wolf *et al.*, 2020., Górecka, 2019). Estos hallazgos permiten evidenciar la dificultad de relacionar la presencia de enfermedades crónicas y las evaluaciones de bienestar, también se evidencia la dificultad de identificar animales enfermos por parte del personal encargado del cuidado de los animales, lo que facilita la distribución de estas enfermedades en los rebaños.

Una relación muy importante es la de dolor y el bienestar animal. Si bien se ha mencionado la capacidad de las citocinas de desarrollar cambios conductuales cuando existe el proceso de enfermedad, de manera simultánea estas sustancias son capaces de inducir el dolor, o bien vías de señalización que derivan en la sensación de dolor. En Estados Unidos, se realizó un estudio dirigido a identificar las prácticas en favor de la salud y bienestar realizadas en producciones de leche caprina. Se estableció que en la mayoría de las unidades productivas no se empleaban prácticas dirigidas a mitigar el dolor en los animales cuando se realizaban prácticas como: desbotone, descorne y castración, por lo que se identificó como un área de oportunidad para mejorar la producción caprina a la par de la implementación de programas de erradicación de enfermedades como AEC y Linfadenitis Caseosa para mejorar el bienestar (Hempstead *et al.*, 2021).

Conclusiones.

Se concluye que las cabras de genotipo lechero con mayor número de enfermedades crónicas presentan mayores concentraciones de cortisol, independientemente de la etapa productiva. Sin embargo, en los resultados obtenidos protocolo AWIN, se observaron niveles desables de bienestar respecto a la población de referencia. Se identificó que este protocolo podría no considerar algunas situaciones que causan estrés y dolor a los animales como las enfermedades crónicas, por lo que sería deseable complementar algunos indicadores que permitan mejorar las condiciones de salud de las cabras y por lo tanto de bienestar. El incremento de concentraciones de cortisol en pelo se asocia a mayor estrés crónico, sin embargo, también podría relacionarse con la presencia de dolor y enfermedad, por lo que es necesario ampliar los estudios de estas condiciones para determinar con mayor certeza el estímulo que origina una mayor circulación de cortisol.

Literatura citada

Alcalá Y, Figueroa J. (2019). Diagnóstico de parásitos de interés en Medicina Veterinaria. México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp 82-84.

AWIN. *AWIN Welfare Assessment Protocol for Goats*; AWIN: Milan, Italy, 2015.

Balamurugan, V., Alamuri, A., Kumar, K. V., Varghese, B., Govindaraj, G., Hemadri, D., & Roy, P. (2021). Prevalence of anti-leptospiral antibodies and frequency distribution of *Leptospira* serovars in small ruminants in enzootic South Peninsular India. *Veterinary World*, 14(8), 2023.

Bayazit, V. (2009). Evaluation of cortisol and stress in captive animals. *Aust J Basic Appl Sci*, 3, 1022-31.

Berihulay, H., Abied, A., He, X., Jiang, L., & Ma, Y. (2019). Adaptation mechanisms of small ruminants to environmental heat stress. *Animals*, 9(3), 75.

Blokhuis, H. (2008). International cooperation in animal welfare: the Welfare Quality® project. *Acta veterinaria scandinavica*, 50(1), 1-5.

Botreau, R., Veissier, I. y Perny, P. (2009). Overall assessment of animal welfare: strategy adopted in Welfare Quality®. *Animal Welfare*, 18(4), 363-370.

Broom D. (2006) Behaviour and welfare in relation to pathology. *Applied Animal Behaviour Science*. 1;97(1):73-83.

Broom D. (2010) Welfare of animals: Behavior as a basis for decisions. In: Breed MD, Moore JBT (eds) *Encyclopedia of Animal Behavior*. Academic Press, Oxford, pp 580–584

Broom D. (2011) Animal Welfare: Concepts, Study Methods and Indicators. *Rev Colom Cienc Pec.*; 24(3),306-321.

Broom, D. (2010). Cognitive ability and awareness in domestic animals and decisions about obligations to animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 126(1-2), 1-11.

Brotto, K., Giacobini, M., y Bertolotti, L. (2021). Caprine Arthritis Encephalitis Virus Disease Modelling Review. *Animals*, 11(5), 1457.

Buczinski, S., Arsenault, J., Kostoulas, P., Corbière, F., Fecteau, G. y Dendukuri, N. (2019). Accuracy of paratuberculosis diagnostic tests in small ruminants: protocol for a systematic review and meta-analysis. *Animal Health Research Reviews*, 20(1), 98-102.

- Burnett, T., Madureira, A., Silper, B., Nadalin, A., Tahmasbi, A., Veira, D. y Cerri, R. (2014). Factors affecting hair cortisol concentrations in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(12), 7685-7690.
- Canali, E., Minero, M., Mattiello, S., Barbieri, S., Ferrante, V., Estevez, I y Battini, M. (2016). Animal welfare assessment through smartphone applications: challenges and opportunities. In OIE Global Conference on Animal Welfare.
- Caroprese M, Napolitano F, Mattiello S, *et al.* (2016). On-farm welfare monitoring of small ruminants. *Small Rumin Res*, 135, 20-25.
- Charlton, G. L., Bleach, E. C., Rutter, S. M. (2019). Cows with paratuberculosis (Johne's disease) alter their lying behavior around peak lactation. *Journal of dairy science*, 102(12), 11328-11336.
- Cockcroft, P. y Jackson, P. (2004). Clinical examination of the abdomen in adult cattle. *In Practice*, 26(6), 304-317.
- Cockram, M. S. y Hughes, B. O. (2018). Health and disease. *Animal welfare*, (Ed. 3), 141-159.
- COFOCALEC. (2017). NMX-F-728- COFOCALEC-2017.
- Comin, A., Peric, T., Corazzin, M., Veronesi, M. C., Meloni, T., Zufferli, V., Prandi, A. (2013). Hair cortisol as a marker of hypothalamic-pituitary-adrenal axis activation in Friesian dairy cows clinically or physiologically compromised. *Livestock Science*, 152(1), 36-41.
- Correa-Valencia, N., Moyano, R., Hernández-Agudelo, M. y Fernández-Silva, J. (2021). *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis (MAP) molecular diversity in cattle, sheep, and goats from Latin America and the Caribbean: a systematic review. *Tropical Animal Health and Production*, 53(5), 1-11.
- Costa, L., Huerta, B., Galán-Relaño, Á., Gómez-Gascón, L., Almeida, A., Viegas, I., Maldonado, A. (2020). Utility assessment of an Enzyme-linked immunosorbent assay for detection of subclinical cases of caseous lymphadenitis in small ruminant flocks. *Veterinary Medicine and Science*, 6(4), 796-803.
- Czopowicz, M., Szaluś-Jordanow, O., Mickiewicz, M., Witkowski, L., Markowska-Daniel, I., Stefaniak, T., Kaba, J. (2017). Acute-phase proteins in pregnant goats: a longitudinal study. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 29(6), 814-819.
- Davenport, M., Tiefenbacher, S., Lutz, C., Novak, M., y Meyer, J. (2006). Analysis of endogenous cortisol concentrations in the hair of rhesus macaques. *General and comparative endocrinology*, 147(3), 255-261.
- De la Luz-Armendáriz, J., Ducoing-Watty, A. E., Ramírez-Mendoza, H., Gómez-Núñez, L., Tufiño-Loza, C., Cabrera-Domínguez, E. M., Díaz-Aparicio y Rivera-

- Benítez, J. F. (2021). Prevalence, molecular detection, and pathological characterization of small ruminant lentiviruses in goats from Mexico. *Small Ruminant Research*, 202, 106474.
- Dulude-de Broin, F., Cote, S., Whiteside, D., y Mastromonaco, G. (2019). Faecal metabolites and hair cortisol as biological markers of HPA-axis activity in the Rocky Mountain goat. *General and Comparative Endocrinology*, 280, 147-157.
- Elsohaby, I., Fayez, M., Alkafafy, M., Refaat, M., Al-Marri, T., Alaql, F. y Elmoslemayn, A. (2021). Serological and Molecular Characterization of *Mycobacterium avium* Subsp. paratuberculosis (MAP) from Sheep, Goats, Cattle and Camels in the Eastern Province, Saudi Arabia. *Animals*, 11(2), 323.
- Endo, N., Yamane, H., Rahayu, L. P. y Tanaka, T. (2018). Effect of repeated adrenocorticotrophic hormone administration on reproductive function and hair cortisol concentration during the estrous cycle in goats. *General and comparative endocrinology*, 259, 207-212.
- Ermilio, E., y Smith, M. (2011). Treatment of emergency conditions in sheep and goats. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 27(1), 33-45.
- Eroksuz, Y., Timurkan, M. O., Karabulut, B., Incili, C. A., Baydar, E., Cevik, A. y Eroksuz, H. (2022). Clinical, pathological, and molecular findings in caprine arthritis–encephalitis virus infection in Damascus goats. *Acta Veterinaria-Beograd*, 72(3), 324-333.
- Faugere, M., Micoulaud-Franchi, J., Faget-Agius, C., Lancon, C., Cermolacce, M., Richieri, R. (2018). Quality of life is associated with chronic inflammation in depression: A cross-sectional study. *Journal of Affective Disorders*, 227, 494-497.
- Fernandes, J., Hemsworth, P., Coleman, G. y Tilbrook, A. (2021). Costs and benefits of improving farm animal welfare. *Agriculture*, 11(2), 104.
- Fernández-Silva, J. A., Correa-Valencia, N. M. y Ramírez, N. F. (2014). Systematic review of the prevalence of paratuberculosis in cattle, sheep, and goats in Latin America and the Caribbean. *Tropical animal health and production*, 46(8), 1321-1340.
- García-Alanís, M., Quiroz-Casian, L., Castañeda-González, H., Arguelles-Castro, P., Toapanta-Yanchapaxi, L., Chiquete-Anaya, E., Yamamoto-Furusho, J. (2021). Prevalence of mental disorder and impact on quality of life in inflammatory bowel disease. *Gastroenterología Y Hepatología*, 44(3), 206-213.
- Gaytán-Camarillo, F., Rico-Chávez, O., Palomares-Resendiz, E. G., Gutiérrez-Hernández, J. L., Díaz-Aparicio, E. y Herrera-López, E. (2021). Spatial autocorrelation and co-occurrence of six serovarieties of *Leptospira* in goat herds of the State of Guanajuato, Mexico. *Brazilian Journal of Microbiology*, 52(2), 953-960.

- Górecka-Bruzda, A., Reczyńska, D., Jastrzębska, E., Barłowska, K., Bagnicka, E. (2019). Behavioral and physiological measures in dairy goats with and without small ruminant lentivirus infection. *Journal of veterinary behavior*, 31, 67-73.
- Greenwood, P. (1995). Effects of caprine arthritis-encephalitis virus on productivity and health of dairy goats in New South Wales, Australia. *Preventive Veterinary Medicine*, 22(1-2), 71-87.
- Haji, M., Rezaei, S., Ghadrdan, A., y Ghorbanpoor, M. (2022). The role of small ruminants in the epidemiology of leptospirosis. *Scientific Reports*, 12(1), 1-7.
- Heimbürge, S., Kanitz, E., y Otten, W. (2019). The use of hair cortisol for the assessment of stress in animals. *General and Comparative Endocrinology*, 270, 10-17.
- Hemati, Z., Meletis, E., Derakhshandeh, A., Haghkhah, M., Kostoulas, P., Singh, S. V. y Gupta, S. (2022). Application of Bayesian modeling for diagnostic assays of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis in sheep and goats flocks. *BMC Veterinary Research*, 18(1), 1-9.
- Hempstead, M., Lindquist, T., Shearer, J., Shearer, L. y Plummer, P. (2021). Health and welfare survey of 30 dairy goat farms in the midwestern United States. *Animals*, 11(7), 2007.
- Horgan, R. (2007) Legislación de la UE sobre bienestar animal: situación actual y perspectivas. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria, (VIII)12B,1695-7504
- Jackson, P. y Cockcroft, P. (2008). *Clinical examination of farm animals*. John Wiley & Sons.
- Kannan, G., Terrill, T., Kouakou, B., Gazal, O., Gelaye, S., Amoah, E., y Samake, S. (2000). Transportation of goats: effects on physiological stress responses and live weight loss. *Journal of Animal Science*, 78(6), 1450-1457.
- Kantidakis, J., Moulding, R., Knowles, S. (2021). Psychological mediators of psychological distress and quality of life in inflammatory bowel disease. *Journal of Psychosomatic Research*, 149, 110596.
- Karthik, K. y Prabhu, M. (2021). Bacterial diseases of goat and its preventive measures. In *Goat Science-Environment, Health and Economy*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.97434
- Macbeth, B., Cattet, M., Stenhouse, G., Gibeau, M. y Janz, D. (2010). Hair cortisol concentration as a noninvasive measure of long-term stress in free-ranging grizzly bears (*Ursus arctos*): considerations with implications for other wildlife. *Canadian Journal of Zoology*, 88(10), 935-949.
- Martins, G. y Lilenbaum, W. (2014). Leptospirosis in sheep and goats under tropical conditions. *Tropical animal health and production*, 46(1), 11-17.

- Mellor, D., Beausoleil, N., Littlewood, K., McLean, A., McGreevy, P., Jones, B y Wilkins, C. (2020). The 2020 five domains model: including human–animal interactions in assessments of animal welfare. *Animals*, 10(10), 1870.
- Mench, J. (1998). Thirty years after Brambell: whither animal welfare science? *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 1(2), 91-102.
- Miranda-de la Lama, G. y Mattiello, S. (2010). The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming. *Small Ruminant Research*, 90(1-3), 1-1
- Moroz, A., Czopowicz, M., Sobczak-Filipiak, M., Dolka, I., Rzewuska, M., Kizerwetter-Świda, M., y Kaba, J. (2022). The Prevalence of Histopathological Features of Pneumonia in Goats with Symptomatic Caprine Arthritis-Encephalitis. *Pathogens*, 11(6), 629.
- Mphahlele, N., Fuller, A., Roth, J., y Kamerman, P. (2004). Body temperature, behavior, and plasma cortisol changes induced by chronic infusion of *Staphylococcus aureus* in goats. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 287(4), R863-R869.
- Muri, K., Leine, N., & Valle, P. S. (2016). Welfare effects of a disease eradication programme for dairy goats. *Animal*, 10(2), 333-341.
- Nájera-Rivera H, Rodríguez-Cortez A, Anaya-Santillán M, Díaz-Aparicio E, Ramos-Rodríguez A, Siliceo-Cantero I, Vázquez-Franco N, Nieto-Patlán E, De Las Peñas A, Valdés-Vázquez L, and Cobos-Marín L (2023) Multiplex assay for the simultaneous detection of antibodies against small ruminant lentivirus, *Mycobacterium avium* subsp. Paratuberculosis, and *Brucella melitensis* in goats, *Veterinary World*, 16(4): 704–710.
- Naser, S. A., Ghobrial, G., Romero, C., & Valentine, J. F. (2004). Culture of *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis from the blood of patients with Crohn's disease. *The Lancet*, 364(9439), 1039-1044.
- Nejad, J., Kim, B., Lee, B., y Sung, K. (2017). Coat and hair color: hair cortisol and serotonin levels in lactating Holstein cows under heat stress conditions. *Animal Science Journal*, 88(1), 190-194.
- Nejad, J., Lee, B., Kim, J., Kim, B., Chemere, B., Park, K. y Sung, K. (2019). Comparing hair cortisol concentrations from various body sites and serum cortisol in Holstein lactating cows and heifers during thermal comfort zone. *Journal of Veterinary Behavior*, 30, 92-95.
- Nord, K., Løken, T., & Orten, Å. (1998). Control of caprine arthritis–encephalitis virus infection in three Norwegian goat herds. *Small Ruminant Research*, 28(2), 109-114.

- OMSA. (2019). Introduction to the recommendations for animal welfare. *Terr. Anim. Heal. Code*, 1, 1-4.
- OMSA. Leptospirosis. En *Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals*; OIE: Paris, Francia, 2022; pp. 1–13.
- Orihuela, A., Aguirre-Flores, V., Vázquez-Rosales, R., Betancourt-Alonso, M. y Flores-Pérez, F. (2011). Biological bases of the behaviour of a sick animal. *Universidad y ciencia*, 27(1), 113-119.
- Palomares Reséndiz, G., Aguilar Romero, F., Flores Pérez, C., Gómez Núñez, L., Gutiérrez Hernández, J., Herrera López, E. y Díaz Aparicio, E. (2021). Important infectious diseases in goat production in Mexico: history, challenges and outlook. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12, 205-223.
- Pas, T., Oldfield, J. y Boyd, L. (1998). Reducing handling stress improves both productivity and welfare. *The professional Animal scientist*, 14(1), 1-10.
- Paul, B., Hashi, H., Burhannuddin, N., Chung, E. Jesse, F., Lila, M. y Norsidin, M. (2021). Further insights into caprine arthritis encephalitis (CAE): The current status of seroprevalence among small ruminants in two selected States of Peninsular Malaysia. *Tropical life sciences research*, 32(2), 83.
- Pugh, D., Baird, N., Edmondson, M., y Passler, T. (2020). *Sheep, goat, and cervid medicine-E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Quiroz G, Jardón H., *et al.*, (2010). Manual de Prácticas de Patología Clínica Veterinaria. México DF. FMVZ-UNAM.
- Raul, J. S., Cirimele, V., Ludes, B., & Kintz, P. (2004). Detection of physiological concentrations of cortisol and cortisone in human hair. *Clinical biochemistry*, 37(12), 1105-1111.
- Rocca, S., Cubeddu, T., Nieddu, A., Pirino, S., Appino, S., Antuofermo, E., y Leoni, A. (2010). Detection of Mycobacterium avium spp. paratuberculosis (Map) in samples of sheep paratuberculosis (Johne's disease or JD) and human Crohn's disease (CD) using liquid phase RT-PCR, in situ RT-PCR and immunohistochemistry. *Small Ruminant Research*, 88(2-3), 126-134
- Rojas, H., Stuardo, L. y Benavides, D. (2005). Políticas y prácticas de bienestar animal en los países de América: estudio preliminar. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz*, 24(2), 549-565.
- SAGARPA. (1995) NOM-031-ZOO-1995.
- SAGARPA. (1995) NOM-041-ZOO-1995.

- Şahin, Ö., Aytakin, İ., Boztepe, S., Keskin, İ., Karabacak, A., Altay, Y., Bayraktar, M. (2021). Relationships between FAMACHA© scores and parasite incidence in sheep and goats. *Tropical animal health and production*, 53(2), 331.
- Salaberger, T., Millard, M., El Makarem, S., Möstl, E., Grünberger, V., Krametter-Frötscher, R. y Palme, R. (2016). Influence of external factors on hair cortisol concentrations. *General and Comparative Endocrinology*, 233, 73-78.
- Sanmiguel, R., Plazas, F., Trujillo, D., Pérez, M., Penuela, L., y DiGiacinto, A. (2018). Requirements for the measurement of invasive and non-invasive stress indicators in animal production. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú (RIVEP)*, 29(1), 15-30.
- Santurtún, E., Tapia, G., González-Rebeles, C. y Galindo, F. (2012). Actitudes y percepciones de consumidores en la Ciudad de México, hacia atributos de la producción sustentable de alimentos de origen animal. *Veterinaria México*, 43(2), 87-101.
- Singh, S., Natesan, R., Sharma, N., Singh, M., y Rahal, A. (2018). Lipopolysaccharide exposure modifies salivary and circulating level of cortisol in goats. *Small Ruminant Research*, 162, 30-33.
- Smith, J., y van Winden, S. (2019). Risk of lameness in dairy cows with paratuberculosis infection. *Animals*, 9(6), 339.
- Spigarelli, C., Zuliani, A., Battini, M., Mattiello, S. y Bovolenta, S. (2020). Welfare assessment on pasture: A review on animal-based measures for ruminants. *Animals*, 10(4), 609.
- Tajonar, K., López Díaz, C. A., Sánchez Ibarra, L. E., Chay-Canul, A. J., Gonzalez-Ronquillo, M., y Vargas-Bello-Pérez, E. (2022). A Brief Update on the Challenges and Prospects for Goat Production in Mexico. *Animals*, 12(7), 837.
- Tajonar, K., López Díaz, C., Sánchez, L., Chay-Canul, A., Gonzalez-Ronquillo, M. y Vargas-Bello-Pérez, E. (2022). A Brief Update on the Challenges and Prospects for Goat Production in Mexico. *Animals*, 12(7), 837.
- Takeuchi, Y., Kikusui, T. y Mori, Y. (1995). Changes in the behavioral parameters following the lipopolysaccharide administration in goats. *Journal of Veterinary Medical Science*, 57(6), 1041-1044.
- Takeuchi, Y., Nagabukuro, H., Kizumi, O., & Mori, Y. (1997 b). Lipopolysaccharide-induced suppression of the hypothalamic gonadotropin-releasing hormone pulse generator in ovariectomized goats. *Journal of veterinary medical science*, 59(2), 93-96.
- Takeuchi, Y., Nagabukuro, H., Kizumi, O., Mori, Y. (1997 a). Lipopolysaccharide-induced suppression of the hypothalamic gonadotropin-releasing hormone pulse

generator in ovariectomized goats. *Journal of veterinary medical science*, 59(2), 93-96.

Tharwat, M., Ali, A., & Al-Sobayil, F. (2015). Hematological and biochemical profiles in goats during the transition period. *Comparative Clinical Pathology*, 24(1), 1-7.

Touma, N., Varay, C., Baeza-Velasco, C. (2021). Determinants of quality of life and psychosocial adjustment to pediatric inflammatory bowel disease: a systematic review focused on Crohn's disease. *Journal of Psychosomatic Research*, 142, 110354.

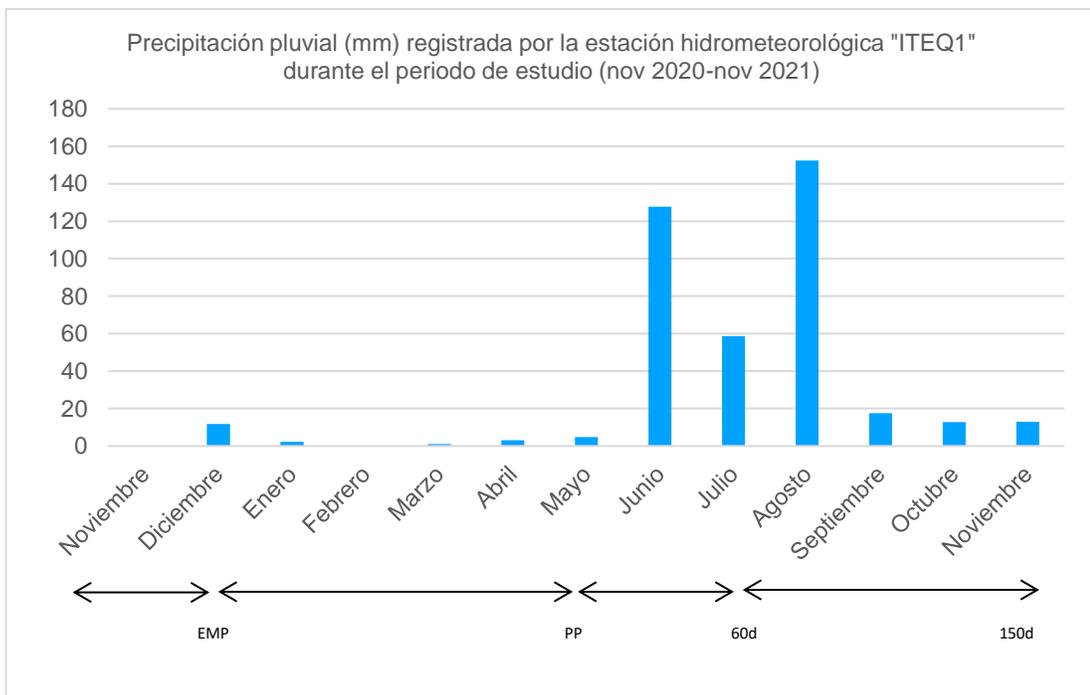
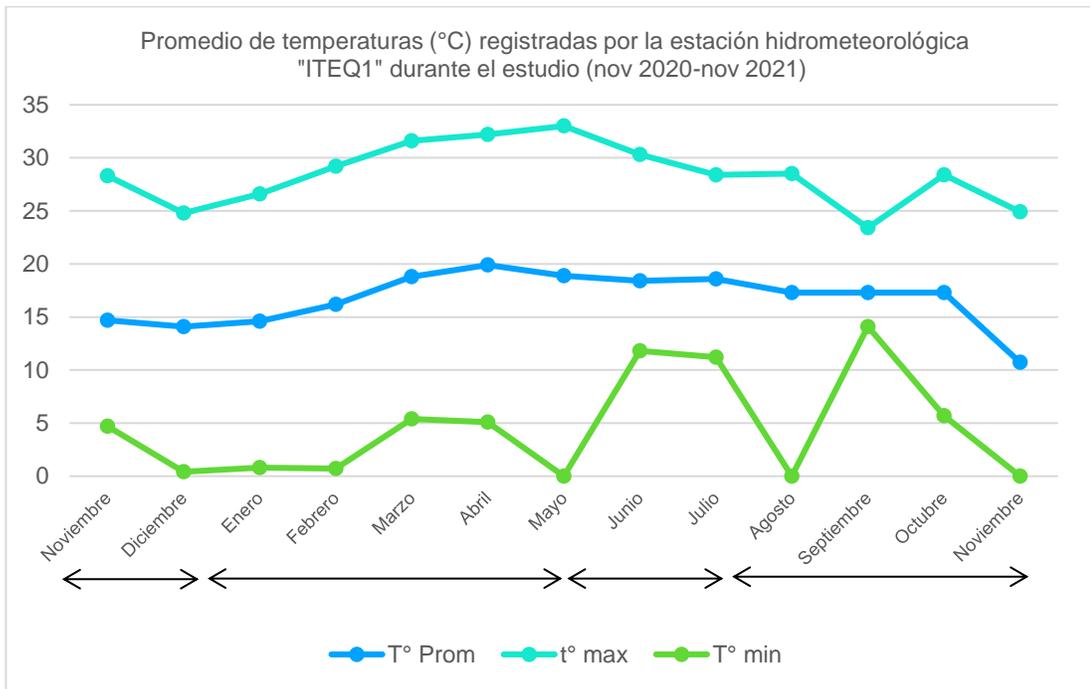
Vaarst, M. y Alrøe, H. F. (2012). Concepts of animal health and welfare in organic livestock systems. *Journal of agricultural and environmental ethics*, 25(3), 333-347.

Vega-Manriquez, D., Lara-García, L., Sosa-Martínez, L., Morón-Cedillo, F., Castellón-Ahumada, V., Maldonado-Castro, E. y Chávez-Gris, G. (2020). Detección serológica de paratuberculosis en producciones familiares de bovinos y caprinos del altiplano potosino, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 7(2).

Vesel, U., Pavič, T., Ježek, J., Snoj, T., & Starič, J. (2020). Welfare assessment in dairy cows using hair cortisol as a part of monitoring protocols. *Journal of Dairy Research*, 87(S1), 72-78.

Wolf, T., Lazarus, D., Opperman, P., Heath, L., Ganswindt, A., Fosgate, G. (2020). Impact of foot-and-mouth-disease on goat behaviour after experimental infection with serotype SAT1 virus. *Preventive veterinary medicine*, 176, 104912.

Anexo 1. Registro histórico de temperaturas y precipitación pluvial observadas en la estación meteorológica "ITEQ1" durante el periodo de estudio (nov 2020-nov 2021).



Anexo 2. Examen Físico General.

Anexo 2. Comparación de medias de las variables del Examen Físico General en cabras lecheras en diferentes etapas productivas.

Variable	Empadre	Posparto	60d	150d	P
Frecuencia cardiaca (lpm)	83.813 ± 2.11	88.465 ± 2,04	87.534 ± 1.09	83.609 ± 0.787	0.0735
Frecuencia respiratoria (rpm)	23.069 ± 0.80	24.279 ± 0.47	23.953 ± 0.60	23.317 ± 0.481	0.4707
Movimientos ruminales (mr/3 min)	2.186 ± 0.10	2.255 ± 0.07	2.209 0.08	2.292 ± 0.71	0.7947
Temperatura corporal (°C)	36.816 ± 0.07 a	37.148 ± 0.07 b	36.965 ± 0.07 ab	32.279 ± 2.897 ab	0.0187
Condición corporal (1-3)	1.744 ± 0.08 a	1.883 ± 0.07 b	1.976 ± 0.10 ab	1.883 ± 0.07 d	<0.0001

- Los datos se presentan como medias ± EEM -a y b: las medias con literales diferentes en la misma fila presentan diferencias estadísticas significativas entre etapas productivas ($P \leq 0.05$)

Anexo 3. Resultados de la evaluación de bienestar mediante la App AWINGoat.

