



**BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE PUEBLA**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA**

**TITULO DE LA TESIS: Cambios en el metabolismo
de bovinos criollos mixtecos bajo condiciones de
estrés.**

**Tesis profesional para obtener el título de médico
veterinario y zootecnista.**

Presenta:

Eloan Gracia Téllez

DIRECTOR DE TESIS: Dr. Néstor Méndez Palacios.

asesores: MPA. Netzi Naidi Méndez Palacios

MC. Felicitas Vázquez Flores

FECHA: enero de 2024

INDICE

I) RESUMEN	1
II) INTRODUCCIÓN	2
III) ANTECEDENTES	3
Bovinos Criollos Mixtecos	3
Fisiología en el estrés	3
Efecto endocrino del estrés calórico	4
El agua	4
Requerimientos de agua y los niveles de ingesta en el ganado	4
Factores climáticos de mayor relevancia	5
Temperatura ambiental	5
Humedad relativa	6
Índice Temperatura Humedad (ITH)	7
Química sanguínea	7
Glucosa	7
Creatinina	8
Colesterol total	8
Urea	9
Proteínas totales	9
Albumina	10
Transaminasa glutamica piruvica (gpt- alt)	10
Fosfatasa alcalina	10
Bilirrubina total y directa	11
IV) FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
V) JUSTIFICACIÓN	12
VI) OBJETIVOS	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
VII) HIPOTESIS.	13
VIII) MATERIAL Y MÉTODOS	14
Muestreo	14

Índice de Temperatura-Humedad	14
Química sanguínea.....	15
Análisis estadístico	15
IX) RESULTADOS	16
X) DISCUSIÓN.....	19
XI) CONCLUSIÓN	21
XII) BIBLIOGRAFIA	22

I) RESUMEN

En este proyecto se evaluarán los cambios metabólicos del estrés calórico e hídrico en el bovino criollo de la mixteca mediante química sanguínea, para ello se utilizaron bovinos criollos de la Mixteca poblana, localizados en el municipio de Atexcal, que se encuentra en la parte sur del estado de Puebla. Se utilizaron 28 bovinos criollos mixtecos, 7 machos y 21 hembras, se midió la temperatura rectal y se tomarán dos muestras de sangre; una en época de sequía (abril) y otra en época de lluvia (Julio). Se realizó una química sanguínea con la que se determinaron las concentraciones de: Glucosa, Creatinina, Ácido Úrico, Colesterol y Proteínas Totales. Los datos de la temperatura y humedad relativa se obtuvieron por medio del servicio meteorológico de la Comisión Nacional del Agua (CNA), Puebla, con estos datos se realizaron los cálculos para obtener el Índice de Temperatura Humedad. Las concentraciones de colesterol (abril 135.68mg/dL y 87.82mg/dL para el mes de julio) y de proteínas totales (abril 7.32g/dL y 6.51g/dL para el mes de julio) resultaron afectadas por la época ($P < 0.05$), suponiendo un aumento para el mes de abril. Los resultados ponen en evidencia las variaciones que se pueden presentar por las diferencias genotípicas, manejo nutricional e hídrico que normalmente no se realizan en sistemas de producción intensivos.

II) INTRODUCCIÓN

El bovino criollo mexicano desciende de varias razas de bovinos de origen español, que llegaron a partir de 1521 y que durante muchos años se adaptaron, reprodujeron y fueron seleccionados naturalmente. Los bovinos criollos mixtecos han sido aislados a condiciones climáticas, alimenticias e hídricas desfavorables. En la Mixteca, la escasez de agua y de alimento que cubra los requerimientos básicos nutricionales es baja. El estrés es la suma de reacciones biológicas frente a diferentes estímulos que alteran la homeostasis, pueden tener efecto positivo (creando una respuesta del organismo hacia la alteración) o negativo (desarrollando una patología), el medio ambiente hostil es una de las causas más comunes de estas alteraciones fisiológicas. Por otro lado, el metabolismo permite a las células mantener su integridad, defenderse de agentes externos, reparar daños, controlar y regular funciones. Una de las formas de conocer las alteraciones en el organismo es mediante la evaluación de algunos indicadores metabólicos (Richards 1973, Yousef 1985), como la química sanguínea que es una serie de pruebas a nivel sanguíneo que suministra información al médico veterinario acerca de las condiciones fisiológicas y patológicas en el organismo, como desnutrición, deshidratación, estado reproductivo, etc.

También se debe considerar el estrés por lluvias porque el exceso provocará potreros encharcados y llenos de lodo que dificultan la movilidad para conseguir el alimento; pasto o forraje con contenidos de humedad más altos de lo normal, con bajo contenido de materia seca y bajo contenido nutricional, ocasionando una tasa de pasaje muy alta y al contener menos fibra, se presentan problemas de pica (alotrofagia o malacia), ya que los bajos contenidos de fibra, sodio, calcio o fósforo son factores predisponentes a la aparición de la alotrofagia (Khalifa 2003). Estas modificaciones al ambiente y por ende a la fisiología animal, van a hacer que los animales entren en estrés de manera constante. Este trabajo tiene como objetivo evaluar los cambios en el metabolismo del bovino criollo mixteco ante estrés hídrico y térmico. Al evaluar los cambios en el metabolismo de los bovinos criollos mixtecos podremos determinar parte de la resistencia que se les atribuye por ser una raza local bien adaptada.

III) ANTECEDENTES

Bovinos Criollos Mixtecos

En México existe una región llamada "Mixteca" que comprende parte de los estados de Oaxaca, Puebla y Guerrero; fisiográficamente se caracteriza por ser zona montañosa y semidesértica, en ella se cría un eco tipo de bovino Criollo adaptado a las condiciones ecológicas de esta región, se denomina "bovino Criollo Mixteco". Este se cría bajo sistemas de producción primitivos y es cuidado por gente marginada y pobre, por lo que adquiere gran importancia económica y social para esta región considerada de alta marginación. La falta de programas de conservación, la absorción o encaste con otras razas y el desplazamiento por otras razas "mejoradas", hacen, sin duda alguna, que este importante recurso genético animal, se encuentre en riesgo de extinción. Por ese motivo urge establecer programas de preservación y rescate basados en estudios que garanticen la continuidad de esta población (Serrano, 2004).

Fisiología en el estrés

La temperatura rectal de un bovino en condiciones normales es de 38 a 39°C cuando el índice de temperatura humedad es menor a 72, en condiciones de estrés térmico la temperatura rectal de las vacas puede llegar a 41.5 °C, pero en el centro del cuerpo alcanza los 44.5 °C. Una temperatura rectal de 42 a 44°C puede ser letal, ya que las proteínas se desnaturalizan (coagulación térmica) se presenta la inactivación enzimática, el suministro de oxígeno es inadecuado y afecta la estructura de la membrana celular (Moberg y Mench, 2000).

Existen tres estadios de respuesta del animal frente a estresores no específicos: una fase de alarma, donde hay un incremento hormonal seguido de una fase de resistencia, el animal deprime sus niveles hormonales y baja su tasa de crecimiento, producción de leche y afecta negativamente la eficiencia reproductiva, de continuar el estrés el animal puede llegar a adaptarse o de caso contrario, arriba una fase de agotamiento y puede llegar a morir. Las temperaturas ambientales altas pueden ocasionar aumentos en la temperatura corporal, inducir la sudoración, disminución del pH sanguíneo, aumenta el

cortisol, hay pérdida de agua y electrolitos, incrementan la tasa respiratoria y deprimen la actividad metabólica (Moberg y Mench, 2000).

Efecto endocrino del estrés calórico.

Muchas glándulas endocrinas responden a diversos grados de estrés ambiental, siendo las glándulas hipófisis, suprarrenales (corteza y médula) y tiroides, las más activas en la adaptación. El eje hipotálamo hipófisis adrenal está notablemente influenciado por la temperatura y la humedad relativa, así como también las concentraciones de cortisol y el aumento de producción de glucocorticoides, que causa inmunodepresión del sistema inmunológico (Sánchez, 2007). También existe una estrecha asociación de las hormonas calorigénicas (la tiroxina T4 y la triyodotironina (T3)) así como la hormona de crecimiento (GH) y los glucocorticoides con la tasa metabólica de los mamíferos, lo que ocasiona una reducción en el consumo de energía relacionada directamente con la disminución del consumo de alimento. Así también la síntesis de PGF2alfa y B-endorfinas que pueden interrumpir la preñez (Sánchez, 2007).

El agua

El ganado necesita tener acceso a un suministro adecuado de agua limpia en todo momento y no deberían tener que viajar largas distancias para lograr el consumo de agua. El agua es un nutriente esencial requerido para una amplia variedad de funciones corporales en el organismo, es necesario para la regulación de la temperatura corporal, el crecimiento, la reproducción, la lactancia, la digestión, el uso de otros nutrientes, mantenimiento del equilibrio de los minerales, regulación del pH y de los fluidos corporales, la eliminación de residuos, la lubricación de las articulaciones, amortiguación sistema nervioso, el oído y la vista (Banegas, 2009).

Requerimientos de agua y los niveles de ingesta en el ganado

El consumo depende de un gran número de factores, incluyendo la temperatura del aire, nivel de humedad, temperatura del agua, la producción de leche, estado de gestación, la actividad física, la tasa de crecimiento, el tamaño animal, raza, el tipo de dieta, nivel de humedad en la dieta, el consumo de sal y la ingesta de materia seca. Las dietas altas en

proteínas, sal, minerales o sustancias diuréticas que aumentan la micción y pueden aumentar los requerimientos de agua de ganado. (Bavera,2009.)

El ganado Brahman tiene mayor capacidad para adaptarse a las condiciones cálidas y secas, y pueden resistir la falta de agua a corto plazo mejor que otras razas. Los estudios sobre el consumo de agua de los bovinos Brahman en comparación con Hereford revelaron menor consumo de agua por parte de los Brahman. (Gasques, 1993).

Factores climáticos de mayor relevancia

Los factores físico-ambientales que afectan al ganado fueron definidos por (Hahn, 2003) y corresponden a una compleja interacción de la temperatura del aire, humedad relativa, radiación, velocidad del viento, precipitación, presión atmosférica, luz ultravioleta y polvo, para una mejor comprensión del efecto que ellos provocan sobre el ganado.

Temperatura ambiental

Es probablemente la variable más investigada y al mismo tiempo la más utilizada como indicador de estrés. El concepto de zona termoneutral refleja el rango de temperatura ambiente efectiva de confort para el ganado y para la cual no existe a la fecha una metodología clara que permita su estimación en ganado de carne bajo condiciones prácticas de producción. (Khalifa,2003) definió la temperatura ambiente efectiva de confort para el ganado como el estado constante de temperatura corporal, la cual puede ser mantenida sin necesidad de ajustes fisiológicos o de comportamiento. Por esta razón el promedio de la temperatura ambiente es generalmente considerado como la principal medida térmica utilizada para estimar el confort animal (Da Silva, 2006). Existen, además, numerosas evidencias de que durante el verano la temperatura ambiental tiene un efecto directo sobre el consumo de agua (CDA), existiendo una relación positiva entre ambas variables. Además, se ha reportado una relación inversa entre CDA y el consumo de materia seca (CMS) (Arias, 2006). Diversos estudios realizados para determinar el consumo de agua en ganado bovino durante el verano demuestran que la temperatura tiene un importante rol (Murphy y colaboradores1983) concluyeron que la temperatura mínima es uno de los factores que incide directamente en el CDA de vacas lecheras. De igual forma (Jeter 2001) y (Arias 2006) reportaron que la temperatura mínima fue también un factor de importancia en el CDA en ganado de carne. (Johnson,1986) informó de los

umbrales térmicos en los cuales las vacas Holstein disminuyen su producción diaria de leche (-5 °C y 21 °C), estos valores representan los límites en los que los animales activan sus mecanismos fisiológicos que les aseguran la supervivencia con el deterioro de la productividad (Gaughan, 2007).

Los cambios en el desempeño productivo y de comportamiento en los animales son explicados por el intercambio de calor y el balance energético del animal, los que a su vez son fuertemente influenciados por la temperatura ambiental (Hahn, 2003; Khalifa, 2003).

Humedad relativa

La humedad relativa (HR) es considerada un factor de potencial estrés en el ganado, ya que acentúa las condiciones adversas de las altas temperaturas (Da Silva 2006). Los principales efectos de la HR están asociados con una reducción de la efectividad en la disipación de calor por sudoración y respiración (Blackshaw, 1994) y están negativamente asociados al CDA (Meyer,2004). La tasa de evaporación depende del gradiente de presión de vapor que existe entre el animal y el medioambiente circundante, así como de la resistencia al movimiento en contra del gradiente (Richards 1973) reportó que, a temperaturas superiores a los 30 °C, la HR comienza a asumir un importante rol en los procesos evaporativos. En estas condiciones, el simple gradiente de presión de vapor no es suficiente para asegurar una adecuada evaporación. Así entonces, altas HR reducen el potencial de disipación de calor tanto de la piel como del aparato respiratorio (Da Silva, 2006), afectando a los animales especialmente en medioambientes en los que la disipación del calor por vías evaporativas es crucial para mantener la condición homeotérmica. Por esta razón un índice que da cuenta de ambos factores, temperatura y humedad, fue desarrollado originalmente para ser utilizado en seres humanos (Thom, 1959) y extendido posteriormente al ganado por (Ingraham y colaboradores,1971). El índice de temperatura-humedad (ITH) ha llegado a ser un estándar en las prácticas de manejo del ganado por las últimas cuatro décadas (Khalifa, 2003; Gaughan, 2007), existiendo a la fecha tablas y rangos que permiten predecir eventuales riesgos de estrés. Sin embargo, el ITH no considera importantes factores climáticos como la radiación solar y la velocidad del viento ni tampoco incluye factores de manejo productivo o de genotipo

animal (Gaughan, 2007). Además, subestima los reales efectos del estrés en el ganado (Collier, 2007).

Índice Temperatura Humedad (ITH)

El ITH es una fórmula matemática basada en la temperatura del bulbo-seco y la humedad que se usa como un estimado de la magnitud del estrés calórico que afecta una vaca. El ITH más comúnmente utilizado se calcula de la siguiente manera:

$$\text{ITH} = (1,8 \cdot T + 32) - (0,55 - 0,55 \cdot \text{HR}/100)(1,8 \cdot T - 26)$$

Donde T = La temperatura bulbo-seco y HR = La humedad relativa. (Thom, 1959).

Química sanguínea

La química sanguínea es una serie de pruebas que suministra información al médico veterinario acerca de las condiciones en el organismo. Algunos de los elementos más utilizados son:

Glucosa

La medición de las concentraciones de glucosa en la sangre se indica principalmente para evaluar, detectar y controlar la hiperglicemia. También sirve para diagnosticar una posible hipoglicemia. La concentración de glucosa sanguínea refleja las condiciones nutricionales, conductuales y endocrinas del organismo. Después de la comida se genera "hiperglucemia alimentaria" en animales monogástricos, pero no en los rumiantes. Durante la excitación aumenta como efecto de la liberación de norepinefrina (Medway, 1990).

La concentración de glucosa sanguínea aumenta por la norepinefrina, epinefrina y glucagón, tres sustancias glucogenolíticas, y por los glucocorticoides que inhiben la utilización de la glucosa y estimulan la gluconeogénesis. La concentración de glucosa disminuye por el ayuno o por el ejercicio prolongado, por el exceso de insulina, en toxemias, inanición y lesiones hepáticas; también disminuye en hipoadrenocorticalismo debido a una reducción en la secreción de las glándulas adrenales o a una producción reducida de ACTH por la glándula pituitaria (Bush, 1982).

Creatinina

La creatinina está en el cuerpo principalmente en forma de fosfato de alta energía. En los músculos es fuente de energía. En animales jóvenes de crecimiento se encuentra en mayores cantidades. La creatinina es una sustancia muy difusible y distribuida de manera uniforme en el agua corporal. Se elimina del plasma aproximadamente en la tasa de filtración glomerular (Benjamin, 1991).

Al estudiar la excreción de creatinina, tiene valor el hecho de que las concentraciones séricas de creatinina casi no son afectadas por la creatinina exógena de los alimentos, por la edad, el sexo, el ejercicio o la dieta. Por lo tanto, las concentraciones elevadas solamente se presentan cuando se altera la función renal. Las mediciones de la creatinina en sangre proporcionan la misma información para el diagnóstico y pronóstico de la función renal que la obtenida por la medición del nitrógeno ureico. La creatinina es el marcador más importante de la función renal, porque es producida regularmente por los músculos y excretada por medio de los riñones en la orina. La insuficiencia renal ocasionará una elevación en las concentraciones de creatinina en suero, ya que no es excretada en cantidades normales y se acumula en la sangre (Benjamin, 1991).

Colesterol total

El colesterol se encuentra en todas las fracciones lipídicas de la sangre. Para los fines de patología clínica, el colesterol se valora en el plasma como colesterol total y a veces se divide en dos fracciones: "libre" y esterificado (Jubb, 1973).

La mayoría de los animales pueden tener concentraciones elevadas de colesterol después de alimentarse con grasa, también en disfunción hepática incluyendo la obstrucción del conducto biliar, porque la destrucción de las células hepáticas trae como consecuencia una disminución en la actividad metabólica del hígado y se reduce más la degradación del colesterol que la síntesis, por lo que los niveles en sangre aumentan. En hipotiroidismo los niveles de colesterol aumentan porque la carencia de hormonas tiroideas reduce la actividad metabólica de las células hepáticas, así como también de las células de otras partes del organismo. También aumentan las concentraciones de colesterol en diabetes mellitus, en nefrosis y puede presentarse un ligero incremento con infarto al miocardio (Benjamín, 1991).

Las concentraciones bajas de colesterol pueden indicar debilidad o malabsorción de grasa, pero son de muy rara incidencia. La determinación de colesterol total es útil en el hipotiroidismo y en la nefrosis, y en la disfunción hepática, aunque se deben realizar otras pruebas más específicas (Medway, 1990).

Urea

La urea es un compuesto orgánico relativamente simple producido por los mamíferos en el hígado como producto final del catabolismo de las proteínas. Es una de las sustancias más difusibles en el cuerpo y se encuentra en todos los líquidos del cuerpo. Es relativamente atóxica, aunque en concentraciones altas desnaturaliza proteínas con la formación de productos tóxicos. La urea se elimina principalmente por los riñones, pero una porción de ella por la piel, sobre todo en los animales que sudan. (Jubb, y Kennedy, 1973).

La urea aumenta en sangre por trastornos renales como la insuficiencia renal crónica y aguda; por obstrucción de las vías urinarias; excesiva destrucción de proteínas como en estados de fiebre, toxicidad o sepsis extensa. También aumenta por una hemoconcentración debida generalmente a vómitos o diarreas; cuando existe alteración de la función cardiaca que reduce el flujo de sangre a través del riñón se ve aumentada la concentración de urea en sangre (Benjamin, 1991). El descenso en las concentraciones de urea es raro, teóricamente puede presentarse en asociación con graves enfermedades hepáticas o malnutrición de proteínas (Medway, 1990).

Proteínas totales

Los principales contribuyentes a la presión osmótica del plasma sanguíneo son los iones y en una pequeña proporción las proteínas. Sin embargo, la baja constante de presión osmótica de las proteínas es vital para el mantenimiento del sistema cardiovascular. Se distinguen dos grandes grupos de proteínas del plasma: las albúminas y las globulinas. Se separan unas de otras por medios químicos sencillos y determinando la cantidad de cada grupo se obtiene la relación albumina-globulina (A-G) (Medway, 1990).

La albúmina de la sangre y las globulinas con excepción de algunas gamma globulinas, son sintetizadas en el hígado. Por lo tanto, cualquier proceso que afecte la síntesis de albúmina disminuirá la relación A-G (Medway, 1990).

El incremento en las proteínas totales puede deberse a la deshidratación la cual genera una hemoconcentración, también por un aumento en la concentración de globulina cuando no existe deshidratación, como en enfermedades hepáticas avanzadas (cirrosis), infecciones crónicas y en algunos casos de neoplasias (Benjamin, 1991).

Albumina

La albúmina sanguínea es sintetizada en el hígado, y su disminución afecta la relación A-G, como ocurre en la fibrosis del hígado. Se observa hipoalbuminemia en la glomerulonefritis, amiloidosis, ocasionalmente en nefritis intersticial canina, desnutrición, diarrea parasitaria, malignidades hepáticas, necrosis hepática y hepatitis (Medway, 1990). No se sabe mucho acerca de casos de hiperalbuminemia. En la deshidratación, la cantidad absoluta de albúmina puede aumentar, sin embargo, las globulinas también aumentan de modo que no varía la relación A-G (Medway, 1990). Otras causas de disminución de la albúmina puede ser la falta de aminoácidos adecuados, en la gastroenteritis la rapidez del movimiento y posiblemente la mala digestión contribuyen a una pérdida mayor (Benjamin, 1991).

Transaminasa glutamica piruvica (gpt- alt)

Esta enzima cataliza la transferencia de un grupo alfa-amino de la alanina al ácido alfa-cetoglutarico. La enzima se encuentra en el hialoplasma de todas las células y existe una relación lineal entre la GPT hepática y el peso del animal. Siendo este el caso la determinación de GPT es casi específica del hígado del perro y el gato, mientras que es de escaso o de ningún valor en las enfermedades de bovinos y equinos. Se ha encontrada muy elevada en la necrosis hepática. Es una enzima muy estable, y en estado de congelación se conserva largo tiempo (Benjamin, 1991).

Fosfatasa alcalina

Esta enzima hidroliza los fosfatos orgánicos en fosfato inorgánico y la fracción orgánica. Es una enzima muy estable y puede ser congelada con poca o ninguna pérdida de actividad se halla gran cantidad en el hígado, riñón, mucosa intestinal y hueso. En la mayoría de los animales, quizá con excepción del gato se elimina en su forma natural por el hígado por lo tanto cualquier obstrucción al flujo de la bilis causa aumento de la enzima

en el suero. El problema es determinar la fuente de esta elevación cuando no es patente la enfermedad hepática (Medway, 1990).

Se producen elevaciones de la enzima en el suero, en enfermedades del bazo, hígado, riñón, mucosa intestinal o hueso. En la obstrucción biliar se eleva notablemente, las neoplasias óseas malignas causan a veces niveles elevados. También se puede elevar por una mayor actividad de los osteoclastos durante el crecimiento del esqueleto, por enfermedades óseas degenerativas en animales adultos, raquitismo, osteomalacia y en osteosarcoma. Durante interferencias con la excreción hepática, debida a una destrucción de las células hepáticas o a una destrucción del conducto biliar. Los resultados se interpretan mejor en conjunción con los niveles de GPT, que generalmente se encuentran aumentados en estos casos (Benjamin, 1991).

Bilirrubina total y directa

La bilirrubina es un producto de degradación de la hemoglobina, formada en las células retículo endoteliales del bazo y de la medula ósea, que es transportada en el torrente circulatorio por diversas partículas. La bilirrubina libre o no conjugada no es capaz de atravesar la barrera glomerular del riñón. Cuando la bilirrubina libre se conjuga con ácido glucurónico en el hígado, se hace soluble en agua y es capaz de atravesar los glomérulos renales. La bilirrubina conjugada se excreta normalmente a través de la bilis. La bilirrubina total aumenta si la destrucción de eritrocitos aumenta o si la conjugación de bilirrubina en el hígado es defectuosa. La bilirrubina directa aumenta si la excreción de bilis disminuye. En la hepatitis aguda la bilirrubina total esta aumentada, en la cirrosis hepática aumenta la bilirrubina total y la bilirrubina directa (Benjamin, 1991).

IV) FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Debido a las condiciones ambientales de la Mixteca Poblana y al manejo que se les da a los animales, en cuanto al alojamiento y alimentación es importante determinar los cambios metabólicos que presenta el ganado criollo mixteco bajo estos escenarios de estrés calórico e hídrico en donde habita y como se adaptaron a ellas.

V) JUSTIFICACIÓN

Se plantean describir los posibles cambios metabólicos en el ganado criollo de la Mixteca Poblana bajo estrés calórico e hídrico, con la finalidad de determinar el porqué de su resistencia a ambientes áridos y tener a estos animales como un recurso zoogenético de alto valor.

VI) OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar los cambios en el metabolismo del bovino criollo mixteco ante estrés hídrico y térmico.

Objetivos específicos

Evaluar el metabolismo de los bovinos mediante análisis de química sanguínea.

Calcular los índices de temperatura humedad y relacionarlos con los cambios en el metabolismo de los bovinos.

Conocer las alteraciones en el metabolismo que el estrés hídrico y calórico causa en los bovinos criollos.

VII) HIPOTESIS.

Las condiciones climáticas extremas de la Mixteca Poblana no modifican el comportamiento de los metabolitos sanguíneos en los bovinos criollos mixtecos.

VIII) MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizarán bovinos criollos de la Mixteca poblana, localizados en el municipio de Atexcal, que se encuentra en la parte sur del estado de Puebla; sus coordenadas geográficas son los paralelos 18° 16' 36" y 18° 31' 06" de latitud norte y los meridianos 97° 35' 06" y 97° 49' 24" de longitud occidental. Tiene una altitud de 1800 msnm, un clima cálido seco con una temperatura media anual de 18° C; la temperatura máxima es de 40° C y la mínima es de 15° C.

Los bovinos en la época de sequía (noviembre a mayo) están confinados en los terrenos de siembra, después de la cosecha, son alimentados con rastrojo de maíz y frijol, y ramoneo de arbustos y árboles de la región. El consumo de agua es limitado, se movilizan los animales hasta la población cada 48 horas y se les deja el agua por 4 horas con libre acceso, son suplementados con sales minerales. En la época de lluvia (junio a octubre) se encuentran libres en los cerros, el alimento lo obtienen del pastoreo y ramoneo árboles, y arbustos. El agua la obtienen de barrancas y jagüeyes y rara vez son suplementados con sales minerales.

Muestreo

Se utilizarán 28 bovinos criollos mixtecos, 7 machos y 21 hembras, se medirá la temperatura rectal y se tomarán dos muestras de sangre; una en época de sequía (abril) y otra en época de lluvia (Julio). Se obtendrán de 10 a 15 ml de sangre en tubos vacutainer sin EDTA de la vena caudal y las muestras sanguíneas se mantendrán en refrigeración a 4° C para su posterior evaluación. Se realizará una química sanguínea con la que se determinarán las concentraciones de: Glucosa, Creatinina, Ácido Úrico, Colesterol y Proteínas Totales.

Índice de Temperatura-Humedad

Se obtendrán los datos de la temperatura y humedad relativa por medio del servicio meteorológico de la Comisión Nacional del Agua (CNA), Puebla. Con estos datos se realizarán los cálculos para obtener el Índice de Temperatura Humedad (ITH) utilizando la fórmula de Ingraham *et al*, 1971.

$$ITH = (1,8 \cdot T + 32) - (0,55 - 0,55 \cdot HR/100)(1,8 \cdot T - 26)$$

En donde:

T temperatura (grados Centígrados °C)

HR humedad relativa (%)

Se usará el siguiente criterio para corroborar la presencia de estrés térmico de acuerdo con el (LCI, Livestock Conservation Institute. 1970.)

FASE	ITH
Normal	70-74.5
Alerta	74.7>
Peligro	78.8>
Emergencia	83.6>

Química sanguínea

Se tomarán como valores específicos de bovinos como referencia los establecidos por el (New Bolton Center of Clinical Chemistry) estos datos se presentan en el siguiente cuadro.

VALORES DE REFERENCIA	
Proteínas totales	5.8-7.5 g/dL
Creatinina	0.5-1.1 mg/dL
Glucosa	44-78 mg/dL
Colesterol	68-199 mg/dL
Ácido úrico	0.4-1.2 mg/dL

Análisis estadístico

Se obtuvieron las estadísticas descriptivas a partir de los datos de la química sanguínea agrupados por época del año (abril y julio). Para determinar diferencias entre época se realizó una *t* de Student, todos los análisis se obtuvieron con el programa estadístico (R for Statistical Computer v3.5).

IX) RESULTADOS

En los meses de junio y julio hay valores de ITH mayores a 75, lo que indica la presencia de estrés térmico (del día 165 al día 206 que fue el segundo muestreo). En el cuadro 1 se muestran los datos completos del índice de temperatura humedad (ITH).

Cuadro 1. Índice de temperatura humedad (ITH) divididos en media, desviación estándar, mínimos y máximos para los meses de abril y julio.

ESTADISTICA	ABRIL	JULIO
Media	72.65	75.55
Desviación estándar	2.66	2.62
Mínimo	67.43	69.88
Máximo	78.37	79.74

El cuadro 2 presenta las estadísticas descriptivas de las cinco variables de la química sanguínea clasificada por mes en que se realizó el muestreo. Las concentraciones del colesterol (abril 135.68mg/dL y 87.82mg/dL para el mes de julio) y de proteínas totales (abril 7.32g/dL y 6.51g/dL para el mes de julio) resultaron afectadas por la época ($P < 0.05$), los demás elementos de la química sanguínea no resultaron afectados. En ambas variables (colesterol y proteínas totales) los valores fueron menores en julio.

Cuadro 2. Valores mínimos, máximos, medias y desviaciones estándar de la química sanguínea por época para bovinos criollo.

MES		GLUCOSA (mg/dL)	CREATININA (mg/dL)	COLESTEROL (mg/dL)	ACIDO URICO (mg/dL)	PROTEINAS TOTALES (g/dL)
ABRIL	Media	54.61	1.24	135.68	2.41	7.32
	Desviación estándar	8.65	0.46	40.47	1.19	0.61
	Mínimo	42.00	0	65.00	0.20	5.60
	Máximo	72.00	2.10	217.00	4.50	8.50
JULIO	Media	54.82	1.28	87.82*	2.12	6.51*
	Desviación estándar	8.86	0.41	36.87	1.34	1.86
	Mínimo	39.00	0	13.00	0.20	1.20
	Máximo	75.00	1.90	154.00	5.20	12.20

* $P < 0.05$

La distribución de los datos de los bovinos evaluados se observa en la figura 1. Se puede apreciar cómo se agrupa la información de acuerdo con la época del año y la tendencia de que los valores de colesterol son más altos para el mes de abril en comparación con el mes de julio.

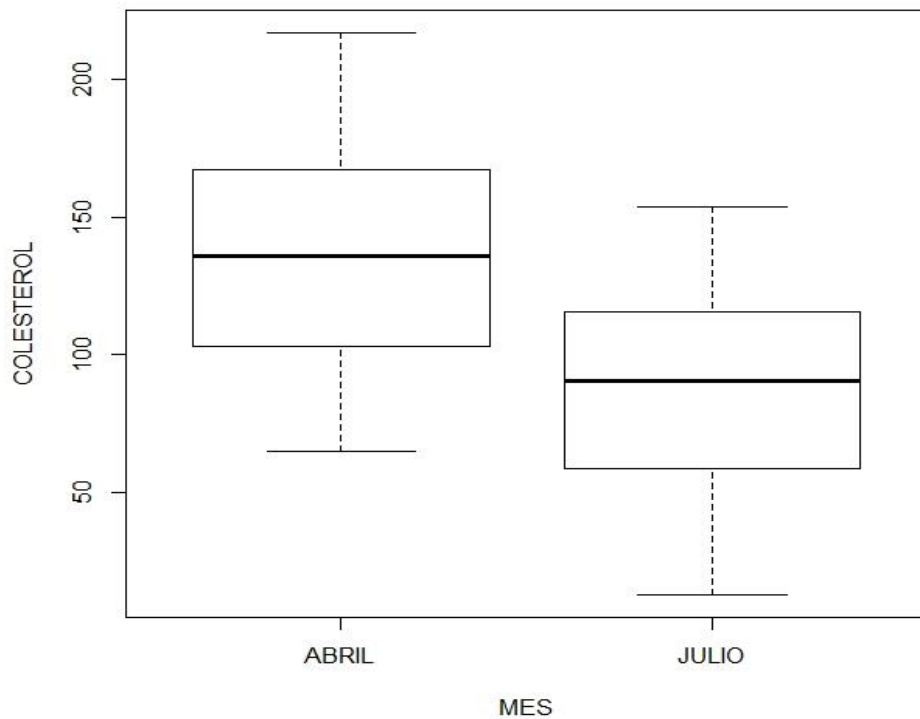


Figura 1. Graficas de caja para los valores de colesterol en bovinos criollos mixtecos agrupados por época.

En la figura 2 se muestra cómo están agrupados los datos de las proteínas totales de acuerdo con la época del año y la tendencia es que los valores son más altos para el mes de abril en comparación con el mes de julio.

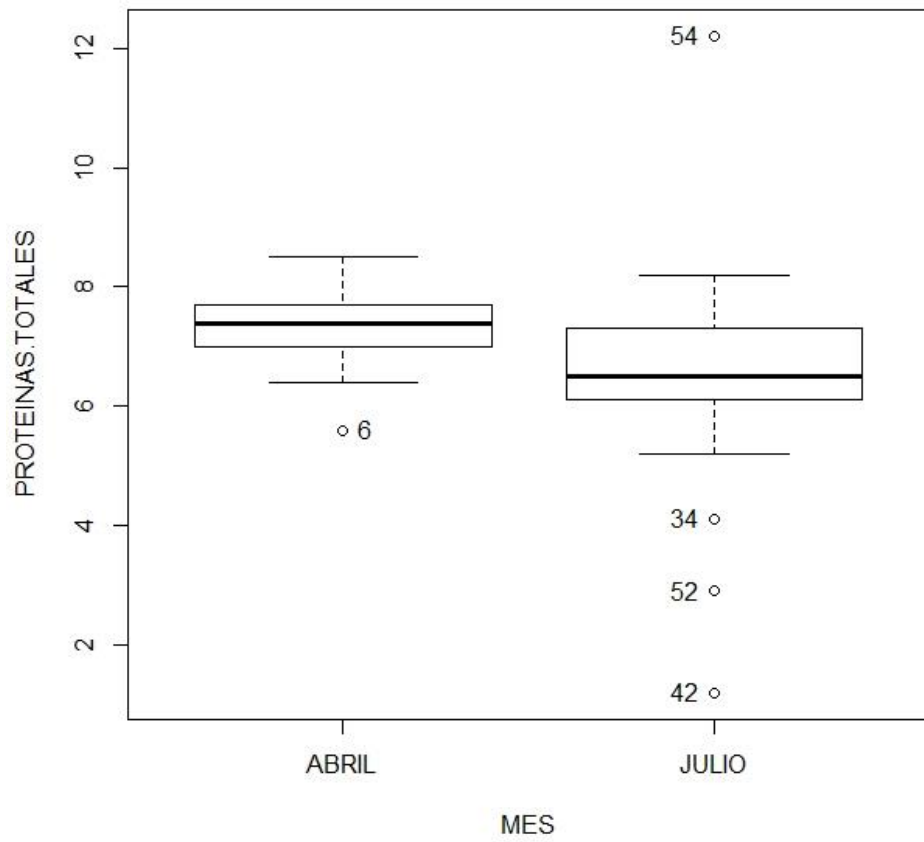


Figura 2. Graficas de caja para los valores de las proteínas totales en bovinos criollos mixtecos agrupados por época.

X) DISCUSIÓN

De acuerdo con lo resultados podemos suponer que los bovinos criollos mixtecos tienden a movilizar sus reservas rápidamente para mantenerse en la época seca y recuperarse fácilmente en época de lluvias. Las medias de los resultados que se obtuvieron se encuentran dentro de los rangos de referencia descritos por el New Bolton Center of Clinical Chemistry y por otros autores (Benjamín, 1997; Ceballos *et al.*, 2002; Swanson, 1984 y Paterson, 2002).

Los valores para la concentración del colesterol entre épocas ($p < 0.05$) Las diferencias observadas en el colesterol, concuerda con los resultados de otros estudios, donde se han reportado diferencias según el estado productivo de los animales, que obedecen principalmente a cambios en la alimentación según el estado fisiológico, pudiendo presentarse un balance positivo para algunos nutrientes, como energía, entre otros, dando lugar a una mayor concentración de colesterol (Osorio, 2010).

Se ha observado que los bovinos presentan una serie de adaptaciones metabólicas previo al inicio de la época de escasez; encontrando dentro de estas una infiltración de grasa y perfil de ácidos grasos como consecuencia de un déficit energético, producido por una disminución en el consumo voluntario o involuntario de materia seca y el inicio en la preparación para la lactancia lo que conlleva a la hipocolesterolemia (Kelly ,2001). En el caso del bovino criollo no consideraríamos una baja en el consumo voluntario de alimento, más bien una falta de alimento y agua en la época de secas, lo que repercute en la concentración de colesterol. Las concentraciones altas de colesterol conducen a una hipercolesterinemia como consecuencia de la movilización de lípidos a causa del glucagón o por un incremento en la síntesis de lipoproteínas plasmáticas; también hay mayores niveles de colesterol como respuesta a raciones altas de grasa (Coppo.2003). Al aumentar el consumo de materia seca, la colesterolemia aumenta gradualmente, El colesterol se halla principalmente formando la LDL junto a la apoproteína B-100, estando relacionado con el transporte de lípidos endógenos). la recuperación fisiológica del animal (Aranda, 2012) es por eso que los bovinos criollos presentan valores más bajos

de colesterol en el inicio de la época de lluvias que es la de mayor índice de temperatura humedad.

La disminución de las proteínas totales fue otro de los metabolitos que presentaron cambios estadísticamente significativos ($p < 0.05$) en bovinos criollos mixtecos durante la época de lluvias (Julio) comparada con la época de secas (abril). El perfil proteico está constituido por las concentraciones sanguíneas de proteínas totales, globulinas, albumina, hemoglobina, urea y enzimas; y junto con los perfiles energéticos y hematológicos, forman parte del perfil metabólico. Estos analitos sanguíneos son utilizados como complemento en el diagnóstico de enfermedades de índole metabólica, dado que su concentración sérica se correlaciona con los procesos homeostáticos, y la deficiencia de uno de ellos lleva a un detrimento productivo y reproductivo (Keown, 2002).

Las causas comunes de hiperglobulinemia incluyen estímulo antigénico crónico (enfermedad inflamatoria crónica) y enfermedad hepática. El estímulo antigénico crónico puede ser típicamente observado en una variedad de condiciones, tales como son la reticuloperitonitis traumática, abscesos hepáticos o neumonías crónicas (Russell, 2007). No se sabe con seguridad que es lo que podría ocasionar este aumento en la concentración de proteínas ya que el ácido úrico y creatinina que son elementos muy ligados a las proteínas se encontraron en concentraciones normales.

La disminución del ácido úrico estaría en relación con un bajo consumo de proteína en la ración, descartándose su disminución por hepatopatías, ya que se encontró dentro del intervalo de referencia (Benjamín, 1997; Ceballos *et al.*, 2002; Swanson, 1984; Paterson, 2002). Las anomalías de las proteínas plasmáticas no indican una enfermedad específica sino un estado que altera el balance entre síntesis de proteínas y el catabolismo (Benjamín, 1997). El aumento o disminución del catabolismo proteico es ocasionado por condiciones de estrés, calor, deshidratación, fiebre, infecciones, traumatismos, gestación (Ceballos, 1998; Srikanthakumar and Jonson, 2004). Las evidencias de este estudio y las observaciones durante el muestreo indican que esta alta

concentración de proteínas totales es debida a la deshidratación, por el casi nulo consumo de agua y las temperaturas ambientales.

La concentración de Creatinina se ve mínimamente afectada por la dieta y el catabolismo proteico, pero puede verse afectada por el nivel de masa muscular del animal. En toros adultos clínicamente sanos, la concentración de creatinina puede ser mayor que el valor hallado en los intervalos de referencia reportados para el ganado adulto. Su concentración puede ser demasiado baja en animales emaciados con baja masa muscular. Al no verse afectada su concentración por factores externos, es la prueba de elección para evaluar la función renal en rumiantes (Russell y Rousset, 2007)

XI) CONCLUSIÓN

Las diferencias observadas en los valores analizados de Colesterol y Proteínas Totales durante el segundo período y entre grupos genéticos, indican que los bovinos criollos mixtecos se han adaptado de manera diferente a los cambios climáticos de su entorno para lograr sobrevivir. Por lo tanto, podemos sospechar que los bovinos criollos mixtecos no presentan alteraciones cuestionables en la mayoría de sus metabolitos y la temperatura corporal. Estos resultados ponen en evidencia las variaciones que se pueden presentar por las diferencias genotípicas, un manejo nutricional e hídrico desigual al observado en los rebaños explotados en sistemas de producción intensivos, al estado reproductivo de los animales y a los cambios climáticos principalmente.

XII) BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, L. (2008). Efectos Negativos del Estrés Sobre la Reproducción en Animales Domésticos. *Archivos Zootecnia*, 57, 39–59. https://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_general/24-EfectosAlvarez.pdf
- Aranda, M. V., Brave, N., y Casagrande, R. (2012). *Colesterol en Bovinos*. Sitio Argentino de Producción Animal. http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/26-colesterol_en_bovinos.pdf
- Arias, R. A., y Mader, T. L. (2006). Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots. *Journal of Animal Science*, 89(1), 245–251. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3014>
- Banegas, R. (2009). *Manual de Buenas Prácticas en Explotaciones Ganaderas de Carne Bovina*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://www.biopasos.com/documentos/048.pdf>
- Bavera, G. A. (2009). *Aguas y Aguadas para el Ganado* (3era ed., pp. 36–40). Río Cuarto: Imberti-Bavera. https://www.produccion-animal.com.ar/libros_on_line/76-Aguas_y_Aguadas_4a_CD.pdf
- Benjamin, M. (1991). *Manual de Patología Clínica en Veterinaria* (pp. 387–411). Editorial Limusa, S.A. de C.V.
- Blackshaw, J., y Blackshaw, A. (1994). Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Animal Production Science*, 34(2), 285–295. <https://doi.org/10.1071/ea9940285>
- Boyles, S. (2011). *El estrés por calor y ganado vacuno*. Ohio State University Extension.
- Bush, B. M. (1982). *Manual del Laboratorio Veterinario de Análisis Clínicos* (p. 467). Editorial ACRIBIA.
- Collier, R. J., y Zimbelman, R. B. (2007). *Heat stress effects on cattle: what we know and what we don't know*. 22 Annual Southwest Nutrition & Management Conference, Temple, Arizona.
- Coppo, N. B., Coppo, J. A., y Lazarte, M. A. (2003). Intervalos de confianza para colesterol ligado a lipoproteínas de alta y baja densidad en suero de bovinos, equinos, porcinos y caninos. *Rev Vet*, 14, 3–10.
- Correa-Calderón, A., des Santos, G., Avendaño, L., Rivera, F., Alvarez, D., Ardon, F., Diaz, R., y Collier, R. (2009). Enfriamiento artificial y tasa de concepción de vaquillas holstein con estrés térmico. *Archivos de Zootecnia*, 58(222), 231–239. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922009000200008
- Da Silva, R. G. (2006). Weather and climate and animal production. *Update of the Guide to Agricultural Meteorological Practices*, 134. World Meteorological Organization. <https://library.wmo.int/records/item/35689-guide-to-agricultural-meteorological-practices>

- De Alba, J. (1981). *Recursos genéticos animales en América Latina. Ganado Criollo y especies de altura*. <https://www.fao.org/3/ah223s/ah223s.pdf>
- De Alba, J. (1987). Criollo cattle of Latin América. In *FAO Animal Production and Health Paper 66* (pp. 19–43). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/ah806e/AH806E06.htm>
- Gasque Gómez, R. (1993). *Enciclopedia del Ganado Bovino*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
- Gaughan, J. B., Mader, T. L., Holt, S. M., y Lisle, A. (2008). A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 86(1), 226–234. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0305>
- Hahn, G. L., Mader, T. L., y Eigenberg, R. A. (2003). Perspective on development of thermal indices for animal studies and management. *EAAP Technical Series*. 7, 31–44. https://www.researchgate.net/publication/284300661_Perspective_on_development_of_thermal_indices_for_animal_studies_and_management
- Ingraham, R. H., Gillette, D. D., y Wagner, W. D. (1971). Relationship of Temperature and Humidity to Conception Rate of Holstein Cows in Subtropical Climate. *Journal of Dairy Science*, 57(4), 476–481. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(74\)84917-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(74)84917-9)
- Jeter, M. B. (2001). *Drinking water intake by finishing yearling beef steers* [Master Thesis, West Texas A&M University, Department of Animal Science].
- Johnson, H. D. (1986). The effects of temperature and thermal balance on milk production. *Western Regional Research Publication #009 and Utah Agricultural Experimental Station Research Bulletin*, 512, 33–45.
- Jubb, K. V. F., y Kennedy, P. C. (1973). *Patología de los animales domésticos* (pp. 169–170). Editorial Labor.
- Kelly, M. J., R.K. Tume, Newman, S., y Thompson, J. M. (2001). Environmental effects on the fatty acid composition of subcutaneous beef fat. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41(7), 1023–1023. <https://doi.org/10.1071/ea00025>
- KEOWN, J.F. 2002 How to body condition score dairy animals. Extensión Dairy Specialist File. University of Lincoln State. Nebraska.
- Khalifa, H. (2003). Bioclimatology and adaptation of farm animals in a changing climate. *Proc Symp, EAAP Technical Series*, 7, 15–29. https://www.researchgate.net/publication/313405732_Bioclimatology_and_adaptation_of_farm_animals_in_a_changing_climate
- Medway, W., Prier, J. E., Wilkinson, J. S., y Livestock Conservation Institute. (1970). Patterns of transit losses. In *Patología Clínica Veterinaria*. Editorial UTEHA, México.
- Meyer U, M Everinghoff, D Gädeken, G Flachowsky. 2004. Investigations on the water intake of lactating cows. *Livest Prod Sci* 90, 117-121.

- Moberg, G. P., y Mench, J. A. (2000). The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare. CABI Books. In *CABI Books* (pp. 1–21). <https://www.cabdigitalibrary.org/doi/book/10.1079/9780851993591.0000>
- Murphy, M. R., Davis, C. L., y McCoy, G. C. (1983). Factors Affecting Water Consumption by Holstein Cows in Early Lactation. *Journal of Dairy Science*, 66(1), 35–38. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(83\)81750-0](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(83)81750-0)
- Osorio, J. H., y Vinazco, J. (2010). El Metabolismo Lipídico Bovino y su Relación con la Dieta, Condición Corporal, Estado Productivo y Patologías Asociadas. *Biosalud*, 9(2), 56–66. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95502010000200007
- Richards, S. A. (1973). *Temperature regulation* (p. 212). Wykeham publications. London, Great Britain.
- Ríos, J. G., Rodríguez, A. F. A., Hernández, S. M. R., y Jiménez, C. J. (2000). *Caracterización del Sistema de Producción del Ganado Criollo de rodeo de la Sierra de Chihuahua*. Memorias del V Congreso Iberoamericano de razas Autóctonas y Criollas, La Habana, Cuba.
- Rouse, J. E. (1977). *The Criollo: Spanish Cattle in the Americas*. University of Oklahoma Press.
- Russell, K. E., & Roussel, A. J. (2007). Evaluation of the Ruminant Serum Chemistry Profile. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23(3), 403–426.
- Russell, K. E., y Roussel, A. J. (2007). Evaluation of the ruminant serum chemistry profile. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 23(3), 403–v. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.07.003>
- Sánchez, S. H. (2007). Respuesta hormonal de los organismos superiores ante el estrés calórico. *Revista Electronica de Veterinaria*, VIII(12B). https://www.researchgate.net/publication/26492333_Respuesta_hormonal_de_lo_s_organismos_superiores_ante_el_estres_calorico_-_Hormonal_response_to_the_higher_organism_after_the_caloric_stress
- Serrano, J., R. Montes, B. Aguilar, N. Flores, F. Utrera y D. Cano. 2004. Valores hematológicos de bovinos criollos en la región Mixteca (México). *Veterinaria (Montevideo)* 39: 43-46
- Steiger, M., Senn, M., Sutter, F., Kreuzer, M., y Langhans, W. (2001). Effect of water restriction on feeding and metabolism in dairy cows. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 280(2), R418–R427. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.2001.280.2.R418>
- Srikandakumar, A y Johnson, E. 2004. Effect of heat stress on milk production, rectal temperatura, respiratory rate and blood chemistry in Holstein, Jersey and Australian milking zebu cows. *Tropical Animal Health and Production*. 36(7): 685-692
- Thom, E. C. (1959). The Discomfort Index, *Weatherwise*, 12(2), 57–61. <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>

- West, J. W. (1999). Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. *Journal of Animal Science*, 77(2), 21–35. https://doi.org/10.2527/1997.77suppl_221x
- West, J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2131–2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)
- Yousef, M. K. (1985). Thermoneutral Zone. *Stress Physiology of Livestock, II*, 68–69. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.