

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



**HÁBITOS DE PASTOREO, RESPUESTA FISIOLÓGICA Y
DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES DE NOVILLOS HOLSTEIN
Y CRUZADOS CON CÉBU EN PASTOREO BAJO
CONDICIONES DE ESTRÉS CALÓRICO**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA

ERNANDE DORVILUS

DIRECTOR DE TESIS

Dr. ENRIQUE GILBERTO ÁLVAREZ ALMORA

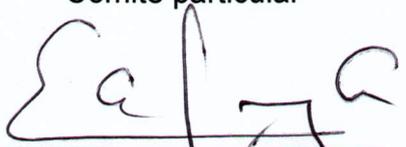
MEXICALI, B.C. MÉXICO

JUNIO, 2018

La presente tesis "HÁBITOS DE PASTOREO, RESPUESTA FISIOLÓGICA Y DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES DE NOVILLOS HOLSTEIN Y CRUZADOS CON CÉBU EN PASTOREO BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS CALÓRICO" realizada por la C. Ernande Dorvilus, dirigido por el Dr. Enrique Gilberto Álvarez Almora, ha sido evaluada y aprobada por el Comité Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Sistemas de Producción Animal

Comité particular



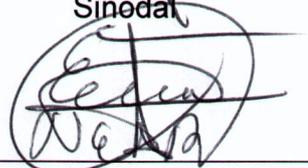
Dr. Enrique Gilberto Álvarez Almora
Presidente/Director de Tesis



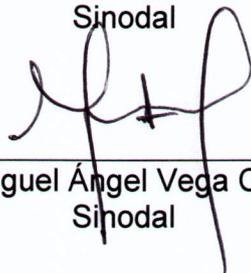
Dra. Noemí Guadalupe Torrentera Olivera
Secretario



Ph. D. Leonel Avendaño Reyes
Sinodal



Dr. Ernesto Avelar Lozano
Sinodal



M.C. Miguel Ángel Vega Cázares
Sinodal

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por brindarme el apoyo financiero para cambiar mi sueño en realidad.

A la **Universidad Autónoma de Baja California - Instituto de Ciencias Agrícolas**, por permitirme formar parte de esa institución, facilitarme información necesaria para seguir creciendo y haberme proporcionado la oportunidad de concretizar mis sueños.

Al **Dr. Enrique Gilberto Álvarez Almora**, mi director de tesis por brindarme su apoyo, consejos, conocimientos, paciencia y enseñanza para enriquecer mi experiencia académica.

Agradezco profundamente al **Ph. D. Abelardo Correa Calderón y Dr. Ulises Macías Cruz** quienes me apoyaron más allá del profesionalismo durante el desarrollo de esta tesis.

A mis asesores **Ph. D. Leonel Avendaño Reyes, Dra. Noemí Torrentera Guadalupe, Dr. Ernesto Avelar Lozano y M.C. Miguel Ángel Vega Cázares.**

A **Sandra Luz Rojas** por su apoyo incondicional y paciencia.

A **Los Profesores del ICA y Trabajadores** que afortunadamente me toco conocer en la mayor parte del tiempo de mi estancia y que no solamente existió un trato escolar, a cada uno de ustedes muchas gracias.

DEDICATORIAS

A **Dios** por su infinito bondad por darme fuerza, conocimiento y sabiduría para poder culminar esta meta.

A mi amado **esposo Wisly Bellamour** por confiarme su vida incondicionalmente y apoyarme durante la realización de esta tesis. Gracias Amor.

A mi amiga **Chilove Theusme** por ser mi punto de apoyo en los tiempos más difíciles de mi vida. Te quiero hermanita.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE CUADROS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Estrés por calor	3
2.2. Condiciones ambientales.....	3
2.3. Respuesta fisiológica de bovinos en pastoreo.....	6
2.4. Efecto del estrés calórico sobre el comportamiento de bovinos en pastoreo	8
2.4.1. Conducta en pastoreo	8
2.4.2. Tiempo de pastoreo.....	8
2.4.3. Rumia	9
2.5. Efecto del genotipo sobre hábitos de pastoreo.....	10
2.5.1. Efecto sobre aprovechamiento de nutrientes en pastoreo.....	12
2.6. Composición química y digestibilidad del pasto Bermuda.....	13
2.7. Factores climáticos que afectan el valor nutritivo del pasto Bermuda	16
2.8. Consumo de forraje y ganancia de peso de bovino en pastoreo	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20

3.1. Ubicación geográfica y duración del experimento	20
3.2. Tratamientos, identificación y asignación de los grupos de animales	20
3.3. Asignación del área de pastoreo y consumo de concentrado	21
3.4. Determinación de consumo en pastoreo y forraje seleccionado	22
3.5. Comportamiento en pastoreo mediante observación directa.....	24
3.6. Temperatura rectal (TR) y frecuencia respiratoria (FR).....	24
3.7. Distancia recorrida.....	25
3.8. Variables de respuesta.....	25
3.9. Análisis estadístico	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. Ambiente climático	27
4.2. Variables fisiológicas	31
4.3. Hábitos durante el pastoreo.....	36
4.4. Conducta en pastoreo medida con monitor GPS	43
4.5. Análisis de correlación	43
4.6. Consumo de forraje durante el pastoreo	46
4.7. Ganancia de peso	47
V. CONCLUSIONES	49
VI. LITERATURA CITADA.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de la escala del grado de ITH y frecuencia respiratoria en umbral de comparación	6
Cuadro 2. Tiempo en hora por día dedicado a las diferentes actividades de comportamiento de novillos en pastoreo	10
Cuadro 3. Composición química de pastos Bermuda.....	15
Cuadro 4. Composición nutricional del concentrado ofrecido a los animales durante el experimento.....	22
Cuadro 5. Condiciones climáticas registradas durante el desarrollo experimental	28
Cuadro 6. Comportamiento en pastoreo de novillos en el valle de Mexicali	30
Cuadro 7. Coeficientes de correlación entre variables de comportamiento, climáticas y fisiológicas.....	45
Cuadro 8. Consumo de forraje por novillos pastoreando en praderas de Bermuda cruza 1 durante el experimento	47
Cuadro 9. Pesos y ganancias diarias de peso por genotipo en pradera de Bermuda cruza 1	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variables climáticas temperatura, humedad e ITH en función de las horas de muestreo (AM= 0900 a 1100, MD= 1200 a 1400 y PM= 1500 a 1700)	29
Figura 2. Promedios de temperatura rectal e ITH por efecto de la interacción hora de muestreo x periodo (A) y raza x periodo (B). NS; No significativa, ** ($p < 0.05$), *** ($p < .001$)	33
Figura 3. Interacción raza x periodo (A) raza x hora (B) y periodo x hora (C) sobre la frecuencia respiratoria e ITH bajo sistemas de pastoreo. NS; No significativa, ** ($p < 0.05$), *** ($p < .001$)	35
Figura 4. Interacción raza x hora (A) y hora x periodo (B) sobre el porcentaje de tiempo destinado al pastoreo con el ITH. NS; No significativa, ** ($p < 0.05$), *** ($p < .001$)	37
Figura 5. Interacción hora x periodo sobre el porcentaje de tiempo destinado a caminar con el ITH. NS; No significativa, ** ($p < 0.05$), *** ($p < .001$).	39
Figura 6. Interacción raza x hora (A) y hora x periodo (B) sobre el porcentaje de tiempo destinado a descansar con el ITH. NS; No significativa, ** ($p < 0.05$), *** ($p < .001$).....	40
Figura 7. Interacción hora x periodo sobre el porcentaje de tiempo total destinado a rumiar con el ITH. NS; No significativa, ** ($p < 0.05$), *** ($p < .001$)	42

RESUMEN

Alta temperatura ambiental, intensa radiación directa e indirecta, así como elevada humedad relativa son factores ambientales que imponen estrés en los animales bajo condiciones de pastoreo. Este estudio se realizó para evaluar hábitos de pastoreo, respuestas fisiológicas y digestibilidad de nutrientes de novillos de dos genotipos (Holstein y cruce de Holstein x Cebú) en condiciones de estrés calórico durante el verano en el valle de Mexicali. El estudio duró 96 d (Agosto hasta Noviembre de 2016) en la Unidad de Bovinos de Engorda del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) de la Universidad Autónoma de Baja California. Se seleccionaron 16 novillos, 8 Holstein y 8 Cruzados, con pesos iniciales promedio de 249 ± 10 kg en Holstein y 314 ± 10 kg en Cruzados, que pastorearon una pradera Bermuda cruce 1. El arreglo factorial tuvo tres factores: genotipo (Holstein y Cruzados), periodo de pastoreo (Agosto, Septiembre y Octubre) y horas (AM, MD y PM). Se utilizó un arreglo factorial 2×3 en un diseño completamente al azar con tres repeticiones por combinación de tratamiento. No hubo diferencias durante el tiempo dedicado a pastorear (PTDO) entre los animales Cruzados y Holstein ($P > 0.5$). Por lo tanto, en los diferentes periodos (1, 2, y 3) y las horas de pastoreo (AM, MD y PM), se observó que el tiempo dedicado por los animales a cosechar forraje fue mayor ($P < 0.01$) en el segundo y tercer periodo experimental. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) por genotipo ni periodo experimental sobre el tiempo dedicado a caminar (CMDO). Se observó diferencia ($P < 0.01$) en las variables descanso echado, rumia total, rumia echada, rumia parada y variables fisiológicas entre razas a favor del ganado Cebú. Solo existió una tendencia numérica a un mayor consumo total de MS y de forraje en ganado Cruzado. Los novillos Cruzados consumieron mayor cantidad de forraje que ganado Holstein, mostraron mayor tolerancia al calor y además tuvieron mejor comportamiento productivo pastoreando durante el verano.

Palabras claves: Hábitos de pastoreo, digestibilidad de nutriente, respuesta fisiológica, Estrés calórico.

ABSTRACT

High ambient temperatures, intense direct and indirect solar radiation as well as high relative humidity are environmental factors that impose stress on animals under grazing conditions. This study was conducted to evaluate grazing habits, physiological responses and nutrient digestibility of steers of two genotypes (Holstein and Cross of Holstein x Zebu) under conditions of heat stress during summer in the Mexicali valley. The study lasted 96 d (August to November 2016) in the fattening cattle unit of the Institute of Agricultural Sciences (ICA) of the Autonomous University of Baja California. Sixteen steers, 8 Holstein and 8 Crusaders were selected, with average initial weights of 249 ± 10 kg in Holstein and 314 ± 10 kg in Crusaders, who grazed a Bermuda meadow crosses 1. The factorial arrangement had three factors: genotype (Holstein and Crusaders), grazing period (August, September and October) and hours (AM, MD and PM). A 2 x 3 factorial arrangement was used in a completely randomized design with three replicates per combination of treatment. There were no differences during the time spent grazing (PTDO) between Crossbred animals and Holstein ($P > 0.5$). Therefore, by contrasting the different periods (1, 2, and 3) and grazing hours (AM, MD and PM), it was observed that the time spent by animals harvesting forage was higher ($P < 0.01$) in the second and third experimental period. No differences were found ($P > 0.05$) by genotype or experimental period over the time spent walking (CMDO). We observed difference ($P < 0.01$) in the variables cast rest, total ruminants, ruminants, stop and physiological variables between breeds in favor of Zebu cattle. There was only one numerical trend to a higher total consumption of DM and forage in Crossbred cattle. The Crossbred steers consumed more fodder than Holstein cattle, showed greater tolerance to heat and also had better productive behavior grazing during the summer.

Key words: Grazing habits, nutrient digestibility, physiological response, heat stress.

I. INTRODUCCIÓN

En América Latina la ganadería ha evolucionado hacia un planteamiento en el cual la parcela representa un comedero más y genera la mayor cantidad de nutriente a bajo costo para los animales. En México, no hay duda de que la producción pastoril es la más difundida, constituyendo la dieta básica y más económica en la alimentación de la mayoría de los rumiantes (Pinto, 2014). La elevada temperatura y humedad relativa del ambiente, comunes durante el verano en varias regiones de México, con frecuencia rebasan la capacidad del animal para disipar su calor corporal, provocándole una condición de estrés (Leyva et al., 2015) que se refleja en la disminución del consumo voluntario de materia seca (Hafez, 2000), así como en el comportamiento del bovino con referencia a los patrones corrientes de postura y movimiento (Bavera, 2004).

El efecto del estrés calórico es también sustancial en regiones áridas muy cálidas debido a la variabilidad en las temperaturas ambientales a través del año (Avendaño-Reyes et al., 2010). Generalmente, la época de verano en estas zonas registra condiciones climáticas desfavorables para el ganado en pastoreo porque las temperaturas se incrementan a tal grado que producen estrés por calor (EC) a los animales. Como medidas para mantener la condición homotermia, el ganado reduce su consumo de alimento y redistribuye parcialmente la energía disponible para activar mecanismos de termorregulación de tipos fisiológico, metabólico y endocrinológico, reflejándose en una baja producción de carne y leche (Ganaie et al., 2013; Bernabucci et al., 2010).

En producción animal, el cambio climático ha cobrado importancia en las últimas décadas porque la elevada temperatura ambiental afecta directamente al bienestar animal (CCAC, 2009), lo cual se define como el estado en el que se encuentra un animal en un momento determinado tratando de adaptarse a su medio ambiente. Esto implica todas las situaciones posibles: las que colocan la vida del animal en riesgo y las que se refieren a armonía con el ambiente y puede evaluarse a través de medidas como la temperatura corporal y la conducta natural (Silanikove,

2000). En el noroeste de México, especialmente en el valle de Mexicali, el clima es de tipo desértico donde los meses más cálidos van de Junio a Septiembre (SIMAR, 2011), por lo que las condiciones climáticas no son muy favorables para el pastoreo, principalmente para razas *Bos taurus*. Por lo anterior, las razas cebuínas son preferidas por los ganaderos debido a su rusticidad, adaptabilidad a las condiciones climáticas de calor extremo y habilidad para aprovechar los pastos prácticamente todo el año.

Los cruzamientos de razas europeas con Cebú permiten que el ganado europeo tolere climas que registren altas temperaturas. La elección de la raza o del cruzamiento está ligada al resto del sistema de producción y por ello el genotipo animal seleccionado debe estar en armonía con el clima. El potencial genético de los animales se expresa en la medida que las condiciones ambientales lo permitan y éstas no modifican de forma directa la constitución genética del individuo, pero sí determinan la extensión con que se expresa (Molinuevo, 2005). Sin embargo, cuando se considera la respuesta animal a distintos ambientes, además de los efectos genéticos y ambientales, se detecta un efecto adicional causado por su interacción (Cruz, 1994). En el mismo sentido, se postula que la acción conjunta de los factores genéticos y no genéticos, así como su interacción, influyen directamente sobre el comportamiento productivo y reproductivo del ganado de carne y leche (López, 2002).

Existe desconocimiento de la respuesta de los bovinos Holstein al pastoreo en el verano y tampoco está clara la diferencia con otras razas en lo que respecta a rutinas de comportamiento y respuestas fisiológicas en condiciones climáticas de calor extremo (NRC 2000). Con base a lo anterior, se plantea la hipótesis de que es posible que el cruce de Holstein con Cebú soporte más las condiciones del estrés calórico comparado con ganado Holstein y además que la cruce muestre un mejor comportamiento productivo pastoreando en verano. Por lo cual el objetivo de este trabajo fue evaluar los hábitos de pastoreo, respuesta fisiológica y digestibilidad de

nutrientes de novillos Holstein y Cruzados en condiciones de estrés calórico durante el verano en el valle de Mexicali.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Estrés por calor

Durante las últimas décadas el mundo ha experimentado una creciente preocupación por el efecto del estrés calórico en la producción agropecuaria. Como afirma la Organización Mundial de la Salud (2003), estrés es un conjunto de reacciones fisiológicas y metabólicas de un animal para enfrentar un entorno adverso. Estrés es una expresión que deriva del latín desde el siglo XVII para representar “adversidad” o “aflicción”, implica a cualquier factor que actúe interna o externamente que induzca aumentar el esfuerzo para mantener un estado de equilibrio dentro de sí mismo. El estrés calórico en el animal modifica las necesidades nutritivas por su impacto sobre el sistema gastrointestinal y metabólico (Roca, 2011). Los factores ambientales relevantes que desencadenan en los animales el estrés por calor son la elevada temperatura ambiental, intensa radiación solar directa e indirecta y la humedad. Sin embargo, Blanco (2009) señala que cada raza tiene su propio nivel de resistencia con relación a la temperatura del ambiente. Harmer (2000) menciona que el animal activa los mecanismos para disipar el calor corporal a temperaturas por arriba de 25° C.

De acuerdo a Leyva et al. (2015), el estrés por calor ha sido reconocido ampliamente como uno de los factores que afectan la eficacia de la productividad en la ganadería. Normalmente, temperaturas ambientales elevadas fuera de la zona de confort ocasionan estrés por calor en bovinos de carne, los cuales activan una serie de mecanismos fisiológicos para disminuir la carga de calor (West, 2003). También es posible que las consecuencias negativas del estrés por calor sobre la productividad estén reguladas por una reducida integridad intestinal ocasionada por una disminución en el flujo sanguíneo hacia el intestino (Sanz-Fernandez et al., 2014).

2.2. Condiciones ambientales

Pires (2003) encontró que las mejores condiciones de temperatura y humedad relativa para criar animales están en general alrededor de los 13 a 18° C y 60 a 70 %, respectivamente (Bous et al., 1987). Los rangos de temperatura ambiental que proporcionan confort para animales *Bos taurus* son de 0 a 20° C y para *Bos indicus* de 10 a 27° C, con 70 % de humedad ambiental en ambos casos, aunque se reportan diferencias por raza, edad, estado fisiológico, sexo y variaciones entre individuos (Blanco, 2009).

Generalmente la temperatura ambiente a la cual la temperatura interior del cuerpo comienza a elevarse en la mayoría de las especies de animales domésticos se encuentra entre 28° y 32° C (West, 2003). El ganado europeo, a partir de los 16° C experimenta dificultades para mantener la homeostasis, lo que deriva en un aumento de la frecuencia respiratoria por encima de 22° C (Harmer et al., 2000). En cambio, en el ganado Cebú, este mecanismo inicia después de los 27° C, y a partir de ahí aumenta rápidamente (Navas, 2010). Evidentemente, se establecerá un nuevo umbral de la temperatura corporal frente al calor moderado, pero si el calor es severo, no podrá ser mantenido durante mucho tiempo, así la temperatura del cuerpo se elevará continuamente hacia una verdadera hipertermia. Normalmente esto ocurre a temperaturas ambientales de alrededor de 25° C por arriba. Se ha mencionado que el umbral de las temperaturas ambientales para la iniciación de un proceso de hipertermia ocurre a temperaturas ambientales relativamente a 25° C cuando la humedad del aire y la radiación solar son elevadas, con un alto nivel de nutrición, y/o de producción o como resultado de una preñez o excitación.

La humedad relativa (HR) indica la cantidad de vapor de agua que contiene el aire en relación con la que podría contener a la misma temperatura, expresándose en porcentaje. La cantidad de vapor de agua que puede contener el aire depende directamente de su temperatura (Alberto et al., 2002). En general, la humedad relativa es más difícil de regular que la temperatura, pero los rangos de confort son más amplios que para la temperatura, generalmente entre 60 y 75 %. La combinación de alta HR con alta temperatura puede comprometer seriamente las posibilidades de los

animales para evaporar agua y, por lo tanto, de disipar calor (Alberto et al., 2002). Algunos estudios reportan pérdidas de calor en el animal por medios evaporativos con alta temperatura en zonas áridas cuando el promedio de HR es de 36 % (Avendaño-Reyes et al., 2007), sin embargo, una HR superior a 70 % es común en zonas tropicales y puede afectar la productividad del ganado (Echeverri et al., 2015). Según Shearer y Bray (1995), en ganado lechero la zona de confort se encuentra entre 6 y 21° C con 60 a 70 % de humedad relativa.

El índice temperatura-humedad (ITH) es una relación calculada en función de la temperatura y el grado de humedad del aire que guarda estrecha relación con el confort animal; esto permite valorar el grado de estrés térmico para cualquier tipo de ganado. El índice fue desarrollado originalmente para ser utilizado en seres humanos (Thom 1959) y luego extendido al ganado por Berry y Hahn (1964). El ITH ha llegado a ser un estándar en las prácticas de manejo del ganado (Khalifa, 2003; Gaughan et al., 2007) existiendo a la fecha tablas y rangos que permiten predecir eventuales categorías del riesgo de estrés por calor asociado al ganado en zonas de climas cálidos. Algunos autores han reportado que durante el verano, con un ITH superior a 72, ocurre una disminución en la ingesta de alimento (Fuquay, 1981; Armstrong, 1994 y West, 2003). De acuerdo a una ecuación, Berry et al. (1964) se determinaron que la disminución en la producción y afectaciones al comportamiento en novillos comienza a partir de un ITH superior a 74. Un límite similar, pero para ganado de carne en pastoreo, fue reportado por Amundson et al. (2006) al considerar situación crítica cuando el ITH es de 68 unidades. Con base a lo anterior se seleccionó una escala para FR desde menos de 60 a mayor a 130 rpm e ITH desde menor a 70 hasta mayor a 84 unidades de acuerdo a la siguiente valoración de criterios (ver cuadro I):

Cuadro 1. Descripción de la escala del grado de ITH y frecuencia respiratoria en umbral de comparación.

Índice Temperatura- Humedad	Frecuencia respiratoria (rpm)	Condiciones	Estado
ITH ≤70	< 60	Normal	El animal no está bajo estrés por calor
	60-90	Moderado	Estrés por calor leve
ITH 71-78	90–110	Alerta	Tomar precauciones
ITH 79-83	110–130	Peligro	No someter el animal a demasiado movimiento
ITH ≥84	> 130	Emergencia	Minimizar cualquier actividad

Tomado de Mader et al., (2006)

2.3. Respuesta fisiológica de bovinos en pastoreo

La tasa de respiración se considera como la primera respuesta de un bovino expuesto a altas temperaturas, pero varía según la raza y estado fisiológico (Gaughan, 1999). Como un ejemplo típico, las razas europeas tienen 13 respiraciones más por minuto que la razas Cebúinas, lo que representa 18,720 respiraciones más por día (Montero-Urdaneta et al., 2008). Cuando la temperatura ambiente es superior a 16° C en el caso de los animales *Bos taurus*, y de 26° C en *Bos indicus*, los mecanismos de termorregulación se activan y el animal incrementa su tasa de respiración y sudoración (Harmer et al., 2000; Flamenbaum, 1997), los cuales son los principales mecanismos de disipación calórica de los bovinos. Altos niveles de temperatura además de la radiación solar que se registran durante el verano en regiones desérticas como el valle

de Mexicali (Correa et al., 2002), pueden provocar aumentos de hasta 22 % en la frecuencia respiratoria en novillos.

Así, debido a una mayor capacidad de adaptación en ambientes calurosos expresada a través de cambios menos significativos en tasa respiratoria, y/o temperatura corporal, el ganado *Bos indicus* es menos sensible de estrés calórico que el ganado *Bos taurus* (Beatty et al., 2006). Un incremento o disminución de 1° C de temperatura rectal normal (38.5° C) es suficiente para afectar el funcionamiento del ganado (McDowell et al., 1976).

La temperatura rectal de los bovinos normalmente se encuentran más alta que la temperatura del ambiente, de manera que se puede garantizar que el calor que genera su metabolismo fluya hacia el aire (Collier et al., 2006). Como menciona Arias et al. (2008), en el ganado bovino el rango normal de temperatura rectal va de 37.8 a 39.5° C, para mantener la homeostasis. Así mismo Brown-Brandl et al. (2005b, 2006a) indican que la tasa de respiración es afectada por la temperatura ambiental, el genotipo, la condición corporal, el historial sanitario y el temperamento de los animales.

Sin embargo, aún y cuando la temperatura corporal tiende a seguir las fluctuaciones estacionales, existen diferencias en los patrones diurnos para el invierno y el verano. Autores como (Davis, 2001; Collier, 2006; Mader y Kreikemeier 2006; O'Brien et al. 2010) reportaron en ganado Holstein una temperatura rectal 40.57° C cuando la temperatura ambiental fue de 27 a 40° C, además de una frecuencia respiratoria de 80 respiraciones/min a las 0700 y 1800 h, respectivamente. En cambio, en un estudio con novillos en pastoreo en Mexicali con temperatura ambiental de 27.24° C, la temperatura rectal fue 39.28° C y de 55 la frecuencia respiratoria (Cisneros, 2015).

Varios autores han deducido que existe una disfunción de los mecanismos termorreguladores del bovino, principalmente en razas europeas, cuando las temperaturas son superiores a 27° C, provocando con ello un incremento de la

temperatura rectal, mientras que en el ganado Cebú esto ocurre a partir de los 31° C (Bavera y Beguet, 2003; Malayer y Hansen, 1990; Pinzón, 1985).

2.4. Efecto del estrés calórico sobre el comportamiento de bovinos en pastoreo.

En la ganadería extensiva de las zonas áridas y semi-áridas, el efecto de la alta temperatura causa grandes estragos debido a que el animal sufre estrés calórico. Las respuestas conductuales y fisiológicas de los animales a esta condición varían según la intensidad del estrés. Considerando que del 5 al 10 % de la energía suministrada por los alimentos se libera en la fermentación digestiva (Beguet, 2003), cuando la temperatura sobrepasa 27° C el animal evita la ingesta de alimentos que aumentarían el calor corporal o sencillamente disminuye el tiempo de pastoreo, para evitar la actividad muscular. Los bovinos de clima cálido aprovechan el elevado calor específico del agua fría para disminuir su temperatura corporal por medio de la conducción al introducirse en ríos, arroyos, lagunas, etc (Echavarría y Miasso, 2002).

2.4.1. Conducta en pastoreo

Estudiar el comportamiento de animales en pastoreo es una estrategia que permite conocer sus actividades tales como, cantidad de forraje consumido, la duración en pastoreo, el patrón de pastar, la actividad de rumia y tiempo de descanso (Hodgson, 1990). El consumo de materia seca es regulado por la cantidad de forraje disponible y el tiempo de pastoreo (Holmes, 1989). Los bovinos, cuando no tienen restricciones, pueden pastorear de 9 a 11 h (Beretta, 2013; Gregorini, 2007, 2009). Sin embargo, cuando son sometidos a un periodo de descanso a la sombra de al menos 7 h, pastorearon mayor tiempo con relación a novillos en libre pastoreo, tanto en la primera sesión de pastoreo luego del encierro, como durante el total del periodo diurno de pastoreo (Gregorini et al., 2009).

2.4.2. Tiempo de pastoreo.

En función de la época del año y condición potencial de estrés por calor, los novillos en libre pastoreo presentan una combinación de cambios en la conducta y patrón de pastoreo. En primer lugar ajustes en la actividad diurna (actividad de rumia y descanso) y nocturna (Stobbs, 1970; Valtorta et al., 2003), y en segundo término un incremento en la tasa de consumo de forraje (g/min) (Allden y Whittaker, 1970).

En ganado bovino, 85 % del pastoreo es diurno y 15 % nocturno (Bravo, 2010; Albright, 1993; Wilson, 1961). En diferentes condiciones se ha observado que de 65 a 100 % del tiempo de pastoreo ocurre entre 0600 y 1900 h para un amplio intervalo de temperaturas ambientales (Krysl y Hess, 1993). En el caso de pastoreo restringido, la mayor actividad se mantuvo entre las 0700 y 1000 h, divididas en 55 % de pastoreo, 15 % la rumia, 28 % en descanso y 2 % en otras actividades. Vilela et al. (1974) observaron que cuando los animales pastorean en praderas mixtas de gramíneas y leguminosas duran 7 a 8 h pastando. Para las regiones tropicales, el tiempo de pastoreo varía de 9 a 11 h/d (Avendaño et al., 1986). Arnold (1992) menciona un promedio de pastoreo de 11 h para los novillos, 8 a 9 h para ovinos y vacas lecheras y de 9 a 10 h para los bovinos de carne bajo condiciones de termoneutralidad.

2.4.3. Rumia.

La rumia es importante por contribuir a degradar el tamaño de la partícula. Las vacas rumian generalmente echadas hasta 65-85 % del tiempo total de rumia. Un período de rumia puede durar hasta dos horas y el proceso se repite varias veces. Beauchemin et al. (1990) señalan que a través del día, la rumia se presenta cíclicamente y en mayor proporción ocurre durante la noche, posiblemente porque los animales necesitan un ambiente menos caliente para postrarse y rumiar. De manera general, en cuanto al tiempo de rumia, se ha observado que los animales dedican aproximadamente 8 h/d a esta actividad (Vara y Moreno, 1984). Hodgson (1990) menciona un tiempo similar (6 a 8 h/d), pero adicionalmente menciona que en ese tiempo se efectúan entre 15,000 y 20,000 movimientos de quijada. En el cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos por diversos autores sobre diferentes actividades de comportamiento de novillos en pastoreo.

Cuadro 2. Tiempo en hora por día dedicado a las diferentes actividades de comportamiento de novillos en pastoreo.

Actividades	PTDO	CMDO	DEST	DESP	DESE	RUMT	RUME	RUMP
Autores								
Pinto et al., 2014	8.49	0.77	5.54	3.26	2.28	8.60	7.66	0.94
Suarez et al., 2012	7.88	--	2.12	1.43	0.8	2.17	1.68	0.95
Iraola et al., 2013	5.57	--	0.72	--	--	1.0	--	--
Suarez et al., 2012	7.53	--	2.07	0.80	1.26	1.70	1.41	0.29
Suarez et al., 2012	6.37	--	2.42	0.77	1.64	2.42	1.56	0.85
Suarez et al., 2012	6.81	--	2.41	0.88	1.53	2.0	1.55	0.45
Patiño et al., 2008	7.32	0.37	1.3	0.7	0.6	2.75	1.78	0.98
Patiño et al., 2008	7.68	0.27	1.1	0.4	0.68	2.72	1.55	1.17
Patiño et al., 2008	7.67	0.28	0.92	0.38	0.52	2.43	1.52	0.92

Acrónimos" PTDO: Pastoreando CMDO: Caminando DEST: Descanso total DESP: Descanso parado DESE: Descanso echado RUMPT: Rumiano total RUME: Rumiano echado RUMP: Rumiano parado.

2.5. Efecto del genotipo sobre hábitos de pastoreo

Recientemente se ha relacionado al genotipo de novillos pastoreando bajo condiciones de estrés calórico con características como capacidad de crecimiento, ganancia de peso y principalmente respuesta a la temperatura ambiente. La adaptabilidad del ganado de diversos genotipos al calor permite evaluar las posibles respuestas durante el verano. De acuerdo con Bavera et al. (2003), las reacciones de los animales bajo la influencia del clima nos indican las diferencias morfológicas y funcionales que existen entre las razas y aún entre los individuos de una misma raza. La selección de ciertas características ha permitido obtener beneficios de razas de ganado bovino con características hereditarias por su adaptabilidad a condiciones de

calor extremo; este mismo autor señala que la raza Cebú es la mejor adaptada para condiciones de pastoreo durante el verano.

De acuerdo a Pereira y Leiras (1991) existen notables diferencias en comportamiento de novillo entre razas. Estas diferencias son más relevantes cuando se comparan razas pertenecientes a los grupos *Bos taurus* y *Bos indicus*, siendo estos últimos de zonas de mayor temperatura, pastorean por más tiempo y se desplazan mayores distancias. Velásquez (2003) comparó en un clima tropical el tiempo de pastoreo entre varios grupos raciales, observando que animales de la raza *Bos indicus* identificada como Senepol pastorearon en promedio media hora más que animales de raza Aberdeen Angus y una hora más que la raza Romosinuano (7.5 vs 7.0 vs 6.5 unidades) respectivamente. Factores como la disponibilidad de forraje y de sombra influyen en el tiempo de pastoreo, aunque en términos generales se puede afirmar que el tiempo de pastoreo diario de un vacuno varía de 8 a 10 h (Di Marco y Aello 2002). Preston y Leng (1989) observaron, en bovinos *Bos indicus*, que durante la época seca el tiempo de pastoreo era mayor (13 h) debido básicamente a la menor disponibilidad de materia seca. El efecto positivo de un aumento de la asignación de forraje (kg de forraje/100 kg de PV) sobre el consumo esperado de materia seca, solo puede ser observado si el tiempo de pastoreo no es una limitante (Pérez-Ramírez et al., 2009). Por su parte, Kennedy et al., (2009), sostienen que la asignación de períodos de 4 h de pastoreo sería muy restrictiva para promover una buena producción. Adicionalmente Beretta et al. (2013) mencionan que el ganado Cebú busca la sombra a temperatura ambiente más elevada que en el caso del ganado europeo.

En una investigación realizada por Rinehart (2008), se asignaron rangos de tiempo de pastoreo en ganado Cebú con 24 h de observación, dando un promedio de 7 a 10 h/d. Por otra parte, Iraola et al. (2013) encontraron 6.8 h de pastoreo en animales sin suplementación y 5.7 horas en los animales suplementados. Posteriormente, Suárez (2012) encontró que los novillos raza cebuína mantenidos bajo condiciones de pastoreo realizaron aproximadamente 7.8 h pastoreando. En comparación con razas europeas, se observó que el ganado Holstein permaneció menos tiempo en pastoreo en un clima

cálido extremoso (Smith et al. 2006). Grant (2012) reportó que normalmente los novillos Holstein pasan 5 h en pastoreo.

2.5.1. Efecto sobre aprovechamiento de nutrientes en pastoreo

Varios estudios han reportado que el ganado Cebú, originario de climas tropicales, posee una tasa metabólica inferior a ganado Holstein, lo que le permite soportar un ambiente con mayor temperatura y humedad, aunque esto conlleva a un menor potencial de producción (Hansen, 1990; Nay y Heyman, 1956). Se ha demostrado que los animales de origen europeo consumen mayor cantidad de agua que el ganado Cebú cuando se encuentran en condiciones de climas cálidos (McDowell, 1985). La menor tasa metabólica en el ganado Cebú es aminorada por su mayor potencial para consumir pastos que las razas europeas (Howes et al., 1963; McDowell, 1975; Preston y Leng, 1989). En un estudio conducido por Korver (1988), se encontró que cuando están en lactancia las vacas Holstein consumen 22 % más materia seca que las vacas Jersey.

Se ha reportado que en el caso de pastos con menor contenido de proteína, el ganado Cebú logra consumir mayor cantidad de MS que el ganado europeo (McDowell, 1985). Algunos otros investigadores como Karue et al. (1972), encontraron que al ingerir un pasto con solo 7 % de proteína cruda el ganado Cebú continúa con su metabolismo normal del nitrógeno, mientras que el ganado europeo reduce drásticamente la excreción en orina, lo cual sugiere un diferencial favorable para este último, en la eficiencia de utilización del N.

Se ha demostrado que el ganado Cebú debe su gran tolerancia al calor, debido más que a la posesión de una gran superficie de piel con relación a la masa corporal (Pinzón, 1985). Los vacunos de las regiones templadas pueden aclimatarse más fácilmente a un calor fuerte e intermitente que a otro más moderado, pero continuo (Villalobos, 2012). En zonas áridas subtropicales como América y Australia, razas de ganado vacuno europeo de climas templados están expuestas durante los meses de

verano a un calor considerablemente estresante. Sin embargo, este ganado prospera en dichas zonas porque se trata de un calor intermitente que disminuye por las noches en los meses de verano y no existe durante los meses de invierno (Flamenbaum, 1997). Una aclimatación permanente al rigor del clima puede imputarse a los cambios introducidos en el comportamiento de los animales o a ciertas modificaciones de sus reacciones fisiológicas, que pueden ser o no heredadas, aunque también se puede tener lugar una selección natural o artificial de ciertos caracteres morfológicos que ayudan al animal a aclimatarse (Helman, 1993). El ganado de razas de zonas templadas pasta en los trópicos mayormente por la noche y busca más la sombra durante el día (Beretta et al., 2013).

2.6. Composición química y digestibilidad del pasto Bermuda.

La información actual sobre la composición química de pastos y forrajes se basa en su contenido de proteína, fibra, grasa y ceniza, lo cual se obtiene mediante el análisis proximal, digestibilidad y su contenido de componentes estructurales (Van Soest, 1991; Yan T, 2004 y FAO, 2007). Desde el punto de vista de la nutrición de los rumiantes, la fibra puede definirse como el conjunto de componentes de los vegetales que tienen baja digestibilidad y promueven la rumia y el equilibrio ruminal. La fibra es una entidad heterogénea formada por varios componentes químicos, pero cuya estructura tridimensional es variable y poco conocida (Allen, 1991). Desde el punto de vista químico, la fibra se compone de un entramado de celulosa, hemicelulosa y lignina. Para efectos prácticos se han definido en términos de fibra bruta (FB), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), y su contenido es útil para la predicción de la calidad de los pastos, la ingestión de la materia seca, la digestibilidad y el valor energético de los alimentos (Allen, 1991). El nivel de fibra que regularmente presentan los pastos en condiciones de pastoreo es de aproximadamente 35 a 60 % de FDN (Klein, 2000); sin embargo, con la incorporación de concentrados este valor disminuye a 25 - 45 % (Allen, 1991). Así también, se conoce que los forrajes tropicales, como el Bermuda (*Cynodon Dactylon* L.), tienen un valor alimenticio menor que los de zonas templadas y con frecuencia se clasifican dentro de la categoría de alimentos toscos o

groseros por su elevada proporción de componentes de pared celular (fibra bruta > 30 %, FDN ~73 %) (Goetsch et al. 1991; Poppi et al., 1995; Moore et al., 1999). En el noreste de México, al evaluar el valor nutricional de pastos tropicales, Juárez-Reyes et al. (2009) encontraron valores de hasta 76 % para FDN, principalmente en pasto Bermuda. Después, en una investigación conducida por Hill et al. (2000), se encontraron valores de FDN para pasto Bermuda de variedades Coastal, Tifton 78 y Tifton 85 de 71.6, 72.5 y 74.6 % respectivamente. Estudios en pasto Bermuda cruz 1 mostraron un contenido de FDA y FDN de 38.1 y 79.3 % (Jones et al., 1998). Mientras Galloway et al. (1993) reportaron 36.8 % de FDA y 74.9 de FDN. Existen estudios que han encontrado hasta 78 % FDN en *Cynodon Dactylon* (Álvaro, 2012). En un estudio realizado en el valle de Mexicali encontraron la FDN en promedio del rango 58 a 62 % y FDA 24 a 25 % en pasto Bermuda cruz 1 (Gutiérrez et al., 2013).

En la investigación realizada para determinar la cantidad de proteína cruda (PC) de diferentes variedades de Bermuda, se observaron 13.9 % Bermuda cruz 1, 13.4 % Bermuda cruz 2 y Santo Domingo 14.9 % Cabanillas et al. (2009). En otro estudio reportaron el contenido de PC en Bermuda cruz 1 un promedio de 10.3 % Heinemann et al. (2005). En un estudio realizado por Gutiérrez (2013), se presentaron valores de PC en Bermuda cruz 1 de 7.7, 7.8 y 6.3 %. Jones et al., (1988); Wheeler et al., (2002) y Galloway et al., (1993) observaron que el contenido promedio de PC en el pasto Bermuda cruz 1 está dentro de un rango de 10 - 12.5 %. Se han reportado valores de PC 12.5 % (Jones et al., 1988) en pasto Bermuda, para ballico anual de 13.8 % (Álvarez et al., 2008) y para alfalfa de 17 % (Van Soest, 1982).

Cuadro 3. Composición química de pastos Bermuda.

Especies	MSP, Kg/ha	PC	ASH	FDN	FDA	DIVMS	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Autores
Estrella Africana	5.23	10.2	67.1	36.9	--	--	--	--	--	Ruiz ., 2014
Bermuda cruza 1	44.2	7.3	--	60.0	24.4	67.6	--	--	3.1	Gutiérrez., 2013
“”	--	10.1	8.0	74.9	36.8	--	29.0	38.8	5.8	Galloway et al., 1993
“”	--	12.1	8.6	79.3	38.1	--	29.7	41.2	5.5	Jones et al., 1988
“”	--	10.3	6.0	75.4	44.7	--	--	--	8.6	Wheeler et al., 2002
“”	--	7.6	8.6	76	--	--	--	--	--	Reyes et al., 2009

Acrónimos” MSP: Materia seca parcial PC: Proteína cruda, ASH: Ceniza, FDN: Fibra detergente neutro, FDA: Fibra detergente ácido, DIVM: Digestibilidad in vitro de materia seca.

2.7. Factores climáticos que afectan el valor nutritivo del pasto Bermuda.

El pasto Bermuda es un zacate perenne originario del sureste de África, crece en climas cálidos secos con el apoyo del sistema de riego, mientras que en climas tropicales y subtropicales con adecuada precipitación; se considera que tanto su rendimiento de forraje como su valor nutritivo son altos. Debido a sus habilidades de crecimiento y propagación a través de rizomas y estolones, el pasto Bermuda es persistente y resiste tanto el pastoreo como el corte (Redfearn y Nelson, 2003). La temperatura óptima para su crecimiento es entre 23.6° C y 32.2° C. Una reducción de su crecimiento puede ocurrir cuando la temperatura es menor a 15.5° C o mayor a 35° C (Dietsch et al., 1997).

Otro factor relevante a considerar es el fotoperiodo, ya que al igual que otras gramíneas tropicales, el pasto Bermuda (*Cynodon Dactylon*) es altamente sensible a cambios en las horas luz durante el año, afectando tanto a la producción de biomasa como al valor nutricional (Neuman et al., 2007; Sinclair et al., 2001; Hill et al., 1993; Dzowela et al., 1990). Por otra parte, Sinclair et al. (2003) observaron en pasto Bermuda que un aumento en el fotoperiodo no modificaba la producción de MS ni su digestibilidad *in vitro*. Aunque todas las especies son sensibles a las variaciones en fotoperiodo, el resultado y la intensidad de la respuesta varían entre especies.

Es ampliamente conocido que uno de los principales factores que afecta la calidad y utilización de los pastos es el estado de madurez por ser la principal característica que determina la calidad nutritiva del forraje (Arthington y Brown, 2005). Durante el proceso de crecimiento de la planta, después del estado foliar inicial hay un rápido incremento de materia seca (MS) y un cambio continuo en los componentes orgánicos e inorgánicos (Mannuel, 2005). A medida que avanza la madurez, la formación de los componentes estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa) ocurren con mayor velocidad que el propio incremento de los carbohidratos solubles; además, los componentes nitrogenados progresivamente se reducen respecto al total de la materia

seca. Esto se debe tanto a la pérdida de hojas como al aumento progresivo de la lignina, uno de los componentes estructurales que forma parte esencial de la membrana celular, el cual dificulta la digestión y disminuye el valor nutritivo de los pastos (Van Soest, 1994).

La disponibilidad forrajera está limitada por dos principales factores: la cantidad y calidad del forraje disponible, donde la cantidad es el primer factor limitante (NRC, 2016). Asimismo, López (1984) menciona que la producción y presentación del forraje disponible para el animal en pastoreo tiene grandes efectos bajo condiciones de pradera y época. En el valle de Mexicali Gutiérrez (2013) encontró un promedio mensual de 5026, 4946 y 4067 kg/ha de pasto Bermuda en agosto, septiembre y octubre en novillos pastoreando respectivamente.

La digestibilidad aparente de un pasto expresa la proporción en que se encuentran los nutrientes digestibles y su utilización con respecto al total del alimento ingerido por el animal. Una digestibilidad del 65 % en un forraje es indicativo de un buen valor nutritivo y permite un consumo adecuado de energía en la mayoría de los animales (Manuel, 2005). Un estudio publicado por Cabanillas et al. (2009) reportaron valores de digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) para los pastos Bermuda cruz 1, Bermuda cruz 2 y Santo Domingo de 56.8, 59.3 y 58.0 %, respectivamente, cosechado en la cuarta semana. Además, se ha reportado que la DIVMS en Bermuda cruz 1 cosechado en las primeras semanas de edad valores de 64.5, 68.3 y 69.5 % (Gutiérrez, 2013). Arthington y Brown (2005) encontraron valores de DIVMO de 55 y 47 % en pasto Bermuda cosechada a las 4 y 8 semanas de edad, mientras que en la variedad costal se presentaron valores en la DIVMS de 65 y 58 % respectivamente. Minson (1990) reportó 70 % de DIVMS que es superior a otras especies.

2.8. Consumo de forraje y ganancia de peso de bovino en pastoreo

El consumo de materia seca (CMS) determina el estatus nutricional y la capacidad productiva de los animales (Mayes y Dove, 2000) influyendo en el valor nutricional de

los alimentos (Galyean, 1997; Van Soest, 1994). En las zonas tropicales del mundo los pastos son el principal recurso alimenticio para los bovinos y los sistemas de producción que prevalecen en estas regiones, utilizando el pastoreo como la principal práctica de alimentación; de ahí que numerosos trabajos se han realizado tratando de cuantificar el CMS de forrajes bajo condiciones de pastoreo.

Aunque el consumo y la digestibilidad del forraje por los animales en pastoreo son los factores más importantes que determinan el nivel de producción (Montague et al., 1986; Minson, 1990), existen limitaciones para su estimación, debido a que los bovinos en pastoreo presentan una alta selectividad y los hábitos de pastoreo se pueden modificar por la salud del animal, las condiciones climatológicas y los factores de orden etológico (Mertens, 1987). Esto ha conducido a buscar métodos que ofrezcan precisión, pero que sean a la vez prácticos para su aplicación. Entre estos figuran cuantificar la concentración de marcadores internos en las heces y los forrajes (Galyean et al., 1986). Cuando se realizan ensayos donde los animales reciben suplementos, resulta necesario considerar la contribución del marcador interno de estos componentes dietarios en las heces. Existe una relación estrecha entre el consumo de materia seca y la disponibilidad y calidad del forraje (Dalley et al., 1999). Una disponibilidad de 2200 a 3000 kg/ha (NRC, 1987), no presenta limitaciones en el consumo para la mayoría de las especies de ganado. Conforme la disponibilidad de forraje disminuye a 1000 kg/ha, se espera una reducción de 15 % en el consumo de MS.

La temperatura ambiente es otro factor de suma importancia principalmente por su efecto negativo sobre el consumo de alimento (Verbeck et al, 1994; Fobres y Baile 2004). Algunos estudios en climas cálidos demuestran que el consumo de materia seca disminuye cuando la temperatura alcanza un nivel superior a 26° C. Se ha encontrado que el consumo es del 90 % normal a una temperatura de 30° C (Shearer y Beede, 1990).

Normalmente animales en pastoreo están afectados por factores como el estrés por calor que causa una disminución en el CMS, esto como resultado de una elevación de la temperatura corporal debido al calor acumulado en respuesta a una limitada pérdida de calor corporal (St-Pierre et al., 2003). Fox et al. (1988) reportaron una reducción de

10 % en el consumo de MS cuando la temperatura ambiente variaba entre 25-30° C y un incremento de 7 a 18 % en la ENm dependiendo de la severidad del estrés por calor, consecuentemente afectando negativamente el balance energético del animal. Estudios realizados en novillos de 280 kg de PV bajo pastoreo y sometidos a altas temperaturas ambientales su consumo de materia seca fue de 6.6 kg de materia seca por día (Cisneros, 2015).

Cuando el pastoreo ocurre bajo condiciones de elevadas temperaturas ambientales conduce a bajas ganancias de PV, por parte del animal. Como una práctica para aminorar este problema en novillos bajo pastoreo, se ha utilizado el uso de sombras, lo cual ha mejorado la ganancia de peso y la conversión (Mader et al., 1999; Gaughan et al., 2010; Sullivan et al., 2011). Asimismo, Rovira y Velazco (2007) con el uso de sombras mejoraron 14 % la GP en novillos pastoreando Sudangras; en tanto Simeone et al. (2010), incrementaron 50 % la GD (0,514 vs. 0,772 \pm 0,022 kg/día) en vaquillas Hereford y cruzadas bajo pastoreo.

Estudios previos mostraron que al suplementar novillos pastoreando una pradera de pasto Bermuda obtiene varios resultados de ganancia diaria de peso, según Bodine et al., (2001) encontraron una ganancia de 0.47 kg/d pastoreando una pradera de pasto Bermuda, en el suplemento proteico. Mientras que Beretta et al., (2012) encontraron una ganancia de PV 0.875 kg /día en verano cuando ofrecieron 6 kg MS/ 100 kg peso vivo (PV) de forraje. Bodine et al. (2001) reportaron que al suplementar novillos con semilla de algodón o con grano de sorgo, los incrementos en la ganancia diaria fueron de 27 y 57 %, respectivamente. En un estudio realizados en el valle de Mexicali con novillos pastoreando pasto Bermuda y suplementado con pasta de soya (0.4 % del PV) se observaron GDP de 0.89 kg/d (Gutiérrez, 2013). En cambio Cisneros (2015) al suplementar novillos Cruzados a (0.3 % de PV) en el verano obtuvieron una GDP de 0.939 kg/d. Por otra parte, al comparar razas bovinos bajo condiciones de pastoreo se identificó que el ganado Cebú bajo estrés por calor gana 9 % más peso que el ganado europeo (Sánchez et al., 2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica y duración del experimento

El experimento fue conducido durante 96 d en la Unidad de Bovinos de Engorda del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) de la Universidad Autónoma de Baja California, desde mitad del verano hasta el otoño del año 2016, en los meses de Agosto a Noviembre. Geográficamente la unidad se localiza en el Ejido Nuevo León, a 50 km al sur de la ciudad de Mexicali, Baja California, México (32°24'44.16" N, 115°11'56.87" O). La altitud es de 12 msnm con una temperatura y precipitación media anual de 22° C y 75.9 mm, respectivamente (INEGI, 2010). El clima de esta zona es considerado como árido, seco extremo con temperaturas mínimas, máximas y media de 20, 51 y 33° C respectivamente, alcanzando hasta 52° C (CIMIS, 2004).

3.2. Tratamientos, identificación y asignación de los grupos de animales

Se utilizaron 16 novillos, 8 Cruzados y 8 Holstein con aproximadamente 18 meses de edad. Todos los animales tenían al menos 90 d de haber ingresado a la Unidad de Engorda y Pastoreo del ICA-UABC. Al inicio del experimento, el peso promedio fue de 249 y 314 ± 10 kg para los genotipos Holstein y los Cruzados, respectivamente. En los dos casos, la condición corporal varió de 3.5 a 4.0, considerada como normal, utilizando una escala de 1 a 5, donde 1 corresponde a vacas extremadamente delgadas y 5 a obesas (Wildman et al., 1982).

Los tratamientos fueron integrados por tres factores en estudio, genotipo (Holstein y Cruzados), periodo de pastoreo (Agosto, Septiembre y Octubre) y horas (AM, MD y

PM). Los periodos de pastoreo fueron tres, Agosto, Septiembre y Octubre. En cada uno de los tres periodos experimentales de 22 d, los tratamientos eran los siguientes:

T1: Holstein, 1.6 kg de concentrado/día + pastoreo *ad libitum*.

T2: Cruzados, 2.1 kg de concentrado/día + pastoreo *ad libitum*.

3.3. Asignación del área de pastoreo y consumo de concentrado.

Previo al inicio del periodo experimental los animales fueron pesados y con el promedio de peso de cada grupo y la cantidad de forraje disponible en la pradera se calculó tanto el área de pradera a utilizar diariamente, como la cantidad de concentrado a suministrar (0.4 % del peso vivo). Los animales permanecieron siempre en áreas contiguas y similares de pastoreo, pero agrupados por raza, con un sistema rotacional en 11 melgas de Bermuda cruza 1, cada una con una superficie de 3250 m². Al finalizar el pastoreo en cada una de las melgas, estas fueron fertilizadas con urea (100 kg N/ha), regadas por inundación y permitidos 28 d de descanso. El método de pastoreo utilizado fue un sistema de pastoreo rotativo en franjas delimitadas por cercos eléctricos móviles.

El concentrado ofrecido fue elaborado en la planta de alimentos del ICA-UABC en una sola ocasión y suficiente para los tres periodos experimentales. Los ingredientes del concentrado fueron trigo (78.9 %), pasta de soya (8.6 %), salvado de trigo (4.2 %), harinolina (4.0 %), premezcla de vitaminas y minerales (2.0 %), piedra caliza (1 %), ortofosfato de calcio (0.8 %) y Sal común (0.5 %). El concentrado se ofreció individualmente a los animales únicamente por la mañana (0700) durante todo el experimento, mediante corraletas con puerta semiautomática ubicadas en los corrales para manejo y descanso. Estos están ubicados a un máximo de 120 m del área de pastoreo y se encuentran habilitados con sombra, bebederos automáticos y comedero lineal de concreto. Las muestras de concentrado para su análisis se recolectaron diariamente durante los periodos de muestreo.

Cuadro 4. Composición nutricional del concentrado ofrecido a los animales durante el experimento.

Composición nutricional	%
MS	90.46
EM¹,Mcal/kg	3.09
MO	88.31
PC	10.37
FDN	14.98
FDA	2.56
CENIZAS	2.15

MS Materia Seca, EM Energía Metabolizable, MO Materia Orgánica, PC Proteína Cruda, FDN Fibra Detergente Neutro, FDA Fibra Detergente Acido, DVIMS Digestibilidad en Vitro de Materia Seca.

3.4. Determinación de consumo durante el pastoreo y forraje seleccionado.

El consumo de forraje durante el pastoreo fue estimado a partir de la fórmula de la indigestibilidad siendo:

$$Consumo = \frac{Kg \text{ alimento externo} \times Kg \text{ MS excretada en heces}}{Kg \text{ indicador en las heces} \times \% \text{ indigestible de MS}}$$

(t'Mannetje, 1973), que utiliza la cantidad de heces excretadas y los valores de digestibilidad *in vitro* del forraje seleccionado. Para estimar la excreción total de heces fueron seleccionados al azar cuatro animales de cada tratamiento, para los últimos 10 días de cada periodo suministrarles oxido crómico (Cr₂O₃) en el suplemento como marcador. La dosis diaria de Cr₂O₃ se calculó como el 0.3 % del consumo diario de materia seca esperado, que en este caso se fijó como 2.3 % del PV. Este marcador se

espolvoreó sobre el suplemento y se mezcló hasta su distribución homogénea enfrente del animal asignado. En cada periodo durante el suministro de Cr_2O_3 , a partir del día 7 y hasta el 10 se recolectaron muestras de heces de aproximadamente 200 g dos veces por día a cada animal tratado (0700 y 1900 h) mediante estimulación rectal. Las muestras se introdujeron en bolsas de plástico identificadas previamente con el animal correspondiente, se mantuvieron en hielo y se trasladaron hacia un congelador a una temperatura de -15°C . Al día siguiente de finalizado cada periodo de recolección, las heces se descongelaron a temperatura ambiente, mezclaron, homogenizaron y se tomó una alícuota de aproximadamente 250 g que fue extendida en una bandeja de papel aluminio para desecarse en una estufa de aire forzado a 55°C durante 48 h. Una vez secas las muestras fueron trituradas y molidas en una licuadora convencional para obtener un tamaño de partícula de aproximadamente 1 mm y se guardaron en envases de plástico para su análisis posterior.

Simultáneamente en los últimos tres días de cada periodo de muestreo de heces se recolectaron muestras de forraje seleccionado por los animales en la pradera con el objetivo de conocer la calidad de la dieta consumida. Para definir la selección de forraje se eligieron al azar dos de los novillos que fueron dosificados con Cr_2O_3 . La recolección de forraje se realizó de la siguiente forma: Día 1: 0900 y 2100 h, Día 2: 1300 y 0100 h, Día 3: 1700 y 0500 h. Se observó visualmente a cada animal seleccionado mientras pastoreaba y muy cerca del sitio de consumo se recolectó una muestra del pasto de aproximadamente 50 g, usando unas tijeras de jardinería tratando de cortar a la altura el material vegetativo que el animal selecciona. El manejo diario de los animales en el transcurso del experimento facilitó este proceso. Las muestras de forraje se introdujeron en bolsas de plástico previamente identificadas y se llevaron a un refrigerador manteniéndolas a unos 6°C , una vez concluido los tres días del periodo de recolección, las seis muestras obtenidas por animal se conjuntaron, pesaron en bolsas de papel y se secaron a 55°C durante 48 h. Las muestras secas se molieron en un molino de la marca Willey usando un cedazo de 1mm. La muestra molida se mezcló y cuarteo con el propósito de obtener una muestra representativa. Las muestras se guardaron en contenedores de plástico para su análisis posterior. Para la determinación de

digestibilidad in vitro de la MS (DIVMS) se utilizó el protocolo recomendado por Tilley y Terry (1969).

3.5. Comportamiento en pastoreo mediante observación directa

Para evaluar el comportamiento en pastoreo, cuatro animales de cada grupo racial fueron seleccionados al azar e identificados con números en ambos costados para ser identificados a una distancia considerable sin interrumpir sus actividades normales en la pradera. Las observaciones se realizaron de preferencia cuando ambos grupos permanecieron en melgas contiguas. Las observaciones fueron realizadas en tres intervalos, por la mañana (AM; 0900 a 1100), medio día (MD; 1200 a 1400) y en la tarde (PM; 1500 a 1700), durante cuatro días consecutivos. Las actividades pre-definidas siguientes se registraron cada 15 minutos en los novillos Holstein y Cruzados seleccionados: tiempo total de rumia (RUMT), tiempo de rumia cuando el animal permanece parado (RUMP), tiempo de rumia cuando el animal esta echado (RUME), tiempo total de descanso (DEST), tiempo de descanso cuando el animal permanece parado (DESP), tiempo de descanso mientras el animal permanece echado (DESE), tiempo en que el animal se encuentra caminando (CMDO) y tiempo que el animal gasta en pastoreo (PTDO).

3.6. Temperatura rectal (TR) y frecuencia respiratoria (FR)

Al final de cada uno de los tres periodos del experimento, a cuatro animales de cada genotipo se les midió la frecuencia respiratoria y temperatura rectal dos veces al día (0700 y 1900 h), con la ayuda de un contador manual y un cronómetro. La frecuencia respiratoria se estimó por observación visual durante 30 segundos contando el número de movimientos del espacio intercostal al flanco izquierdo de cada novillo con la ayuda de un contador manual y un cronómetro; para contabilizar por minuto este valor se multiplicó por dos. Para la medición de temperatura rectal se midió con un termómetro digital (Sharptemp[®]) que se introdujo aproximadamente dos pulgadas en el recto del novillo pegado a la pared dorsal (Pearce et al., 2014). El dato fue registrado hasta que el termómetro emitió la señal acústica.

3.7. Distancia recorrida

Los últimos cuatro días de cada periodo de pastoreo se estimaron con GPS (Garmin *eTrex® H*): el tiempo total en movimiento (**TMOV**, h), descanso (**TDES**, h) y la distancia recorrida (**DREC**, km) de manera continua en los cuatro grupos de animales. Para esta prueba se seleccionaron aleatoriamente 2 animales por tratamiento, dando un total de 4 unidades de muestreo. Se armaron collares de cinchos fabricados con polipropileno de ¼'' de grosor y 2'' de ancho, los cuales tuvieron que ajustarse al diámetro del cuello de los animales. Los collares se equiparon con un cartucho hecho con material PVC® de 3'' de ancho y 6'' de largo, dentro de este dispositivo se introdujo el GPS ya programado. La dinámica consistió en traer a las corraletas individuales los cuatro animales de la prueba para colocarles alrededor del cuello su collar con el GPS. Para el dispositivo se utilizaron pilas recargables (AA Energizer® 2300 mAh) que se cambiaron cada 12 h, para así registrar durante 24 h.

3.8. Variables de respuesta

Las variables medidas fueron la ganancia de peso, consumo diario de materia seca, digestibilidad en vitro de materia seca, hábitos en pastoreo y variables fisiológicas. Los registros climáticos fueron colectados de la estación meteorológica de (ICA) diariamente durante todo el periodo del trabajo. A partir de esta última información fue posible calcular el índice temperatura-humedad (ITH) de acuerdo con la fórmula de Hahn (1999):

$$ITH = 0.81 TA + HR (TA - 14.4) + 46.4$$

Dónde:

ITH = Índice de temperatura-humedad;

TA = Temperatura ambiental (°C);

HR = Humedad relativa (%);

Los valores de ITH se construyeron considerando las temperaturas mínimas, máximas y promedio.

3.9. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con un modelo lineal que incluyo genotipo (Holstein vs Cruzados) y el periodo de muestreo al mes (Agosto, Septiembre y Octubre), así como sus posibles interacciones considerando el tiempo AM, MD y PM. Para todos los análisis se utilizó PROC MIXED del programa SAS STAT versión 9.0 (2002). Las diferencias entre las medias ajustadas se detectaron mediante pruebas de t student usando el comando LSMEANS. La aceptación de diferencias entre medias se fijó a una probabilidad menor de 0.05 ($P < 0.05$). Valores de probabilidad entre 0.05 y 0.10 se consideraron tendencias. Cuando las interacciones no fueron significativas, fueron removidas del modelo y se graficaron solamente las que presentaron significancia. La temperatura, humedad y el índice de temperatura-humedad se correlacionaron con las variables establecidas como conducta en pastoreo mediante el procedimiento PROC CORR del paquete estadístico SAS, versión 9.0 (2002).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Ambiente climático

El promedio de la temperatura ambiental en todo el periodo del experimento fue $28.9^{\circ}\text{C} \pm 5.2$ y la humedad relativa $43\% \pm 13.8$. Debido al cambio de estación de verano a otoño a lo largo del experimento y como era de esperarse, existió un descenso del periodo 1 al 3, tanto en los valores de temperatura ambiental (promedio, máximas y mínimas), como el índice de temperatura-humedad, por lo contrario la humedad relativa es inversas. El rango de temperatura promedio del día y de la noche fue ampliándose conforme avanzó el experimento, ya que el diferencial en el periodo 1 fue de 14.7 %, mientras que de 23 % en el periodo 3; esta condición es característica de los desiertos en el norte del país (SMN, 2010). En el caso de la humedad relativa (HR), los cambios día – noche no presentaron una tendencia clara. El ITH promedio durante el periodo experimental fue superior a 74 unidades señalado por Mader et al. (2002) y Hahn (2008). De acuerdo con la zona de potencial reproducción para ganado en pastoreo utilizada por Amundson et al. (2006), para categorizar el riesgo de estrés calórico según el ITH (68 sin estrés por calor, 72-78 estrés medio, 79-89 estrés severo, >98 emergencia), en promedio existieron condiciones para la presencia de estrés calórico en los animales durante el verano. El ITH máximo se presentó durante el primer periodo debido a que abarcó la parte final de periodo de verano, aunque disminuyó conforme transcurrían los periodos. En coincidencia con Cisneros et al. (2012), en el primer periodo la temperatura se mantuvo por encima del límite superior de la zona termo neutral en las noches durante el verano en el valle de Mexicali. Como era de esperarse, con la llegada del otoño ocurrió una disminución de ITH. Similar a la temperatura, el ITH también mostró un descenso gradual al comparar el día con la noche, ya que mientras en el periodo 1 descendió solo dos unidades porcentuales, en el periodo 3 el diferencial día-noche fue cercano a 9 %. Esta última tendencia explica porque en los meses de

mayor calor, aun por la noche, es más complicado que el animal disipe el calor corporal acumulado. Es así como en el primer periodo del estudio los animales se encontraron bajo un estrés calórico continuo durante las horas del día y una leve recuperación en el transcurso de la noche.

Cuadro 5. Condiciones climáticas registradas durante el desarrollo experimental.

	TA (°C)	HR (%)	ITH
1^{er} Periodo			
Promedio	32.7	48.5	81.4
Mínima	26.3	27.0	75.9
Máxima	40.0	70.0	85.9
Día	35.3	40.7	80.8
Noche	30.1	56.2	79.3
2^{do} Periodo			
Promedio	28.3	41.8	74.5
Mínima	21.4	24.0	68.1
Máxima	36.3	61.5	81.1
Día	30.9	36.0	76.7
Noche	25.8	47.5	72.4
3^{er} Periodo			
Promedio	25.7	42.4	71.3
Mínima	18.2	23.4	63.5
Máxima	34.1	61.0	78.6
Día	29.0	35.9	74.5
Noche	22.3	48.9	68.1

TA: temperatura ambiente, HR: humedad relativa, ITH: índice de temperatura-humedad
Día (7 AM a 7 PM) y Noche (8 PM a 6 AM).

Las variables climáticas presentaron una marcada variación en los distintos horarios del día (AM, MD y PM; Figura 1). La mayor T e ITH ocurren en la tarde (PM) y la HR en la mañana (AM). Los valores de T e ITH (AM, MD y PM) aumentaron conforme transcurrieron las horas del día, aunque solo la HR disminuyó. Estos resultados, para las mismas fracciones del día son diferentes a los reportados por Cisneros et al. (2012), quienes en todos los periodos experimentales encontraron que la mayor T e ITH ocurre a medio día (MD).

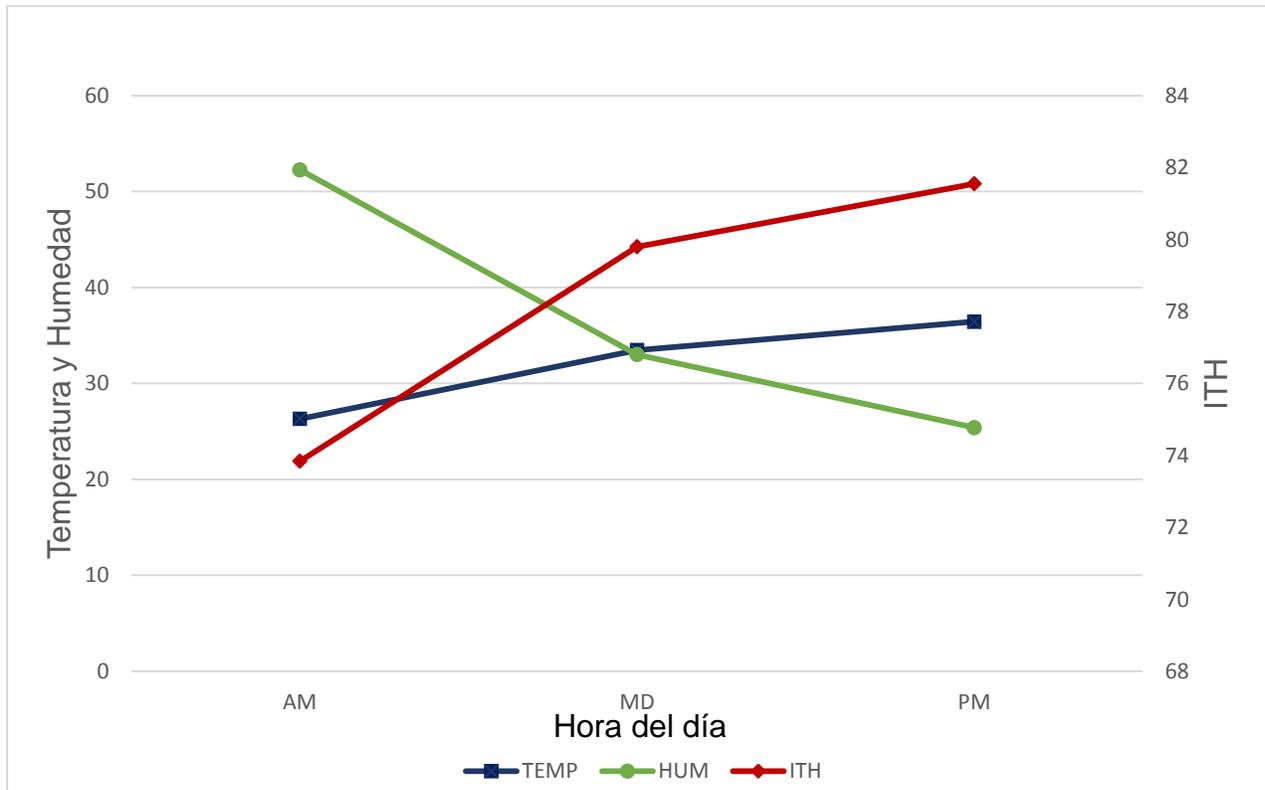


Figura 1. Variables climáticas Temperatura, Humedad e ITH en función de las horas de muestreo (AM= 0900 a 1100, MD= 1200 a 1400 y PM= 1500 a 1700).

Cuadro 6. Comportamiento de novillos pastoreando pradera Bermuda cruza 1 en el valle de Mexicali.

	Tratamientos			Periodos				Horarios			
	CR	HL	EE	1	2	3	EE	AM	MD	PM	EE
Variables											
Fisiológicas											
FR	75 ^a	83 ^b	0.54	83 ^a	79 ^b	75 ^c	0.66	78 ^a	--	80 ^a	0.54
TR, °C	38.7 ^a	39.0 ^b	0.07	39.1 ^a	38.6 ^b	38.7 ^b	0.07	38.5 ^a	--	39.1 ^b	0.08
Comportamiento, % del día.											
PTDO	40.18 ^a	40.42 ^a	1.28	32.55 ^a	45.83 ^b	48.51 ^b	1.56	63.62 ^a	10.29 ^b	46.99 ^c	1.56
CMDO	7.57 ^a	7.48 ^a	0.79	7.84 ^a	7.81 ^a	6.91 ^a	0.96	10.69 ^a	4.96 ^b	6.92 ^b	0.96
DEST	30.94 ^a	27.66 ^a	1.31	33.71 ^a	26.17 ^b	28.02 ^b	1.60	20.86 ^a	43.16 ^a	23.89 ^b	1.60
DESP	13.91 ^a	13.92 ^a	1.02	16.86 ^a	11.98 ^b	12.91 ^b	1.25	11.35 ^a	16.43 ^b	13.97 ^b	1.25
DESE	17.03 ^a	13.74 ^b	1.04	16.85 ^a	14.19 ^a	15.12 ^a	1.27	9.52 ^a	26.73 ^a	9.92 ^b	1.27
RUMT	21.74 ^a	25.31 ^b	1.17	36.67 ^a	20.31 ^b	23.60 ^b	1.43	5.22 ^a	42.51 ^b	22.85 ^c	1.43
RUMP	9.92 ^a	10.87 ^b	0.89	12.68 ^a	8.85 ^b	9.65 ^b	1.08	2.74 ^a	14.61 ^b	13.84 ^b	1.08
RUME	11.82 ^a	14.44 ^b	0.94	14.00 ^a	11.46 ^a	13.95 ^a	1.15	2.48 ^a	27.91 ^b	9.01 ^c	1.15
DREC, km *d-1	1.64 ^a	1.60 ^a	0.13	1.34 ^a	1.49 ^a	2.03 ^b	0.17	2.15 ^a	--	1.09 ^b	0.13
TREC, h *d-1	2.07 ^a	2.28 ^b	0.07	2.18 ^a	2.06 ^a	2.29 ^a	0.09	2.26 ^a	--	2.09 ^a	0.07
TDES, min *d-1	46.31 ^a	47.58 ^a	3.48	35.73 ^a	41.69 ^a	63.42 ^b	4.26	61.32 ^a	--	32.57 ^b	3.48

a,b,c, valores con letras diferentes en una misma fila diferencia significativa ($p < 0.05$) CR: Cruzado, HL: Holstein, EE: Error Estándar, AM: Mañana, MD: Mediodía, PM: Tarde. FR: Frecuencia Respiratoria, TR: Temperatura Rectal. DREC: Distancia recorrida (km*d-1), TDES: Tiempo de descanso (min*d-1), TREC: Tiempo de recorrido (min*d-1). PTDO: Pastoreando, CMDO: Caminando, DEST: Descanso Total, DESP: Descanso Parado, DESE: Descanso Echado, RUMPT: Rumiando Total, RUME: Rumiando Echado, RUMP: Rumiando Parado.

4.2. Variables fisiológicas

La respuesta fisiológica, los hábitos en pastoreo y la distancia recorrida en los animales durante el presente estudio se presentan en el Cuadro 6. Se puede observar que el ganado Cruzado presentó 10 y 0.8 % menor ($P < 0.05$) frecuencia respiratoria (FR) y temperatura rectal que HL, respectivamente. Puede asegurarse que los animales mostraron cierto grado de estrés calórico, dado que las condiciones ambientales excedieran la zona de confort de los novillos durante el periodo experimental. Esta misma respuesta fue observada por Montero-Urdaneta et al. (2008), cuando compararon la frecuencia respiratoria y temperatura rectal de ganado Cebú con el ganado Holstein. Aunque en condiciones menos extremas de calor, Harmer et al. (2000) informaron que cuando la temperatura del aire sobrepasa 16°C , en el caso de la raza europea, los mecanismos de termorregulación se activan y el animal experimenta un aumento de su respiración. Según Hahn, (1998) una frecuencia respiratoria superior a 60 en ganado bovino productor de carne en pastoreo indica que el animal inicia el estrés calórico; sin embargo, ambos casos comparados con el presente estudio seguramente poseen una intensidad menos extrema en las condiciones ambientales.

Acorde con lo esperado y comparado con los periodos 2 y 3, fue en el periodo 1, que abarcó el último tercio del verano, donde ocurrió la mayor ($P < 0.05$) FR y TR (Cuadro 6). Esta relación es similar a lo reportado por varios autores (Brown-Brandl et al 2005b, 2006^a y O'Brien et al., 2010). En las dos razas fue durante la tarde (PM) en que ocurrieron la mayor ($P < 0.01$) FR y TR. Particularmente la TR fue más elevada ($P < 0.01$) por la tarde (Figura 2a), aunque para el ganado Holstein solo en el periodo 1 (Figura 2b). Durante todo el experimento, cuando la temperatura del aire fue 36.4°C , la FR presentó valores superiores a 65 en cada genotipo, esto es un indicador de una condición de estrés calórico para los novillos en pastoreo. Los resultados en los tres periodos coinciden con lo observado por Muller et al. (1994) en novillos pastoreando

en días con temperaturas máximas, aunque solo superiores a 25° C, que es la temperatura máxima crítica para vacas Holstein en lactación en condiciones de pastoreo (Berman et al., 1985).

Comparada con Cebú, la raza Holstein presenta mayor TR tanto en la mañana como en la tarde. De acuerdo a varios autores (Gaughan et al., 1999; Hammond et al., 1996; Carvalho et al., 1995), los bovinos de razas Cebú son más capaces de regular la temperatura corporal en respuesta al estrés calórico que los bovinos de una variedad de razas *Bos taurus* de origen europeo.

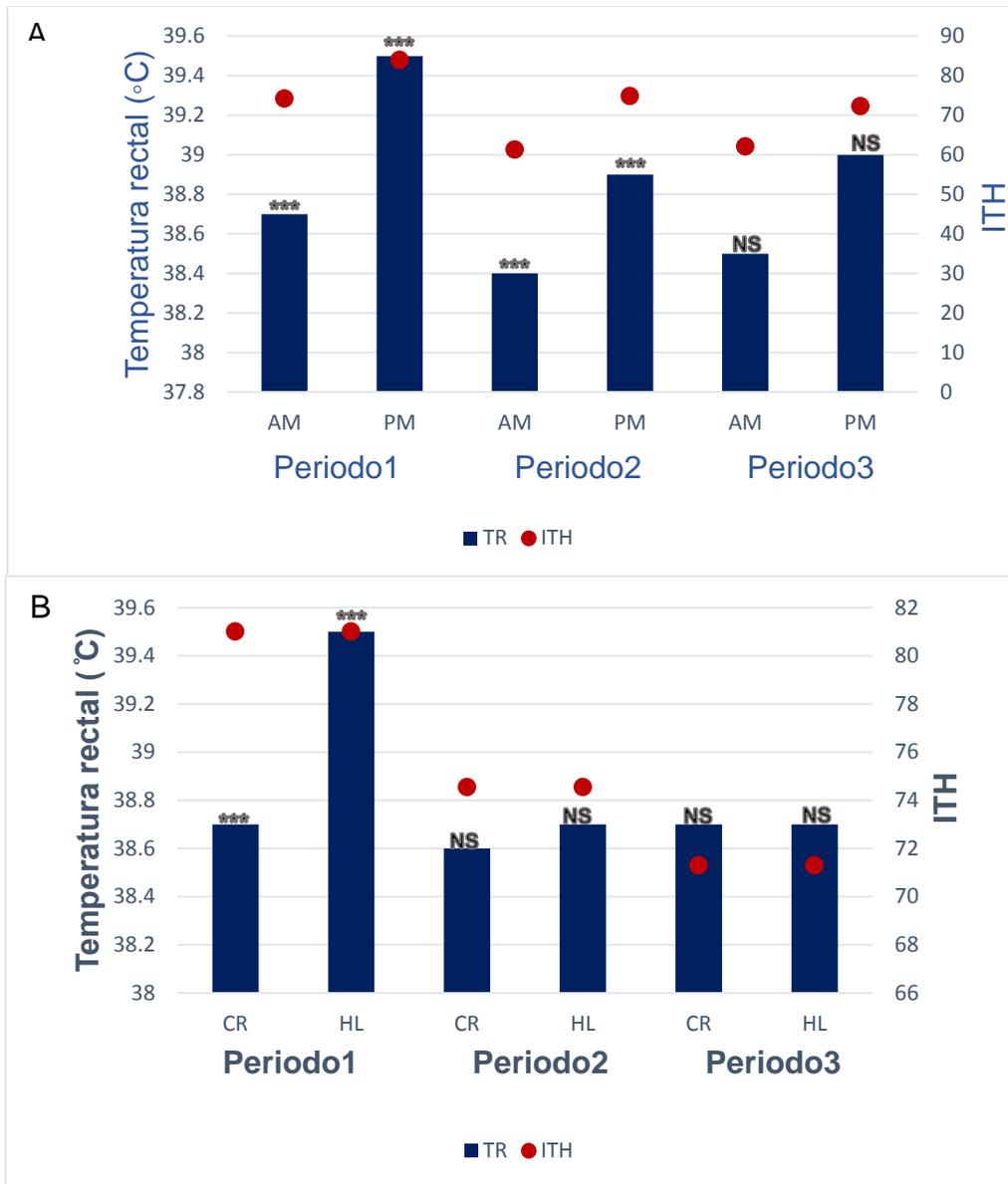


Figura 2. Promedios de temperatura rectal e ITH por efecto de la interacción hora de muestreo x periodo (A) y raza x periodo (B). NS; No significativa, ** ($p < 0.05$), *** ($p < .001$).

En la figura 3 a,b,c se observan las interacciones de periodo x raza, hora x raza y periodo x hora sobre frecuencia respiratoria. En la Figura 3a se aprecia como el diferencial en FR para las dos razas se mantuvo casi constante a lo largo de los tres periodos de estudio, detectándose diferencias ($P < 0.05$) entre las razas en cada uno de los periodos. Esto sucedió aun cuando el valor de ITH fue superior a 90 en el periodo 1 y disminuyó a 71 durante el periodo 3. Esta respuesta era de esperarse puesto que el valor de ITH, aun en el periodo 3, se encontró por encima de la zona de confort delimitada como menor de 72 por Mader et al. (2002) y Hahn (2008). Como mecanismo para disipar calor, en ambas razas se observó que la FR fue mayor por la tarde ($P < 0.01$) y ligeramente mayor ($P < 0.01$) para el ganado Holstein (Figura 3b). Esta tendencia confirma que es por la tarde que el animal manifiesta los mayores signos de estrés por la carga acumulada de calor conforme avanzan las horas del día, esto, para el presente estudio, casi independientemente del periodo experimental, aunque en la interacción periodo x hora, conforme avanzó el experimento puede observarse que la FR tendió a ser cada vez mayor ($P < .05$) en PM, respecto a AM (Figura 3c).

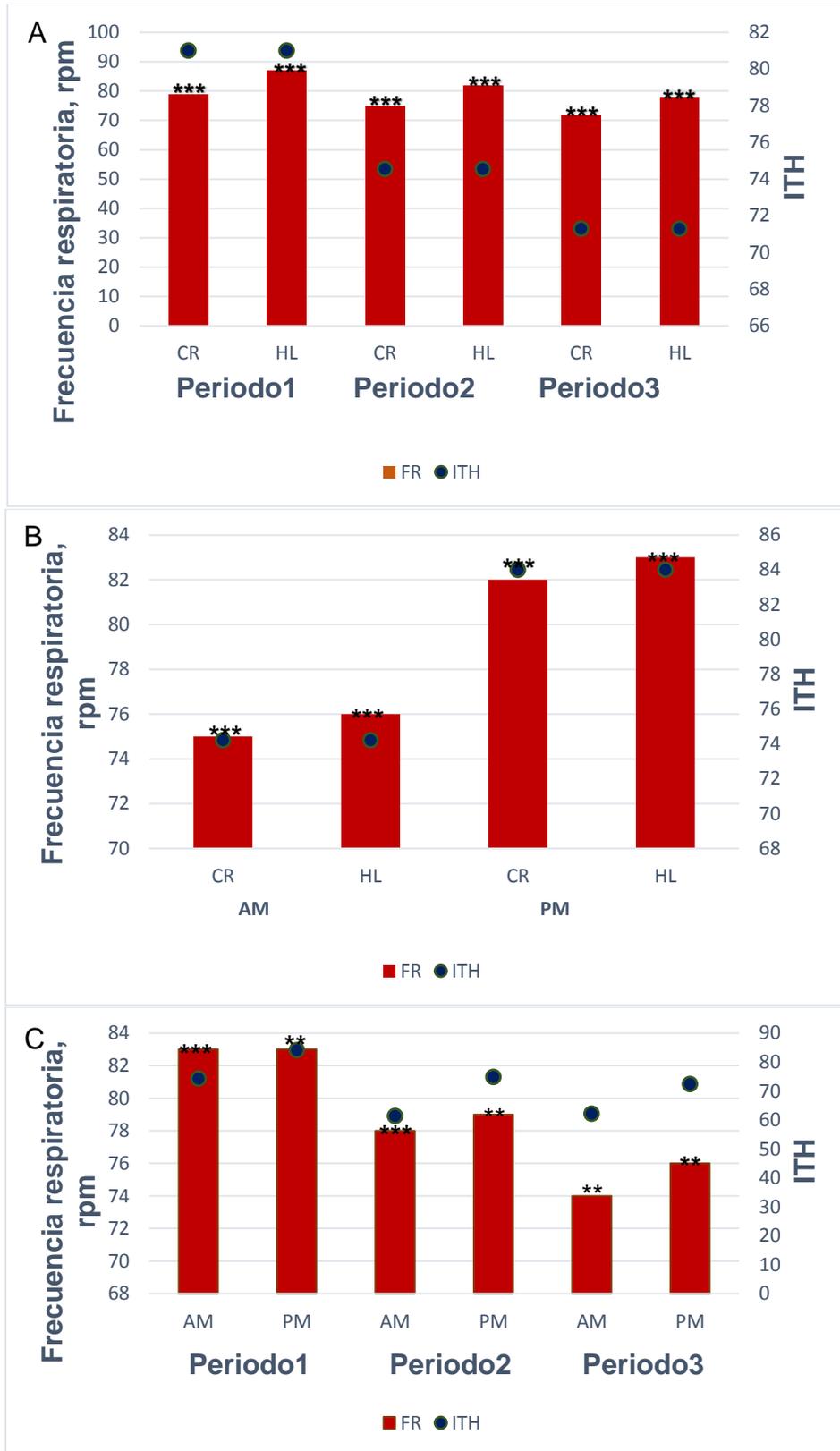


Figura 3. Interacción raza x periodo (A), raza x hora (B) y periodo x hora (C) sobre la frecuencia respiratoria e ITH bajo sistemas de pastoreo. NS; No significativa, ** ($p < 0.05$), *** ($p < 0.001$).

4.3. Hábitos durante el pastoreo

En el Cuadro 6 se detalla el comportamiento de novillos pastoreando Bermuda cruzada 1 durante el verano en el valle de Mexicali. No existió diferencia ($P > 0.5$) en el tiempo dedicado a pastorear (PTDO) entre los animales Cruzados y los Holstein. Sin embargo, al contrastar los diferentes periodos (1, 2, y 3) y las horas de pastoreo (AM, MD y PM), se observó que el tiempo dedicado por los animales a cosechar forraje fue mayor ($P < 0.01$) en el segundo y tercer periodos experimentales. Lo anterior evidencia que a medida que la temperatura ambiental disminuyó, la actividad de pastoreo de los animales fue aumentando. Ocurrieron también marcadas diferencias entre cada uno de las horas de pastoreo, en general se observó el mayor tiempo de pastoreo en la mañana ($P < 0.01$) comparado con la tarde y el mediodía, mientras que fue en esta última hora de muestreo cuando se cuantificó un mínimo ($P < 0.01$) de esta actividad por los animales. Probablemente eso sucedió debido en esta hora registró temperatura más alta e ITH. La mayoría de los estudios de comportamiento en pastoreo muestran similitud en los patrones, con un periodo importante de pastoreo temprano en la mañana y otro por la tarde (Adams y Reynolds, 1983; Gregorini *et al.*, 2006a). Efectivamente, el pico de tiempo de pastoreo detectado de 0900 a 1100 fue también reportado por Barrientos (2004) al evaluar el efecto de *Crotalaria longirostrata* en el consumo voluntario y la digestión ruminal, en bovinos bajo pastoreo en Villa Flores, Chiapas.

Al analizar la posible interacción raza x hora, no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre razas en ninguna de las horas (Figura 4A). Pero en la interacción periodo x hora aunque hubo diferencias ($P < 0.01$) entre las horas dentro de cada periodo, en todos los periodos el menor tiempo de pastoreo ocurrió al mediodía, pero conforme avanzó el experimento (Figura 4B) aumentó gradualmente el tiempo destinado a esta actividad durante la tarde. Asimismo, las modificaciones observadas en las respuestas

podrían ser fundamentadas en lo descrito por algunos autores con relación al efecto de la temperatura mínima conforme al tiempo.

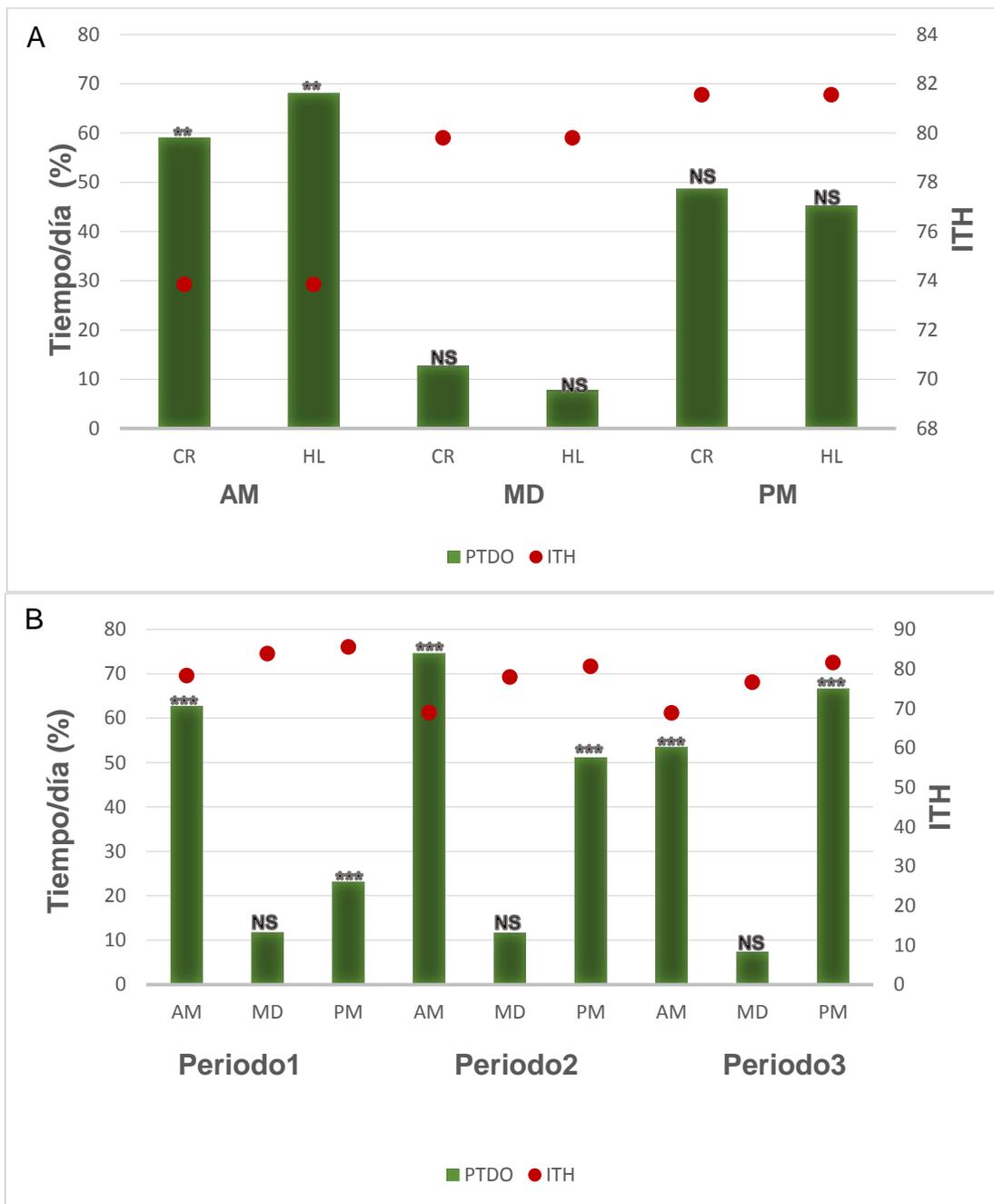


Figura 4. Interacción raza x hora (A) y hora x periodo (B) sobre el porcentaje de tiempo destinado al pastoreo con el ITH. NS; No significativa, ** ($p < 0.05$), *** ($p < .001$).

Caminando: No existió ($P > 0.05$) influencia de la raza ni de los periodos experimentales sobre el tiempo dedicado a caminar (**CMDO**; Cuadro 6); sin embargo, fue durante la mañana en que los animales utilizaron un mayor porcentaje de tiempo a esta actividad. Esta respuesta mantiene estrecha relación con el tiempo dedicado a pastorear. Similarmente, tampoco existió ($P > 0.05$) influencia de la raza de los animales sobre el tiempo total dedicado a descansar (DEST), aunque este tiempo fue menor ($P < 0.01$) en los periodos 2 y 3, posiblemente porque las condiciones de temperatura ambiental ya permitieron mayor tiempo de pastoreo. Particularmente, como se observa en el Cuadro 6, al desglosar el tipo de descanso, las diferencias entre periodos se dieron cuando descansaban parados (DESP; $P < 0.01$), o sea una actividad más cercana a la acción del pastoreo que cuando permanecían echados (DESE; $P > 0.05$). Lo anterior coincide con Fulwider y Palmer (2004) quienes señalaron que los animales permanecen preferentemente parados tratando de perder el calor por medio de conducción como un comportamiento muy notorio en la vaca durante la época del verano. Como era de esperarse, al considerar los distintos horarios de muestreo (AM, MD y PM) ocurrió una tendencia casi inversa entre el tiempo total de descanso (DEST) y el tiempo destinado a pastorear (PTDO).

Como puede observarse en la Figura 5, al considerar el tiempo que los animales caminaron (CMDO) existieron interacciones ($P < 0.05$) periodo x hora. Solo en el Periodo 1 no existieron diferencias ($P > 0.05$) entre las horas de muestreo, pero en los dos periodos restantes fue mayor ($P < .001$) el tiempo que los animales caminaron por la mañana comparado con el mediodía. Conforme avanzaron los periodos solo ocurrió una tendencia ($P = 0.067$) a disminuir por la tarde (PM) el tiempo destinado a caminar. Comportamiento otorgado al mayor confort térmico que se presenta en diferentes horas del día. Los cambios en la variable caminando, medidas en los periodos y hora de muestreo permiten identificar qué alta temperatura del ambiente presentó mayores

cambio en los novillos en ambos grupos. Una respuesta similar encontró Barrientos (2004) al estudiar conducta en pastoreo aunque las condiciones climáticas de estos estudios fueron menos extremosas que las del presente estudio.

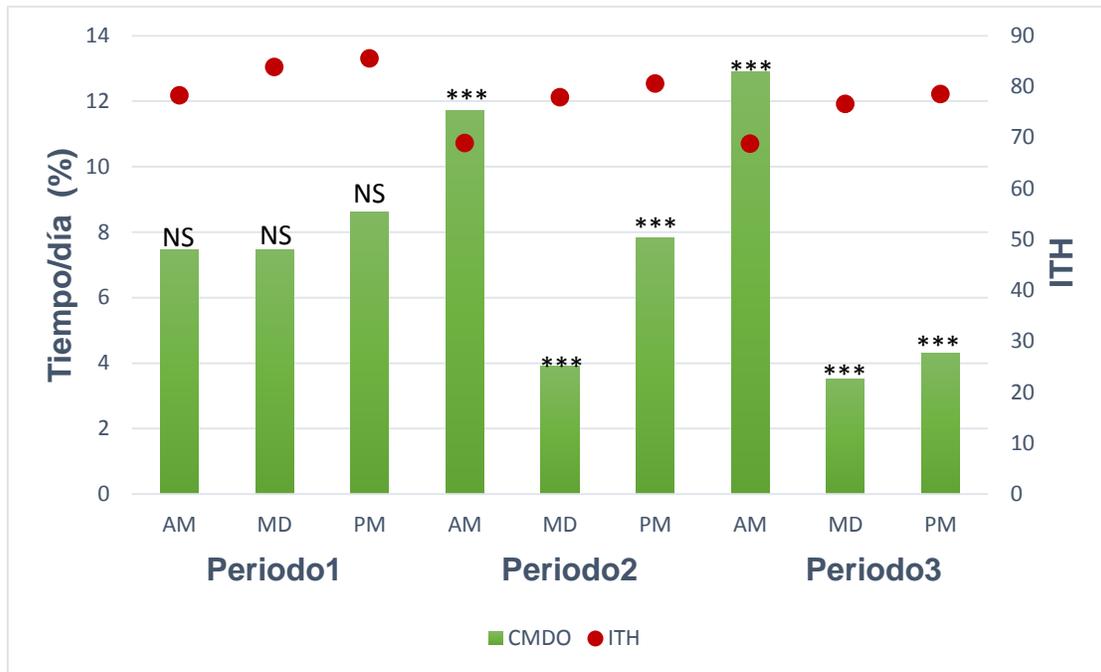


Figura 5. Interacción hora x periodo sobre el porcentaje de tiempo destinado a caminar con el ITH. NS; No significativa, ** ($p < 0.05$), *** ($p < .001$).

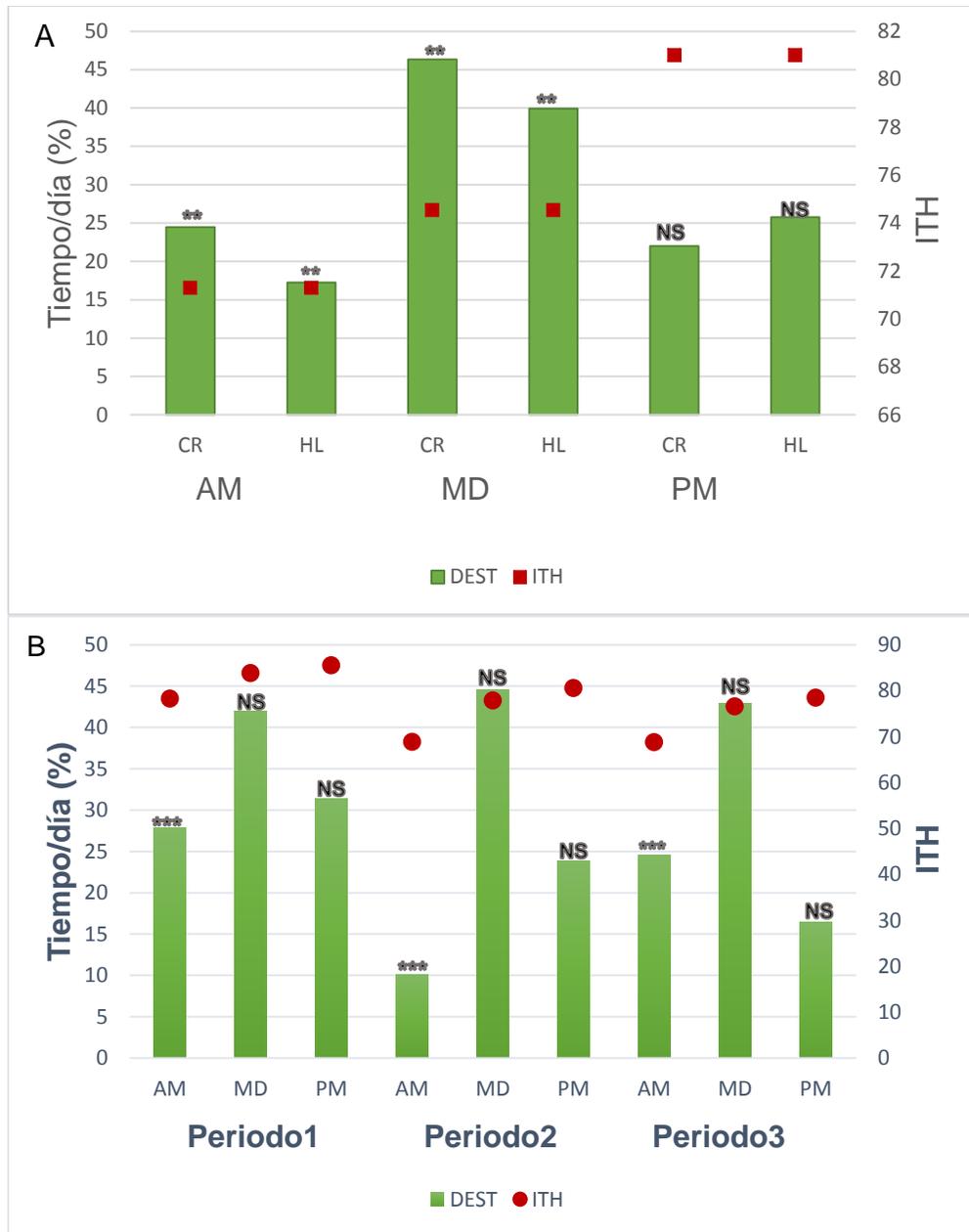


Figura 6. Interacción raza x hora (A) y hora x periodo (B) sobre el porcentaje de tiempo destinado a descansar con el ITH. NS; No significativa, ** ($p < 0.05$), *** ($p < .001$).

La raza Holstein dedicó 9.6 % mayor ($P < 0.05$) tiempo a rumiar que los Cruzados, observándose en los dos casos que la rumia la realizaron preferentemente echados. Por otro lado, de manera significativa en el periodo 1 se cuantificó el mayor tiempo de rumia, comparado con los periodos 2 y 3. Ahora bien, fue en los distintos horarios en los que ocurrió un contraste mayor en el tiempo de rumia, puesto que comparativamente por la mañana se registró entre un 15 y 20 % ($P < .001$) del tiempo dedicado al mediodía o la tarde. Evidentemente los animales hicieron un mayor aprovechamiento del horario del día concentrando las actividades de rumia en horas más calurosas mediodía y tarde, comportamiento otorgado al mayor confort térmico que se presenta en estas horas del día.

No hubo diferencia ($P > 0.05$) en las variables relacionadas con el tiempo de rumia durante la mañana (AM) dentro de los periodos en la interacción periodo x hora como se indica la figura 7. Cabe mencionar que existe una variación muy marcada entre periodos en las horas PM, a diferencia del MD que en todos los periodos fue el mayor ($P < 0.01$) tiempo dedicado a la rumia. Lo anterior puede ser explicado por los mayores tiempos de pastoreo observados en AM y PM. Al coincidir con Balochi et al. (2000) quienes reportaron mayor tiempo de rumia durante las horas 1200 – 1400 y una reducción por la mañana (0800 – 1100 h) y al atardecer (1500 – 1800 h) en vacas lecheras mantenidas en pastoreo rotacional continuo.

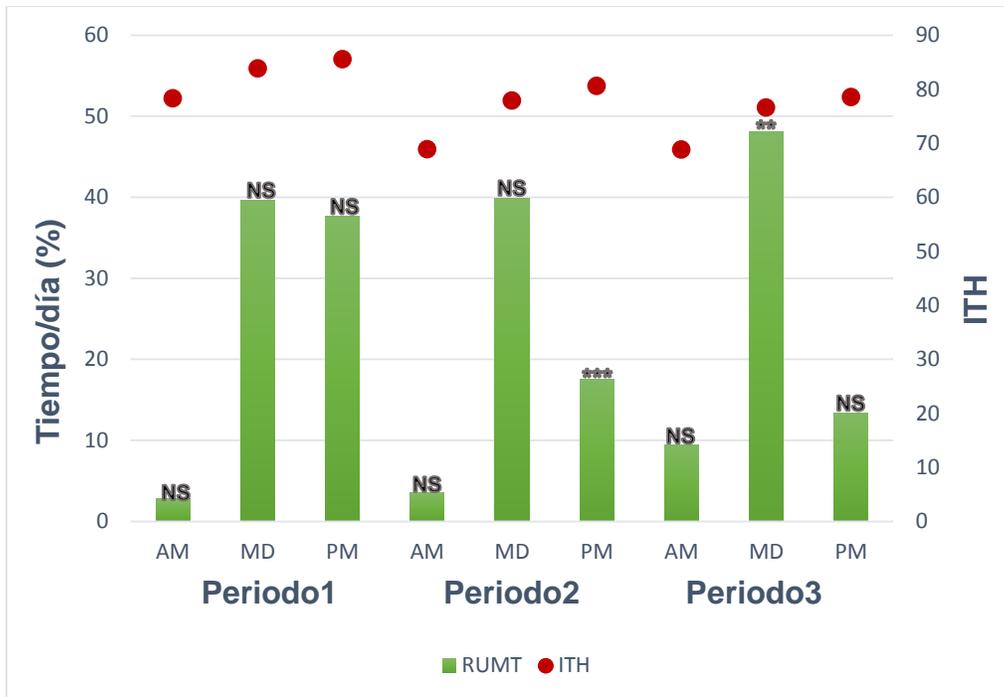


Figura 7. Interacción hora x periodo sobre el porcentaje de tiempo total destinado a rumiar con el ITH. NS; No significativa, ** ($p < 0.05$), *** ($p < 0.001$).

4.4. Conducta en pastoreo medida con monitor de GPS

El Cuadro 6 muestra los tiempos (h) y distancias (km) que se obtuvieron con el dispositivo GPS. El tiempo recorrido (TREC) de los novillos se incrementó de periodo a periodo; sin embargo, no se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre periodos, indicando que esta variable fue similar para los novillos estudiados entre cada periodo. Esto sugiere que el tiempo recorrido bajo las condiciones del presente estudio fue independiente de cada raza. En cuanto a la distancia recorrida (DREC) y tiempo de descanso (TDES) observadas entre novillos pastoreando, aunque variaron con el periodo, no hubo diferencias en los dos primeros periodos ($P > 0.05$), pero el tercer periodo si presenta diferencias ($P < 0.05$). Esto puede depender de que el ITH no es apropiado para el confort de bovinos en pastoreo. Estudios previos han demostrado que las distancias recorridas elevan de 10 a 25 % los requerimientos de energía del ganado en pastoreo, comparado con animales alimentados en corral (Krysl y Hess, 1993).

Con base en estos resultados el estrés calórico en verano causa efectos negativos en la fisiología de los novillos. Es evidente que los animales hacen ajustes en sus hábitos de pastoreo en función de las condiciones ambientales, porque se redujo el tiempo de pastoreo al incrementarse el ITH, por lo tanto, cuenta con una tendencia substancial de realizar poco tiempo de recorrido, aumento el descanso y la rumia. De hecho se ha documentado que en condiciones de estrés por calor más extremo los animales disminuyen ejercicios físicos para no incrementar más calor corporal (Correa et al. 2008). Por el incremento en la frecuencia respiratoria y temperatura rectal más de lo normal (79 rpm y 38.9° C, respectivamente), puede afirmarse que los animales mostraron cierto grado de estrés calórico.

4.5. Análisis de correlación

En el cuadro 7 se presentan, para cada una de las razas, los coeficientes de correlación entre las variables ambientales y fisiológicas con las actividades realizadas por los animales en pastoreo. Los mayores valores de correlación se ubicaron en el ganado Holstein; precisamente el más alto (0.85), en este caso positivo, correlación

fuerte y altamente significativa ($P < 0.01$), ocurrió entre la TR y el valor de ITH; esta situación no ocurrió con el ganado Cruzado, en el que su correlación fue de solo 0.34 en este caso bajo y significativa a ($P < 0.05$). Autores como Zinn (2017) y Collier et al. (2016) han encontrado que la TR es mejor indicador del estrés por calor que otras variables fisiológicas como la FR. De acuerdo a los resultados de este estudio se observó que la TR y FR son diferentes en correlación debido a que la TR es más asociada a la condición adversas que la FR, lo cual coincide con lo reportado en la literatura, ya que a mayor nivel de estrés calórico, se observa mayor temperatura rectal (Zinn, 2017). También Brown-Brandl et al. (2005) señalan que la TR es el indicador más apropiado para monitorear el estrés por calor en ganado de carne. De igual manera, se ha documentado que la TR está asociada a un 18% de incremento en el calor metabólico (NRC 1981). Este postulado se confirma en el presente estudio precisamente en el ganado Holstein, que es más susceptible al efecto negativo de las altas temperaturas ambientales. En el mismo sentido, en el caso del ganado Holstein, otras dos variables relacionadas con la actividad diurna como lo son el porcentaje de tiempo dedicado al pastoreo (PTDO) y el tiempo total de rumia (RUMT) presentaron también valores de correlación superiores a 0.50 en este sentido medio y significativo. Basado en la afirmación de que en un medio con calor excesivo los animales tienden a permanecer más tiempo parados (Sainz, 2017), en el presente estudio, en el ganado Holstein fue mayor el valor de correlación con TR cuando la rumiación ocurría con los animales parados (TR vs RUMT = 0.52), que cuando permanecían echados (TR vs RUME = 0.36). En los novillos Cruzados la relación de TR con estas dos últimas no superó 0.28. Probablemente lo anterior ocurrió porque cuando la temperatura del aire aumentó, los animales tendieron a parar significativamente más, posiblemente debido a que el piso se calentó. Esto como consecuencia originó que los animales permanecieran mayor tiempo de pie rumiando.

Tabla 7. Coeficientes de correlación entre variables de comportamiento, climáticas y fisiológicas.

	PTDO	CMDO	RUMT	RUMP	RUME	DEST	DESP	DESE	DREC	TDES	TMOV	TR	FR
Cruzado													
ITH	-0.34 **	-0.29 **	0.48 ***	0.45 ***	0.35 **	0.15 NS	0.16 NS	0.05 NS	-0.47 ***	-0.14 NS	-0.53 ***	0.33 **	0.24 **
TR	-0.14 NS	-0.21 NS	0.27 **	0.24 **	0.22 **	0.05 NS	-0.07 NS	0.14 NS	-0.15 NS	0.01 NS	-0.21 NS		
FR	-0.07 NS	-0.21 NS	0.11 NS	0.12 NS	0.09 NS	0.08 NS	0.04 NS	0.07 NS	-0.05 NS	0.12 NS	-0.11 NS	0.03 NS	
Holstein													
ITH	-0.41 ***	-0.38 ***	0.53 ***	0.47 ***	0.34 **	0.35 **	0.35 **	0.21 NS	-0.39 ***	-0.14 NS	-0.45 ***	0.83 ***	0.49 ***
TR	-0.50 ***	-0.23 **	0.57 ***	0.52 ***	0.35 **	0.40 ***	0.42 ***	0.21 NS	-0.17 NS	-0.18 NS	-0.25 **		
FR	-0.11 NS	-0.07 NS	0.14 NS	-0.01 NS	0.25 **	0.08 NS	0.12 NS	-0.01 NS	-0.29 **	0.10 NS	-0.29 **	0.41 ***	

NS; No significativa, ** (p<0.05), *** (p<.001)

PTDO: Pastoreando, CMDO: Caminando, RUMPT: Rumiando Total, RUMP: Rumiando Parado, RUME: Rumiando Echado, DEST: Descanso Total, DESP: Descanso Parado, DESE: Descanso Echado. DREC: Distancia recorrida en kilometro por día, TDES: Tiempo de descanso en minuto por día, TMOV: Tiempo de movimiento minuto por día. TR: Temperatura Rectal, FR: Frecuencia Respiratoria, ITH: Índice Temperatura-Humedad.

4.6. Consumo de forraje durante el pastoreo.

El consumo de materia seca y de sus fracciones químico-nutricionales en las diferentes razas y a lo largo de los tres periodos experimentales se presenta en el Cuadro 8. Aunque solo existió una tendencia ($P < 0.10$) numérica a un mayor consumo total de MS y de forraje en el ganado Cruzado, no existieron diferencias ($P > 0.05$) en ninguna de las variables entre las dos razas incluidas en el presente estudio. Sin embargo, es importante señalar que el nivel de consumo de MS está en un rango aceptable debido a que rebasa el mínimo de $80 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{kg PV}^{0.75}$, que es el valor de consumo que Mertens (1987) considera como básico para asegurar en el animal el llenado de sus requerimientos diarios de nutrientes. Al analizar, como en los tres periodos experimentales variaron las mismas variables de consumo, se observó que conforme estos avanzaron el consumo de MS se incrementó 12 % del periodo 1 al 2 y 25 % del periodo 2 al 3. Como puede observarse, la diferencia entre periodos ($P < 0.05$) fue en mayor medida atribuible al diferencial entre los periodos 2 y 3, el menor consumo ocurrió en el primer periodo, promediando 6.7 Kg/d, así como en el periodo 2 y 3 presenta una tendencia de aumentar. El mayor consumo de MS ocurrió en el tercer periodo de evaluación (9.4 Kg/d). Fue así como la tasa de consumo de MS se elevó a medida que la temperatura del ambiente disminuía, tendencia similar a la observada con novillos en pastoreo en condiciones similares por Gutiérrez et al. (2013). Las diferencias en los consumos de nutrientes FDN, N, EE y MOD (Materia Orgánica Digestible) entre los periodos están estrechamente relacionadas con el nivel de consumo de MS alcanzado, antes que por diferencias detectadas en la composición de nutrientes. Por otro lado, la digestibilidad in vitro de la materia seca fue mayor numéricamente para los Cruzados con 49.03 % en comparación con los Holstein, quienes promediaron 48.15 %.

Cuadro 8. Consumo de forraje por novillos pastoreando en praderas de Bermuda cruz 1 durante el experimento.

	Raza			Periodo			
	CR	HL	EE	1	2	3	EE
CMST kg/d	8.6	7.13	0.59	6.7 ^a	7.5 ^a	9.4 ^b	0.72
CMSF kg/d	6.7	5.7	0.59	5.0 ^a	5.8 ^b	7.8 ^a	0.72
CMSUPM g/kg	102.5	100.3	7.6	91.06 ^a	96.77 ^a	106.4 ^a	9.26
CFDN g/kg	3297	2768	266	2507 ^a	2779 ^b	3812 ^c	326
CNT %	86.3	64.5	6.26	58.9 ^a	64.3 ^a	103 ^b	7.67
DIVMO %	49.03	48.15	1.04	44.28 ^a	51.42 ^b	50.08 ^b	1.27
CEEt %	2.1	2.1	0.02	2.0 ^a	2.0 ^a	2.3 ^b	0.02
CMOD g/kg	5125	4121	319	3810 ^a	4556 ^b	5503 ^c	391

^{a,b,c}, valores con letras diferentes en una misma fila diferencia significativa ($p < 0.05$). CMST: Consumo de materia seca total; CMSF: Consumo de materia seca de forraje; CMSUPM: Consumo de materia seca por unidad de peso metabólico; CFDN: Consumo de fibra detergente neutro; CNT: Consumo de nitrógeno total; DIVMO: digestibilidad en vitro de materia orgánica; CEEt: Consumo de extracto etéreo; CMOD: Consumo de materia orgánica digestible.

4.7. Ganancia de peso

Se observó que las ganancias diarias de peso oscilaron en un rango de 0,5 a 0,8 kg con los valores más altos ($P < .001$) correspondiente a la raza Holstein. Ganancias intermedias y de igual significancia estadística se obtuvieron en el periodo 1 Holstein (1.070) y cruz 1 de Holstein x Cebú (0,645).

En general, ambos grupos evaluados mostraron aumento en la GDP. Finalmente, debido a que en la última etapa del experimento no fue posible registrar el peso de ninguno de los animales involucrados en el experimento, únicamente se presentan los promedios de ganancia diaria de peso (GDP) obtenidos los primeros 49 días, de 98 que permanecieron en experimentación. Hasta esta etapa el ganado Holstein presentó una

mayor ganancia de peso, aunque esta diferencia se debió al diferencial que ocurrió en los primeros 25 días del experimento.

Cuadro 9. Pesos y ganancias diarias de peso por genotipo en pradera de Bermuda cruzada 1.

Razas	CR	HL	EE
Peso inicial, kg*	314.4	248.9	11.15
d 25^{ns}	298.8	307.3	4.14
d 49^{ns}	305.6	318.2	5.23
GDP, kg*d⁻¹			
Periodo 1*	0.645	1.070	0.127
Periodo 2^{ns}	0.266	0.469	0.179
Total*	0.459	0.776	0.081

ns: no significativa ($p > 0.05$), * significativa ($p < .001$), GDP: Ganancia diaria de peso, d: día
CR: Cruzados HL: Holstein.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones de este estudio, la conducta de novillos Holstein y de Holstein x Cebú en pastoreo es afectado por factores climáticos, particularmente la temperatura ambiental y la humedad relativa, los que en su conjunto afectan su balance térmico. Se observó que el clima afecta al ganado directamente ya que modifica el tiempo de pastoreo, descanso y rumia así como el consumo de nutriente. Estos cambios se acentúan por las condiciones extremas del calor que se registró durante el periodo de estudio. Las variables en estudio fueron influenciadas, tanto por el factor genético como por la condición climática.

Se concluye que la cruce de Holstein x Cebú soporta más las condiciones del estrés calórico comparado con ganado Holstein y se mantuvieron en un mejor estado fisiológico en todo el periodo experimental. El ganado cruce de Holstein x Cebú consumieron mayor cantidad de forraje frente a ganado Holstein, ofrecieron más resistencia al calor y además desempeñan un mejor comportamiento productivo pastoreando durante el verano en las condiciones del presente estudio.

VI. LITERATURA CITADA

Adams, D. C., and W. L. Reynolds. 1983. Winter grazing patterns of three- and six year-old crossbred cows in the Northern Great Plains. *J. Anim. Sci.* 57 (Suppl. 1): 134.

Alberto I. Echevarría y Raúl Miazzo. 2002. Cursos de Producción Animal, FAV UNRC.
www.produccion-animal.com.ar

Albright, J. L. 1993. Dairy cattle husbandry: En: T. Grandin (ed.), *Livestock Handling and Transport*. CAB. International, Wallingford, UK.

Allden, W. G., I. A. Whittaker. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: The interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian J. Agri. Res.* 21: 755 -766.

Amundson, J. L., T. L. Mader, R. J. Rasby, and Q. S. Hu. 2006. Environmental effects on pregnancy rate in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 84: 3415-3420.

Arias, R. A., T. L. Mader y P.C. Escobar. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch. Med. Vet.* 40: 7-22.

Armstrong, D. V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77: 2044-2050.

Arnold, J. W., J. K. Bertrand, and L. L. Benyshek. 1992. Animal model for genetic evaluation of multibreed data. *J. Anim. Sci.* 70: 3322–3332.

- Arthington, J. D., W. F. Brown. 2005. Estimation of feeding value of four tropical forage specie at two stages of maturity. *J. Anim Sci.* 83: 1726.
- Avendaño J. C., Borel R., Cubillos G. 1986. Periodo de Descanso y Asignación de Forraje en la Estructura y la Utilización de Varias Especies de una Pradera Naturalizada. *Turrialba.* 36(2): 137-148.
- Avendaño-Reyes, L., F. D. Alvarez- Valenzuela, A. Correa-Calderon, J. S. Saucedo-Quintero, F. Rivera-Acuña, F. J. Verdugo-Zácate, C. F. Aréchiga-Flores y P. H. Robinson. 2007. Evaluación de un sistema de enfriamiento aplicado en el periodo seco del ganado lechero durante el verano. *Téc. Pecu. Méx.* 45: 209-225.
- Avendaño-Reyes, L., F. D. Álvarez-Valenzuela, A. Correa-Calderón, A. Algándar-Sandoval, E. Rodríguez-González, R. Pérez-Velázquez, U. Macías-Cruz, R. Díaz-Molina, P. H. Robinson, and J. G. Fadel. 2010. Comparison of three cooling management systems to reduce heat stress in lactating Holstein cows during hot and dry ambient conditions. *Livest. Sci.*132: 48-52.
- Baile, C. A., and J. M. Fobres. 1994. Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants. *Physiol. Rev.* 54: 160.
- Balocchi, O., R. Pulido y J. Fernández. 2002. Comportamiento de vacas lecheras en pastoreo con y sin suplementación de concentrado. *Agri. Téc.* 62: 87-98.
- Barrientos, N. E. 2004. Efecto de *Crotalaria longirostrata* Hook & Arnott, sobre el consumo voluntario y digestión ruminal en bovinos bajo pastoreo en Villa flores, Chiapas. Tesis de Maestría en Agroecología Tropical. Facultad de Ciencias Agronómicas, Campus V. Universidad Autónoma de Chiapas. Villa flores, Chiapas. 53 p.

Bavera, G. A. y H. A. Beguet. 2003. Cursos Producción Bovina de Carne FAV UNRC. www.produccion-animal.com.ar o www.produccionbovina.com.

Bavera, G. 2004. Etología del abrevado curso de producción bovina de carne. En: Bavera G, editor. Manual de aguas y aguadas para el ganado. Río Cuarto, Argentina: Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. pp 1-5.

Beatty, D. T., A. Barnes. E. Taylor. D. Pethick. M. Mccarthy. S. K. Maloney. 2006. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. *J. Anim. Sci.* 84: 972-985.

Beretta, V., A. Simeone, D. Cortazzo, G. Viera. 2010. Efecto de la sombra en corrales de engorde durante el verano sobre la performance de vacunos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 30(1): 550-551.

Beretta, V., A. Simeone, O. Bentancur. 2013. Manejo de la sombra asociado a la restricción del pastoreo: efecto sobre el comportamiento y performance estival de vacunos. *Rev. Agr. Uruguay*, 17(1): 131-140.

Berman, A., Y. Folman, M. Kaim, M. Mamen, Z. Herz, D. Wolfenson, A. Arieli, and Y. Graber. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 68: 1488–1495.

Bernabucci, U., N. Lacetera, L. H. Baumgard, R. P. Rhoads, B. Ronchi, and A. Nardone. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 4: 1167-1183.

Berry, I. L., M. D. Shanklin, H. D. Johnson. 1964. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. *Trans ASAE* 7: 329-331.

- Blanco, R. 2009. Momento actual del estrés calórico. Docente de la Universidad Comunera. Disponible en: [http://www. Engormix.com/MA-ganadería-leche/manejo/articulos/estres-en-vacas-t3385/ 124-p0.htm](http://www.Engormix.com/MA-ganadería-leche/manejo/articulos/estres-en-vacas-t3385/124-p0.htm).
- Bodine, T. N., H. T. Purvis II and D. L. Lalman. 2001. Effects of supplement type on animal performance, forage intake, digestion and ruminal measurement of growing cattle. *J. Anim. Sci.* 79: 1041-1051.
- Bravo, R. H. L. 2010. Efecto de la oferta de pradera y concentrado sobre el consumo voluntario y comportamiento alimenticio de vacas lecheras en pastoreo primaveral. *Arch. Med. Vet.* 40: 243-252.
- Brown-Brandl, T. M., R. A. Eigenberg, J. A. Nienaber, and G. L. Hahn. 2005. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, Part 1: Analyses of indicators. *J. Biosyst. Eng.* 90: 451–462.
- Brown-Brandl, T. M., R. A. Eigenberg, J. A. Nienaber. 2006a. Heat stress risk factors of feedlot heifers. *Livest. Sci.* 105: 57-68.
- Cabanillas, R., C. Ortega, F. R. Burboa, G. D. Ibarra. 2009. Determinación del valor nutritivo de las especies de bermuda Cruza 2 y Santo Domingo. En: XIX Reunión Internacional Sobre Producción de Leche y Carne en Climas Cálidos. 8 y 9 de Octubre. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, B.C., México. pp. 91-94.
- Carvalho, F. A., M. A. Lammoglia, M. J. Simoes, R. D. Randel 1995. Breed affects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress *J. Anim. Sci.* (73): 3570-3573.

CCAC, 2009. Canadian Council on Animal Care. The care and use farm animals in research, teaching and testing. In line: <http://www.ccac.ca/Documents/Standards/Guidelines/Farms Animals.pdf>. Diciembre 2017.

CIMIS. Daily Reports. California Irrigation Management Information System, Department of Water Resources. California, EEUU [online]. www.cimis.water.ca.gov/cimserv/Dailyreport. Accesed Marzo 20, 2017.

Cisneros-Estrada, M. A. 2015. Influencia del horario y nivel de suplementación sobre la conducta en pastoreo y respuesta fisiológica en novillos pastoreando durante el verano en el valle de Mexicali. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. B.C, México.

Collier, R. J., G. E. Dahl and M. J. Van Baale. 2006. Major advances associated with environmental effects in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89: 1244-1253.

Correa-Calderón, A., L. Avendaño-Reyes, A. Rubio-Villanueva, V. A. Dennis, F. S. Jhon. y K. D. Sue. 2002. Efecto de un sistema de enfriamiento en la productividad de vacas lecheras bajo estrés calórico. *Agrociencia.* 36(5): 531-535.

Cruz CD, Regazzi AJ. 1994. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético, 2º ed., Edit. UFV, Viçosa, Brasil, 390 p.

Dalley, D. E., J. R. Roche, C. Grainger and P. J. Moate. 1999. Dry matter intake, nutrient selection and milk production of dairy cows grazing rainfed perennial pastures at different herbage allowances in spring. *Aust. J. Exp. Agric.* 39: 923-931.

Davis, M. S. 2001. Management strategies to reduce heat stress in feedlot cattle. Ph.D. Dissertation, Univ. of Nebraska, Lincoln.

- Di-Marco N., S. Aello 2002. Costo energético de la actividad de vacunos en pastoreo y su efecto en la producción. En Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), www.anterior.inta.gob.ar/f/?url=http://anterior.inta.gob.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/nutricion/costo_energ.htm; consulta: junio de 2017.
- Dietsch, D. C., W. O. Tom, G. D. Lacefield, and W. Murdock. 1997. Bermudagrass: A summer forage in Kentucky. University of Kentucky. College of Agriculture. Cooperative Extension Service. AGR-48.
<http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/agr/agr48/agr48/pdf>.
- Dzowela, B. H., M. S. L. Kumwenda, H. D. C. Msiska, E. M. Hodges, R.C. Gray. 1990. Seasonal Trends in Forage Dry Matter Production of Some Improved.
- Echavarria., I. Albert. Miasso. 2002. El ambiente en la producción animal. Raúl. Ref. 5. Pp. 1
- Echeverri, M., L. Galeano-Vasco, M. Cerón-Muñoz, y S.M. Girón- Márquez. 2015. Effect of climatic variables on milk yield in Holstein cows. Livest. Res. Rural Develop. 27(12): 56-65.
- FAO. 2007. The estate of the world's animal genetic resources for food and agriculture. Roma.
- Flamenbaum, I. 1997. Prácticas de reducción del estrés térmico. Agua y aire es todo el secreto. Agrotecnología. FEPALE. 2(9): 199-210.
- Fox, D. G., C. J. Sniffen, O'Connor. 1988. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. J. Anim. Sci. 66: 1475-1495.
- Fuquay, J. W. 1981. Heat stress as it affects animal production. J. Anim. Sci. 52: 164–174.

- Galloway, D. L., A. L. Goetsch, L. A. Forster, A. R. Patil, W. Sun, and Z. B. Johnson. 1993. Feed intake and digestibility by cattle consuming bermudagrass or orchardgrass hay supplemented with soybean hulls and (or) corn. *J. Anim. Sci.* 71: 3087-3095.
- Galyean, M. L. 1997 Laboratory procedures in animal nutrition research; West Texas A&M University, Division of Agriculture and Texas A&M Research and Extension Center, Amarillo. 192 p.
- Galyean, L. N., J. L. Krysl, E. R. Estell. 1986. Marker-based approaches for estimation of fecal output and digestibility in ruminants. In: Feed intake by beef cattle. Symposium Proceedings. Oklahoma State University, USA. p. 96.
- Ganaie, A. H., G. Shanker, N. A. Bumla, R. S. Ghasura, N. A. Mir, S. A. Wani, and G. B. Dudhatra. 2013. Biochemical and physiological changes during thermal stress and bovine. *J. Vet. Sci. Technol.*, 4: 2157-7579.
- Gaughan, J. B., T. L. Mader, S. M. Holt, M. J. Josey, K. J. Rowan. 1999. Heat tolerance of Boran and Tuli crossbred steers. *J. Anim. Sci.* 77: 2398–2405.
- Gaughan, J. B., T. L. Mader, S. M. Holt, and A. Lisle. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 86: 226-234.
- Gaughan, J. B., S. Bonner, I. Loxton, T. L. Mader, I. Lisle, L. Lawrence. 2010. Effect of shade on body temperature and performance of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 88: 4056-4067.
- Goetsch, A. L., E. W. Murphy, L. A. Grant, J. R. Foster, D. L. Galloway Sr, C.P. West and Z. B. Johnson. 1991. Effects of animal and supplement characteristics on average daily gain of grazing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 69: 433-442.
- Gregorini, P., M. Eirin, M. H. Wade, R. Refi, M. Ursino, O. E. Ansin, C. Masino, L. Agnelli, K. Wakita, S. A. Gunter. 2007a. The effects of a morning fasting on the

evening grazing behavior and performance of strip-grazed beef heifers. *The Professional Animal Scientist*, 23: 642-648.

Gregorini, P., K. J. Soder, R. S. Kensinger. 2009. The effects of rumen fill on short-term ingestive behavior and circulating concentrations of ghrelin, insulin and glucose of dairy cows foraging vegetative micro-swards. *J. Dairy Sci.* 92: 2095-2105.

Gregorini, P., M. Eirin, R. Refi, M. Ursino, O. A. Ansin and S. A. Gunter. 2006a. Timing of herbage allocation in strip grazing: Effects on grazing pattern and performance of beef heifers. *J. Anim. Sci.* 84: 1943.

Gutiérrez-Norales, B. H. 2013. Suplementación proteica o energética en novillos bajo pastoreo durante el verano. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. B.C, México.

Hafez, E. 2000. *Reproduction in farm animals*. 6a ed. La Habana: Editorial.

Hahn, G. 1999. Dynamic responses of Cattle to thermal heat loads. *J. Anim. Sci.* 77: 10-20.

Hammond, A. C., T. A. Olson, C. C. Chase Jr, E. J. Bowers, R. D. Randel, C. N. Murphy, D. W. Vogt, and A. Tewolde. 1996. Heat tolerance in two tropically adapted *Bos taurus* breeds, Senepol and Romosinuano, compared with Brahman, Angus, and Hereford cattle in Florida. *J. Anim. Sci.* 74: 295-303.

Hansen, P. J. 1990. Effects of coat colour on physiological and milk production responses to solar radiation in Holsteins. *Vet. Rec.* 127: 333–334.

Harmer, J., M. Smith, Brouk y P. Murphy. 2000. Reducing Heat Stress in Holding Pens *Howard`s Dairyman*. May. pp. 66.

Heinemann, B., A. J. Fontes, D. S. C. Paciullo, B. Rosa, R. Macedo, P. Moreira, L. J. M. Aroeira. 2005. Potencial Produtivo e Composicao bromatológica de seis

gramineas forrageiras tropicais sob duas doses de nitrogenio e potássio. Pasturas Tropicales, 27(1): 201-213.

Helman, M. 1993. Ganadería Tropical. 5ª ed. Buenos Aires, Argentina. Edit. El Ateneo. PP 12-19.

Hill, G. M., R. N. Gates, G. W. Burton. 1993. Forage Quality and Grazing Steer Performance from Tifton 85 and Tifton 78 Bermudagrass Pastures. J. Anim. Sci. 71: 3219-3225.

Hodgson, J. 1990. Grazing management: science into practice. Longman Group UK Limited. 1^a ed. Londres, Inglaterra. Holstein cattle manage on pangola pasture in Trinidad. Turrialba, 11(1): 57-57.

Howes, J. R., J. F. Hentges, and J. P. Feaster. 1963 Blood volume of Brahman and Hereford cattle as measured by injected radioionated bovine serum albumin. J. Anim. Sci. 22: 183.

INEGI. 2010. Atlas de riesgo del municipio de Mexicali: peligros hidrometeorológicos. 62 pp.

Johnson, H. D., O. Wayman, H. H. Kibler, A. C. Ragsdale, I. L. Berry, C. P. Merilan. 1961. Effects of temperature and controlled feeding on milk production and related physiological reactions in cattle. J. Anim. Sci. 20: 974.

Jones, R. J., R. L. Sandland. 1988. The relation between animal gain and stocking rate. J. Agric. Sci. 83: 335–342.

Juárez-Reyes, A. S., M. A. Cerrillo-Soto, E. Gutiérrez-Ornelas, E. M. Romero-Treviño, J. Colín-Negrete y H. Bernal-Barragán. 2009. Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas in vitro. Tec. Pecu. Mex. 47: 55-67.

- Karue, C. N., J. L. Evans, and A. D. Tillman. 1972. Metabolism of nitrogen in Boran in Hereford- Boran crossbred steers. *J. Anim. Sci.* 35: 1025.
- Kennedy, E., M. Mcevoy, J. Murphy, M. O'donovan. 2009. Effect of restricted access time to pasture on dairy cow milk production, grazing behavior, and dry matter intake. *J. Dairy Sci.* 92(1): 168–176.
- Khalifa, H. H. 2003. Bioclimatology and adaptation of farm animals in a changing climate. In: Interactions between climate and animal production. Proc. Symp. EAAP Technical series N° 7, Pp 15-29.
- Klein, R. F. 2000. Utilización de praderas y nutrición de vacas a pastoreo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Remehue-Chile. 13pp.
- Krysl, L. J. and B. W. Hess. 1993. Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. *J. Anim. Sci.* (71): 2546-2555. Lea & Febiger. pp. 321-322.
- Leyva-Corona, J.C., D. I. Armenta-Castelo, R. Zamorano-Algandar, M. G. Thomas, G. Rincon, J. F. Medrano, F. Rivera-Acuña¹, J. R. Reyna-Granados, y P. Luna-Nevárez. 2015. Variables climáticas asociadas a la producción de leche en vacas Holstein criadas bajo condiciones de estrés por calor del Valle del Yaqui, México. *Rev. Latinoam. Rec. Nat.* 11(1): 1-11.
- López, R. (1984). Dieta del Ganado en Agostadero. Folleto de Divulgación. Vol. 1. No. 4. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah.
- López O. 2002. Caracterización del comportamiento productivo y reproductivo de vacas Mambí de primera lactancia en un sistema silvopastoril. Tesis M. Sci., Estación Experimental Indio Hatuey, Matanzas, Cuba, 85 p.

- Mader T. L., J. M. Dahlquist, G. L. Hahn, J. B. Gaughan. 1999. Shade and wind barrier: Effects on summertime feedlot cattle performance. *J. Anim. Sci.* (77): 2065-2072.
- Mader, T. L., S. M. Holt, G. L. Hahn, M. S. Davis, and D. E. Spiers. 2002. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80: 2373–2382.
- Mader, T. L., M. S. Davis, T. Brown-Brandl. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84: 712-719.
- Malayer, J. R., P. J. Hansen. 1990. Differences between Brahman and Holstein cows in heat-shock induced alterations of protein secretion by oviducts and uterine endometrium. *J. Anim. Sci.* 68: 266–280.
- McDowell, R. L., N.W. Hooven, and J.K. Camoens. 1976. Effects of climate on performance of Holstein in first lactation. *J. Dairy Sci.* 59: 956.
- McDowell, L. R. 1985. Nutrition of grazing ruminants in warm climates. Academic Press. Orlando, FL. 443 pp.
- Mertens, D. R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.* 64: 1548.
- Minson, J.D. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press. Sta. Lucia. Queensland, Australia. 483 p.
- Montague, W.D., E. A. Laca, G. B. Greenwood. 1986. Intake in grazing ruminants: A conceptual framework. In: Feed intake by beef cattle. Symposium Proceedings. Oklahoma State University, USA. p. 208.
- Moore, J. E., M. H. Brant, W. E. Kunkle, D. I. Hopkins. 1999. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. *J. Anim. Sci.* 77: 122–135.

- Molinuevo HA. 2005. Selección de ganado lechero. En: Genética bovina y producción en pastoreo (INTA Ed.), Buenos Aires, p. 283-316.
- Muller, C. J. C., J. A. Botha, and W. A. Smith. 1994a. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa: 3. Behaviour. S. Afr. J. Anim. Sci. 24: 61–66.
- Navas, P. A. 2010. Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. Rev. Med. Vet. 19: 113-122.
- Nay, T., R. H. Heyman. 1956. Sweat glands in zebu (*Bos indicus* L.) and European (*Bos. taurus* L.) cattle. Aust. J. Agric. Res. 7: 482–494.
- Newman, Y. C., T. R. Sinclair, A. S. Blount, M. L. Lugo, E. Valencia. 2007. Forage production of tropical grasses under extended daylength at subtropical and tropical latitudes. Environmental and Experimental Botany 61: 18 – 24.
- NRC, National Research Council. 1981. Effect of environment on nutrient requirement of domestic animals. National Academy Press. Washington DC, USA.
- NRC. 1987. Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals. National Academy Press. Washington, DC, USA.
- NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle (7th Ed.). National Academy Press, Washington, DC, USA.
- NRC, National Research Council. 2016. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Sheep. Sixth Revised Edition. Ed. National Academy of Sciences. Washington, DC, USA.

- O'Brien, M. D., R. P. Rhoads, S. R. Sanders, G. C. Duff and L. H. Baumgard. 2010. Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle. *Dom. Anim. End.* 38: 86-94.
- OMS, Organización Mundial de la Salud. 2003. Salud ambiental. Campo de la complejidad ambiental. Disponible en: <http://www.Manizalesunal.edu.com>. Art15 pdf. Pastures and animal performance in relation to chemical composition in Malawi. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 28: 255-266.
- Patiño, P. R., M. V. Fischer, M. Balbinotti C. Moreno, E. Ferreira, R. Vinhas e P. Monks. 2003. Comportamento ingestivo diurno de novilhos em pastejo a níveis crescentes de suplemento energético. *Ver. Brasileira de Zootecnia*, 32: 1408-1418.
- Patiño, P. R., M. K. González, S. F. Porras, R. L. Salazar, S. C. Villalba, J. Gil. 2008. Comportamiento ingestivo diurno y desempeño en novillos en pastoreo pertenecientes a tres grupos genéticos durante dos épocas climáticas. *Livest. Res. Rural. Develop.* 20(3): 1-12.
- Pearce, S.C., N. K. Gabler, J. W. Ross, J. Escobar, J. F. Patience, R. P. Rhoads, L. Baumgard. 2014. The effects of heat stress and plane of nutrition on metabolism in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 91: 2108–2118.
- Pereira, H., M. Leiras. 1991. Comportamiento bovino de alimentación, rumia y bebida. *Fleckvieh-Simental*. 9: 24-27.
- Pérez-Ramírez, E., J. Peyraud, R. Delagarde. 2009. Restricting daily time at pasture at low and high pasture allowance: effects on pasture intake and behavioral adaptation of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92(7): 3331-3340.
- Pinzón, M. E. 1985. Historia de la ganadería bovina en Colombia. *Supl. Ganadero. Banco Ganadero* 4(1): 2008 p.

- Pinto, R. R., L. O. Reyes, H. C. Gómez, F. G. Hernández, D. H. Sánchez. 2014. Comportamiento animal y características de la dieta de bovinos pastoreando estrella africana sola y asociada con árboles. *Rev. Mex. Cienc. Peru.* 5(3): 365-374.
- Pires, MFA. 2003. Campos AT. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. In: Resende H, Campos AT, Pires MF. (Orgs). *Dados climáticos e sua utilização na atividade leiteira*, 1 ed, Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite. 2003(1): 250.
- Poppi, D. P., and S. R. McLennan. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci.* 73: 278-290.
- Preston, T.R., y R. A. Leng. 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre nutrición de rumiantes en el trópico. *Consultorías para el Desarrollo Rural Integrado en el Trópico (CONDRIT)*. Ltda. Cali, Colombia. Pp.312.
- Rinehart, L. 2008. Nutrición para Rumiantes en Pastoreo. Disponible: www.attra.ncat.org/espanol/pdf/rumiantes.pdf. [Consultado: 17 de septiembre de 2017].
- Redfearn D. D., C. J. Nelson. 2003. Grasses for Southern Areas. In: *Forages*. Barnes, et al. (Ed.). 6th edition. Iowa State Press. Ames, IW.
- Roca, A. J. R. 2011. Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. *ESPAMCIENCIA* (2) 1: 15-25.
- Rovira P., J. Velazco. 2007. Sombra: buena para el ganado, mejor para el productor. *Revista INIA*, 13: 2-5.

- Rovira, P.J., J. I. Velazco. 2008. Cuantificando el estrés calórico en vacunos en pastoreo. *Revista INIA* 16: 10-13.
- Sánchez, T. 2003. Fisiología del consumo voluntario en los rumiantes. *Revista de Pastos y Forrajes Indio Huatey*. 19 p.
- Sanz-Fernandez, M. V., J. S. Johnson, M. Abuajamieh, S. K. Stoakes, J. T. Seibert, L. Cox, S. Kahl, T. H. Elsasser, J. W. Ross, S. C. Isom, R. P. Rhoads, and L. H. Baumgard. 2015. Effects of heat stress on carbohydrate and lipid metabolism in growing pigs. *Physiol Rep*. 3:e12315. doi:10.14814/phy2.12315.
- Sainz, R. D., V. A. Thompson, L. G. Barioni, T. R. Rumsey, y J. G. Fadel. 2017. Balance térmico en ganado de engorda europeo y cebú. En: XXVII Reunión Internacional sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos, Mexicali, B.C México, 5 y 6 de octubre. Pp.13.
- SAS, Institute Inc. (2002). Versión 9. SAS/STAT User's Guide. Cary, NC, USA.
- SCA. 2007. Feeding standards for Australian livestock. Ruminants. Melbourne: CSIRO Publishing. 296p.
- Selye H., 1973. The evolution of the stress concept. *Corpoica. Am. Sci.* 61: 692-698.
- Shearer J. K. and D. K. Beede, 1990. Termoregulation and physiological of dairy cattle and hot weather. Heat stress, Part 1. *Agri-Practice* 11: 4.
- Silanikove, N. 2000. The physiological basis of adaptation of goats to scarcity of food and water in harsh environments. *Small Rumin. Res.* 35: 181-193.
- Simeone A., V. Beretta, C. J. Caorsi. 2010. Efecto de la sombra natural sobre la performance estival de vaquillonas pastoreando campo natural de áreas forestadas. *Agrociencia*, 14: 137.

- Sinclair T. R., P. Mislevy, J. D. RAY. 2001. Short photoperiod inhibits winter growth of subtropical grasses. *Planta*, 213: 488-491.
- Sinclair, T. R., D. Jeferry, P. I. Ray, L. Mislevy y M. Premazzi. 2003. Growth of subtropical forage grasses under extended photoperiod during short-day length months. *Crop Sci.* 43: 618 – 623.
- Smith, D., G. Cuddeford, R. Pearson. 2006. The effect of extended grazing time and supplementary forage on the dry matter intake and foraging behaviour of cattle kept under traditional african grazing systems. *Tropical Animal Health and Production*, 38: 75-84.
- SMN, 2010. Sistema de Meteorológico Nacional. Disponible en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=208&Itemid=118. Consultada el día 05 de septiembre del 2017.
- Stobbs, T. H. 1970. Automatic measurement of grazing time by dairy cows on tropical grass and legume pastures. *Tropical Grassland*, 4: 237-244.
- St-Pierre, N., R. B. Cobanov, G. Schnitkey. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci.* 86: E52–E77.
- Suárez, E., P. Sony Reza, G. Eliecer Díaz, A. Fredy García, C. Iván Pastrana, V. Hugo, Cuadrado, C. Manuel Espinosa. 2012. Efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento ingestivo en bovinos de carne en un sistema intensivo en el Valle del Sinú. *Rev. Corpoica. Sci. Tec. Agr.* 13(2): 207-212.
- Sullivan, M. L., A. J. Cawdell-Smith, T. L. Mader and J.B. Gaughan. 2011. Effect of shade area on performance and welfare of short-fed feedlot cattle. *J Anim. Sci.* 89: 2911-2925.

- Thom, E. C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12, 57-59. University of Florida, Gainesville, USA. 4 p.
- Tilley, J. M., and R. A. Terry. 1969. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland Soc.* 18: 104.
- Utley, P. R., H. D. Chapman, W. G. Monson, W. H. Marchant, and W. C. McCormick. 1974. Coastcross bermudagrass, coastal bermudagrass and pensacola bahiagrass as summer pasture for steers. *J. Anim. Sci.* 38: 490-495.
- Valtorta S. E., E. A. Comerón, L. A. Romero, C. Migliore, M. Estrada de, M. S. Aronna, O. A. Quaino. 2003. Comportamiento de vacas Holando, Jersey sus cruizas durante la época estival: 2, Efecto de las variables meteorológicas y el tiempo de pastoreo. *Arg. Prod. Anim.* 23: 293-294.
- Van Soest, P. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. *J. Dairy Sci.* 35: 218-227.
- Van Soest, P., J. Robertson, and Lewis. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and non-polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583 – 3597.
- Van Soest, P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Second Edition. Cornell University Press, Ithaca, Nueva York. 476 p.
- Vara, O., R. Moreno. 1984. Rumia. En Primer Curso Engorde Estabulado de Vacunos. Lima: Universidad Agraria La Molina. pp. 30-31.
- Velásquez, J., 2003. Conducta de pastoreo en ganado bovino. *Revista de la Asociación Colombiana de Criadores de Ganado Cebú.* Número. 333: 1-16.

- Verbeck, R., J. F. Smith and D. V. Armstrong. 1994. Management and dairy cattle in hot weather. *J. Dairy Sci.* 65: 395-403.
- Vilela, E., J. B. Meneses, y E. A. Schiffer y R. G. Campos. 1974. O comportamento da vacas leiteiras secas. *Anais da escola de Agronomia e Veterinaria.* 4(1): 67-79.
- Villalobos L. 2012. Fenología, producción y valor nutritivo del pasto alpiste (*Phalaris arundinacea*) en la zona alta lechera de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 36(1): 25-37.
- West, J. W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86: 2131–2144.
- Wheeler, J. S., D. L. Lalman, G. W. Horn, L. A. Redmon and C. A. Lents. 2002. Effects of supplementation on intake, digestion, and performance of beef cattle consuming fertilized, stockpiled bermudagrass forage. *J. Anim. Sci.* 80: 780-789.
- Wilson, P. W. 1961. Observation on the grazing behavior of crossbred zebu, Holstein cattle manage on pangola pasture in Trinidad. *Turrialba* 11 (1): 57-58.
- Wildman E. E., G. M. Jones, P. E. Wagner, R. L. Bowman, H. F. Troutt, and T. N. Lesch. 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *J. Dairy Sci.* 65: 495-501.
- Yan, T., R. E. Agnew. 2004. Prediction of nutritive value in grass silages: I. Nutrient digestibility and energy concentration using nutrient composition and fermentation characteristics. *J. Anim. Sci.* 82: 367-1379.
- Zinn, R. 2017. Amino Acids Nutrition of feedlot calves. En: XXVII Reunión Internacional sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos, Mexicali, B.C México, 5 y 6 de octubre. Pp.5.