

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



**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

COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA

MARTIN ADOLFO CISNEROS ESTRADA

DIRECTOR DE TESIS

DR. ENRIQUE G. ALVAREZ ALMORA

MEXICALI, B.C. MÉXICO

JUNIO, 2015

La presente tesis “**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**” realizada por el **C. Martín Adolfo Cisneros Estrada**, dirigida por el **Dr. Enrique G. Álvarez Almora**, ha sido evaluada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Sistemas de Producción Animal

Consejo particular

Dr. Enrique G. Álvarez Almora
Director de Tesis

Dra. Noemí Gpe. Torrentera Olivera
Secretario

Dr. Leonel Avendaño Reyes
Sinodal

Dr. Ulises Macías Cruz
Sinodal

Dr. Jesús Santillano Cázares
Sinodal

AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro señor por permitirme llegar a estas instancias de mis estudios y cuidarme durante toda la trayectoria.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el recurso financiero que dispone para estudiar el posgrado.

A la Universidad Autónoma de Baja California por haberme aceptado dentro de su planta estudiantil y brindar todos sus recursos de infraestructura y servicios para el desarrollo profesional.

A mi asesor, el Dr. Enrique G. Álvarez Almora por formar parte de su grupo de asesorados y brindarme sus conocimientos, enseñanzas, tiempo y amistad, que fortalecieron mi persona.

A la Dra. Noemí Torrentera Olivera por su amistad, apoyo y consejos que me compartió durante estos años.

A los doctores Leonel Avendaño Reyes y Ulises Macías Cruz por su colaboración en el análisis del estudio y por tener paciencia en las dudas que me surgían.

A todos mis amigos de posgrado que afortunadamente me toco conocer en la mayor parte del tiempo y que no solamente existió un trato escolar, a cada uno de ustedes muchas gracias y espero que haya sido para ustedes una buena amistad.

DEDICATORIA

Primeramente, a las personas que han estado conmigo durante mis 26 años de vida: mis padres, el Sr. Marco Antonio Cisneros Salas y la Sra. Juana Estrada Benítez por todo su apoyo incondicional que me dan cuando lo he necesitado, por impulsarme, motivarme y levantarme en los momentos difíciles donde he tropezado y caído. A ustedes mis queridos viejos, les muestro el fruto que ha sido cosechado del árbol que han plantado.

A la MC. Abril Basilio Navarrete, por haber estado conmigo en estos tres años de carrera, por su amistad y cariño demostrado día con día, pero más que nada, el levantarme cuando los ánimos estaban decaídos. ¡Gracias amor!

A mis hermanos: Adriana, Alba, Johana, Arantza, Toño, Juan y José, por estar al pendiente de mis estudios y haberme transmitido en momentos complicados sus palabras alentadoras.

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE GRAFICAS	vii
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN... ..	3
II. REVISION DE LITERATURA... ..	5
2.1. Sistema de alimentación basado en el uso de la pradera.....	5
2.2. Suplementación en condiciones de pastoreo.....	7
2.2.1. <i>Niveles de suplementación</i>	8
2.2.2. <i>Horarios de suplementación</i>	9
2.3. Conducta alimenticia en pastoreo.....	10
2.4. Métodos de medición.....	11
2.4.1. <i>Muestreo continuo</i>	11
2.4.2. <i>Muestreo por puntos de exploración</i>	11
2.4.3. <i>Muestreo por sensores móviles de monitoreo</i>	12
2.5. Efecto de la suplementación sobre la conducta en pastoreo.....	12
2.6. Medioambiente y entorno animal.....	13
2.7. Índices de estrés.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Localización.....	17
3.2. Unidades experimentales.....	17
3.3. Desarrollo experimental.....	18
3.4. Composición de la pradera.....	20
3.5. Condiciones climáticas.....	20

3.6. Determinación de la conducta en pastoreo.....	21
3.6.1. Observación visual.....	21
3.6.2. Sensor móvil de monitoreo (GPS).....	22
3.7. Variables fisiológicas.....	22
3.8. Análisis estadístico.....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1. Condiciones ambientales.....	24
4.2. Comportamiento en pastoreo.....	26
4.3. Conducta en pastoreo.....	28
4.4. Constantes fisiológicas.....	30
4.5. Conducta en pastoreo mediante el dispositivo GPS.....	43
4.6. Análisis de correlación.....	46
V. CONCLUSIONES.....	49
VI. LITERATURA CITADA.....	50

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Grado de estrés en ganado bovino de acuerdo al ITH.....	16
2	Ingredientes y composición nutricional del suplemento ofrecido a los novillos cruzados durante el verano en el valle de Mexicali.....	19
3	Condiciones climáticas registradas en el periodo experimental (Agosto – Noviembre del 2012) para evaluar los hábitos de pastoreo y consumo por novillos cruzados durante el verano en el valle de Mexicali	25
4	Condiciones climáticas registradas en los horarios de muestreo para evaluar los hábitos de pastoreo y consumo por novillos cruzados durante el verano en el valle de Mexicali.....	27
5	Comportamiento productivo, conducta en pastoreo y constantes fisiológicas de novillos cruzados suplementados con distintos niveles de concentrado y horarios de asignación durante el verano en el valle de Mexicali	31
6	Efecto de los niveles de suplementación y horario de asignación sobre la conducta registrada mediante un dispositivo GPS electrónico con novillos cruzados en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali	45

7	Coeficiente de correlación de las variables ambientales en el estudio con las mediciones de conducta a través de dos estaciones del año en novillos cruzados en pastoreo durante el verano en el valle de Mexical.....	48
---	--	----

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica		Pág.
1	Efecto de la interacción mes x horario de observación sobre el porcentaje de tiempo destinado al pastoreo en novillos cruzados durante el verano en el valle de Mexicali	33
2	Efecto de la interacción mes x tratamiento sobre el porcentaje de tiempo destinado al pastoreo en novillos cruzados durante el verano en el valle de Mexicali	34
3	Efecto de la interacción tratamiento x horario de observación sobre el porcentaje de tiempo destinado al pastoreo en novillos cruzados durante el verano en el valle de Mexicali	35
4	Efecto de la interacción mes x horario de observación sobre el porcentaje de tiempo destinado a rumiar en novillos cruzados bajo un sistema de pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.....	37
5	Efecto de la interacción mes x horario de observación sobre el porcentaje de tiempo destinado a descansar en novillos cruzados bajo un sistema de pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.....	38
6	Efecto de la interacción mes x horario de observación sobre el porcentaje de tiempo destinado a caminar en novillos cruzados bajo	

	un sistema de pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.....	40
7	Efecto de la interacción mes x horario de observación sobre la frecuencia respiratoria en novillos cruzados bajo un sistema de pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali	42
8	Efecto de la interacción mes x horario de observación sobre la temperatura rectal en novillos cruzados bajo un sistema de pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali	44

RESUMEN

Para evaluar la influencia del horario y nivel de asignación del suplemento sobre la conducta en pastoreo y la respuesta fisiológica en novillos se utilizaron 4 periodos comprendidos entre Agosto a Noviembre del 2012. Para ello, a 28 novillos cruzados (280 ± 13 kg) les fueron asignados aleatoriamente los tratamientos que resultaron de la combinación de los factores principales y agrupados en 4 grupos: 1) 0.3% de PV a las 0700 h (**SBAM**); 2) 0.6% de PV a las 0700 h (**SAAM**); 3) 0.3% de PV a las 1900 h (**SBPM**) y 4) 0.6% de PV a las 1900 h (**SAPM**). Cada 15 días, por el método de observación visual se determinaron los tiempos diurnos (0900 a 1700 h) de pastoreo, rumia, descanso y desplazamiento. Con el GPS electrónico se midieron las distancias recorridas durante 24 h los últimos 4 días de cada periodo. Se registró 2 veces por semana la temperatura rectal y frecuencia respiratoria a las 0800 y 2000 h del día. Los datos fueron analizados bajo un diseño completamente al azar. El efecto de los factores horario y nivel de suplementación fueron evaluados mediante contrastes ortogonales. El nivel alto de suplemento asignado en la mañana disminuyó ($P < 0.05$) el tiempo de pastoreo, de la misma manera, la suplementación por la mañana disminuyó (10%; $P < 0.05$) el tiempo de pastoreo, pero con una tendencia de incrementar ($P < 0.10$) el tiempo en caminar y distancias recorridas. El horario de asignación del suplemento por la tarde mostro una tendencia ($P < 0.10$) de aumentar la TR. En general, el pastoreo ocurrió en mayor medida por la mañana y tarde ($P < 0.05$), mientras que la rumia y descanso a medio día ($P < 0.05$). En conclusión, la suplementación por la mañana con el nivel alto modifico el tiempo de pastoreo sin afectar el potencial productivo de los animales. Finalmente, bajo las condiciones de calor en que se realizó la suplementación, los animales hicieron adecuaciones de conducta y fisiológicas para evitar un estado de estrés calórico.

Palabras clave: Novillos de engorda, suplementación, conducta en pastoreo, respuesta fisiológica.

ABSTRACT

Four periods between August to November 2012 were established to evaluate the influence of time and level of allocation of the supplement on grazing behavior and physiological response in steers. For this, 28 crossbred steers (280 + 13 kg) were randomly assigned them treatments resulting from the combination of the main factors and grouped into 4 groups: 1) 0.3% PV at 0700 h (SBAM); 2) 0.6% of PV at 0700 h (SAAM); 3) 0.3% PV at 1900 h (SBPM) and 4) 0.6% PV at 1900 h (SAPM). Every 15 days by the method of visual observation times daytime (0900-1700 h) grazing, ruminating, resting and walking were determined. With electronic GPS distances traveled for 24 h the last four days of each period were measured. The rectal temperature and respiratory rate at 0800 and 2000 h were recorded day 2 times per week. Data were analyzed under a completely randomized design. The effect of the time factors and level of supplementation were evaluated by orthogonal contrasts. The high level of supplementation assigned in the morning decreased ($P < 0.05$) grazing time, in the same way, morning supplementation decreased (10%; $P < 0.05$) grazing time, but tended to increase ($P < .10$) in walking time and distance traveled. The allocation schedule supplement afternoon showed a trend ($P < 0.10$) increase the TR. In general, grazing occurred to a greater extent in the morning and afternoon ($P < 0.05$), whereas rumination and rest at noon ($P < 0.05$). In conclusion, supplementation morning with high level modify grazing time without affecting the productive potential of animals. Finally, under the conditions of heat that supplementation was performed, the animals did physiological and behavioral adjustments to avoid heat stress state.

Key words: feedlot steers, supplementation, grazing behavior, physiological response.

I. INTRODUCCIÓN

Más del 40% de la superficie del Estado de Baja California se dedica a la ganadería extensiva sobre gramíneas perennes con crecimiento y variación estacional de su calidad nutricional, sin embargo es en el valle de Mexicali donde las altas temperaturas que se presentan en los meses de Julio a Septiembre ocasionan mayores estragos (INEGI, 2010) por el estrés calórico que condiciona al animal a realizar ajustes fisiológicos, pero también de conducta alimenticia para asegurar un consumo suficiente de MS y nutrientes (Arias, *et al.*, 2008; Chávez, *et al.*, 2000). En este sentido es aconsejable la adopción de una adecuada estrategia de suplementación para complementar no solo las deficiencias nutricionales que con frecuencia presentan las praderas durante el verano y otoño (Kunkle, *et al.*, 2000), sino también para favorecer horarios y hábitos en el animal tendientes a lograr un mayor confort y eficiencia durante el pastoreo. Se ha observado que el horario de suplementación modifica no solo el desempeño del animal porque interfiere con el patrón normal de pastoreo (NRC, 1981 y Adams, 1985), sino que durante el Otoño o el Invierno un suplemento energético asignado por la mañana incrementa el tiempo de pastoreo de novillos en distintas variedades de gramíneas de clima templado (Adams, 1985 y Scaglia, *et al.*, 2009). Adicionalmente, el consumo de MS del forraje y el tiempo de pastoreo disminuyen a medida que la suplementación aumenta, lo que provoca una sustitución del consumo de pastura por el concentrado tanto en el verano con vacas multíparas (Gekara *et al.*, 2001) como en primavera (Riquelme y Pulido, 2008). No se ha encontrado para una región árida-seca con verano extremoso estudios que evalúen simultáneamente el efecto de los niveles y horarios de suplementación sobre la conducta en pastoreo y los mecanismos de disipación de calor. Es posible que la asignación del nivel alto de suplemento durante la mañana en condiciones de calor extremoso disminuya el tiempo de pastoreo durante las horas de más calor y a la vez que el descanso o la rumia coincidan con la mayor sensación térmica, de tal forma que los indicadores de respuesta fisiológica indiquen mayor confort frente al estrés térmico. Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue evaluar el horario y nivel de asignación de suplemento sobre la conducta en pastoreo,

respuesta fisiológica y su variación por efecto del medio ambiente, en novillos cruzados durante el verano en el Valle de Mexicali.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Sistema de alimentación basado en el uso de la pradera

El aprovechamiento de los pastos y forrajes como alimento para el ganado, es un factor importante dentro del proceso de desarrollo en la ganadería extensiva, ya que en la mayoría de los casos, la actividad pecuaria se relaciona fuertemente con los recursos existentes o potenciales, que sin una buena alimentación del ganado difícilmente se podrá obtener mejoramiento en los aspectos productivos, reproductivos, genéticos y de salud animal (Eguiarte, 1985). El pastoreo es quizás la forma más económica de producir carne y leche, por tanto, uno de los objetivos básicos de todo sistema de producción de bovinos en pastoreo es sostener las necesidades nutricionales de los animales a lo largo del año (Patiño, *et al.*, 2003) manteniendo la cantidad y calidad del forraje disponible, los cuales son factores determinantes en la producción animal (González y Porras, 2005).

La cantidad hace referencia a la disponibilidad de forraje con la que cuentan los animales por unidad de tiempo y área en un sistema de pastoreo determinado (Sánchez, 2003) y la calidad está condicionada por los niveles óptimos de proteína cruda, energía metabolizable, minerales y fibra indigestible contenidos en la pastura. La calidad es probablemente el principal factor que limita la producción de animales en pastoreo cuando el consumo de éstos nutrientes es restringido (Hodgson, 1982) ya que en condiciones de pastoreo el animal procura ingerir una dieta balanceada, que se manifiesta por los patrones de selección y ajustes en el comportamiento durante la cosecha e ingestión de forraje (Chacón, 2011) que también se ve afectado por otros factores asociados a la estructura del pasto, teniendo en cuenta que el valor nutritivo es máximo en las hojas, menor en los tallos y muy bajo en el material muerto (Sánchez, 2003).

Diversos investigadores (Dalley, *et al.*, 1999; Stockdale, 1985) han reportado que el consumo de MS de pastura está estrechamente relacionado con la disponibilidad de la misma, donde generalmente disminuye cuando la disponibilidad es baja y aunque el animal en un intento por compensar ésta carencia aumenta el tiempo dedicado al pastoreo, así como el número, tamaño y tasa de bocados, llega al punto en que la disponibilidad limita el consumo por lo que la relación entre los dos parámetros es de tipo curvilíneo. De acuerdo con NRC (1987) cuando la disponibilidad está por arriba de los 2200-3000 kg/ha, no existen limitaciones en el consumo para la mayoría de las especies de ganado, sin embargo, conforme la disponibilidad de forraje baja a 1000 kg/ha puede esperarse una reducción en el consumo de un 15%. La calidad es determinante, ya que tiene una estrecha relación con su digestibilidad y la velocidad de paso del alimento a través del tracto digestivo, en donde, forrajes de buena calidad son rápidamente digeridos y traspasados a la siguiente cavidad gastrointestinal, lo que provoca la sensación de vacío y la necesidad de volver a comer, favoreciéndose el consumo de forraje a medida que su calidad aumenta hasta cierto límite, donde posteriormente no ocurre ningún efecto (Minson, *et al.*, 1974).

El proceso de maduración en los forrajes es otro factor responsable del valor nutritivo del alimento y consecuentemente impacta en el consumo de materia seca. Generalmente el término "madurez" implica tanto al proceso de crecimiento mismo como al de maduración propiamente dicha, y ambos involucran cambios morfológicos, fisiológicos y químicos durante el desarrollo de estas etapas (Harris, 1990). Cuando los forrajes presentan estados avanzados de madurez, estos proporcionan niveles bajos de energía y proteína, limitando el consumo de energía. Diversas investigaciones demuestran que un nivel de proteína en el forraje de 7 a 8%, disminuye el consumo de materia seca, lo que se ha relacionado con una deficiencia de proteína en el rumen (Chávez, *et al.*, 2000) reduciendo la actividad de la microflora celulolítica, disminuyendo la digestibilidad e incrementando el tiempo de permanencia del forraje en la porción ruminal (Lyons, *et al.*, 2001).

El bajo contenido de fibra en las praderas y su alta fermentación aumenta la tasa de pasaje por el tracto digestivo ocasionando menores tiempos de rumia, menor salivación y disminución en el pH ruminal a valores entre 5.8 y 6.4, es por ello que el nivel óptimo de fibra requerido en condiciones de pastoreo es de aproximadamente 35 a 60% de FDN (Klein, 2000).

2.2 Suplementación en condiciones de pastoreo

El consumo restringido de nutrientes es probablemente el principal factor que limita la producción de animales en pastoreo (Hodgson, 1982), en donde las necesidades de alimentos suplementarios dependen de la brecha entre el consumo de nutrientes provenientes de la pastura y los requerimientos del animal (Bravo, 2010). Tradicionalmente se proporciona la alimentación suplementaria para el pastoreo de ganado durante periodos de inactividad de la planta cuando el forraje es de baja calidad (Pordomingo, *et al.*, 1991); sin embargo, otra de las razones para utilizar suplementos en ganado que consume dietas a base de forraje, incluyen corregir las deficiencias de nutrientes, conservar las condiciones del forraje, mejorar su utilización, incrementar la productividad del animal, acelerar la rentabilidad del sistema y manejar el comportamiento del ganado (Kunkle, *et al.*, 2000).

El consumo de forraje no se mejora cuando se suplementa una fuente proteica y existe baja disponibilidad de forraje, existen varios suplementos proteicos que se pueden utilizar con un contenido desde del 10% hasta más del 60%, además, la proteína cruda puede ser de una fuente natural, de una fuente no proteica, o una mezcla de las dos. Estudios realizados en el sur de Estados Unidos, donde compararon suplementos con diferente contenido de proteína cruda, encontraron la mejor respuesta con 25 y 35% de PC en el consumo de forraje (Chávez, *et al.*, 2000). La inclusión de un suplemento proteico a un forraje bajo en proteína aumenta la actividad celulolítica de la microflora del rumen, acelerando la tasa de desaparición y estimulando el consumo de forraje (Sánchez, 2003).

En situaciones en las que la disponibilidad de energía del forraje es demasiado bajo para satisfacer las demandas de producción, algún tipo de suplementación energética se practica a menudo (Caton y Dhuyvetter, 1997). Cuando se suplementan alimentos altos en energía (especialmente altos en almidón), en cantidades arriba del 0.25-0.50% del peso vivo y el forraje es bajo en proteína, normalmente se reduce el consumo, debido a que suplementos altos en energía se degradan rápidamente, liberando grandes cantidades de ácidos grasos volátiles, los cuales bajan el pH del rumen.

Los microorganismos del rumen encargados de la digestión de la fibra trabajan adecuadamente con un pH entre 6.7 y 7.1, cuando el pH baja, la fermentación de fibra se reduce, lo que provoca una disminución en el consumo. La fermentación de la celulosa, que es la fibra estructural más abundante de los forrajes, puede bajar de un 20 a 55% cuando el pH cae abajo de 6.3 (Lyons, *et al.*, 2001).

2.2.1 Niveles de suplementación

La suplementación con concentrados debería ser utilizada estratégicamente con el propósito de ofrecer una dieta balanceada y mantener una ración a bajo costo; los principales factores que determinan la cantidad de suplemento que se debe administrar son la disponibilidad de la pradera, su calidad nutricional y la etapa productiva en la que se encuentren los animales (Bravo, 2010). El NRC (2000) menciona que el incremento de la suplementación energética puede incrementar la eficiencia del uso de la energía para mantenimiento y producción que aquella obtenida solo en el forraje.

Se han realizado diversos estudios utilizando diferentes fuentes energéticas para llevar a cabo programas de suplementación y fijar los niveles de inclusión sin que exista una reducción en el consumo de forraje y cambios marginales en el consumo de MO digestible; por ejemplo, Matejovsky y Sanson (1995) indicaron que la suplementación con maíz a niveles menores del 0.25% del PV no ocurre algún efecto adverso en la utilización del forraje, en contra parte, Caton y Dhuyvetter (1997) al evaluar la suplementación de 0.8% de PV con cebada encontraron un efecto

adverso en el consumo de forraje y su digestibilidad, es por ello que Horn y McCollum (1987) sugieren un nivel de suplementación energética de 30 g/kg de PV.⁷⁵ que representa el 0.7% de PV, donde podría afectar mínimamente la utilización de forraje.

Un estudio realizado por Pordomingo *et al.* (1991) donde evaluaron la suplementación con grano de maíz en novillos pastoreando praderas nativas durante el verano en Nuevo México-EUA, encontraron una disminución lineal en el consumo de MO de forraje conforme incrementaban los niveles de suplementación (0, 0.2, 0.4 y 0.6 % de PV), siendo el nivel 0.2% que obtuvo el mayor consumo de forraje y materia orgánica digestible. Del mismo modo, Riquelme y Pulido (2008) encontraron una disminución significativa en el consumo de pradera a medida que se aumentaba el nivel de suplementación (0, 0.5, 1.0 y 1.5% de PV) en vacas lecheras pastoreando raigrás perenne (*Lolium perenne*) durante la primavera en Valdivia-Chile. De acuerdo con Soca *et al.* (2007), las estimaciones del consumo de forraje con el suministro de 1.4% de PV de suplemento, respecto al 0.6% de PV de suplemento por animal, provocó una reducción en el consumo de forraje de 0.3 kg de MS/kg de suplemento, sin embargo, encontraron mejoras en la GDP conforme aumentaba el nivel de suplemento durante la estación Verano-Otoño en Uruguay. Griffin *et al.* (2009) utilizaron la información de 13 estudios de pastoreo llevados a cabo en Nebraska-EUA, a finales de la primavera y principios de otoño; en donde, evaluaron distintos niveles de suplementación con DDGS desde 0 a 1.03% de PV/d para determinar la respuesta en la GDP y encontraron un incremento lineal conforme aumentaban los niveles de suplemento.

2.2.2 Horarios de suplementación

La hora del día en que se ofrece la suplementación tiene efectos directos sobre la conducta de pastoreo y desempeño del animal, en este sentido Adams (1985) postuló que la interrupción en los patrones normales de pastoreo como resultado de pautas de suplementación podría afectar negativamente el consumo de forraje y rendimiento de los animales, donde los animales suplementados

permanecen a la espera del concentrado junto al comedero y pierden tiempo importante en realizar el pastoreo activo en el resto de las áreas del potrero.

Se ha encontrado un mayor consumo voluntario en novillos en pastoreo cuando se suplementa en las primeras horas de la tarde (1400-1600 h) comparándolo con novillos suplementados en horas de la mañana (González y Porras, 2005). De manera similar, el consumo de forraje fue mayor cuando se suplemento (0.3% de PV) a las 1330 h respecto al horario matutino de 0730 h, del mismo modo, la GDP fue mayor para el horario PM con respecto al horario AM y el tratamiento testigo, en un estudio realizado en Montana-EUA en praderas de Russian wildrye (*Psathyrostachys juncea* (Fisch.) Nevski) durante el otoño (Adams, 1985). O como el estudio de Scaglia *et al.* (2009a) al evaluar distintos tiempos de suplementación en terneros pastoreando raigrás (*Lolium multiflorum*) durante el invierno en Luisiana-EUA, encontraron que los animales suplementados a medio día y en la tarde consumieron mayor forraje (2.67 kg MS/d) que los suplementados por la mañana; posteriormente, en otra investigación de Scaglia *et al.* (2009b) evaluaron la GDP en novillos durante los mismos horarios de suplementación y no hallaron diferencia a través de los distintos horarios. Contrario a todo lo que se ha mencionado, Hess *et al.* (2002) demostraron que suministrar 0.3% de PV de maíz molido a las 0600 h fue más eficiente que ofrecerlo a las 1800 h cuando el ganado pastoreaba en forrajes de verano, encontrando mayor consumo de MO y digestibilidad total de la MO.

2.3. Conducta alimenticia en pastoreo

El pastoreo como un proceso puede ser definido como un conjunto de acciones que definen un resultado o “consumo de forraje” (Gregorini, *et al.*, 2008) que realizan los animales en la obtención de nutrientes para su mantenimiento y productividad, éstos son principalmente en los rumiantes el pastoreo, rumia, descanso, desplazamientos y beber agua.

Se ha reportado que la conducta alimenticia es afectado por factores propios del animal, el medio ambiente, la cantidad y calidad del alimento (Gonzales y Porras, 2005). Por otra parte, los animales consumidores de gramíneas como los bovinos, se alimentan en tres periodos principales, con el primero iniciando al amanecer, seguido al atardecer (1700 y 2000 h) y el último en la media noche (Gregorini, *et al.*, 2006d), pero éste último representa un pequeño porcentaje del consumo diario de forraje, en promedio, casi el 85% del tiempo total destinado por los animales a pastorear ocurre durante el día y sólo el 15% en la noche (Bravo, 2010). Algunas investigaciones indican que el 65 a 100% del tiempo de pastoreo diario en el ganado ovino y bovino se produce entre 0600 y 1900 horas en un amplio intervalo de temperaturas ambientales, pautas de suplementación, manejo del pastoreo y tipos de forraje (Krysl y Hess, 1993).

2.4. Métodos de medición

Las observaciones de conducta también son un tipo de ensayo que se utilizan para cuantificar las respuestas biológicas de los animales. Al igual que las mediciones fisiológicas, los métodos de observación de la conducta deben ser validados y seleccionados en base a los objetivos del estudio en particular y la disponibilidad de recursos.

2.4.1. Muestreo continuo. Representa un registro exacto de la conducta con la medición de las frecuencias reales y la duración de los tiempos en los cuales los patrones de comportamiento finalizaron y comenzaron. Normalmente representa el control para la validación de las demás técnicas de muestreo, utilizando cintas de video para revisar a una velocidad de 30 cuadros/segundo por medio de un software, los patrones de comportamiento durante periodos de 24 horas (Lofgreen, *et al.*, 1957).

2.4.2. Muestreo por puntos de exploración. Describe el comportamiento de un animal (o un grupo de animales) mostrado en un intervalo de tiempo fijo. Normalmente, el comportamiento puede ser realizado con intervalos de 5, 10, 15, 30 y 45 minutos durante jornadas de 12 o 24 horas, mediante observación visual con la

ayuda de binóculos y cronómetro. Para representar el comportamiento durante cada intervalo de tiempo, la observación se realiza al comienzo durante 1 minuto y posteriormente se multiplica por el intervalo de medición, con la suposición de que el animal se mantuvo en ese patrón de conducta hasta la siguiente observación. Por último, las duraciones de cada conducta se convierten en un porcentaje del tiempo total (Mithoner, *et al.*, 2001 y Gary, *et al.*, 1970).

2.4.3. Muestreo por sensores móviles de monitoreo. Los avances en el uso de la tecnología del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para realizar un seguimiento de los herbívoros domésticos y silvestres han revolucionado el estudio de los patrones de distribución y movimiento de los ungulados (Augustine, *et al.*, 2013) para supervisar y analizar el uso de la áreas por el ganado, únicamente entre ellos o en combinación con la vida silvestre (Ungar, *et al.*, 2011). El uso de la tecnología GPS se ha visto limitado por la incapacidad de distinguir entre lugares de alimentación y ubicaciones de otras actividades como el descanso y movimiento. Los dispositivos disponibles en el mercado están configurados para registrar los movimientos en una dirección durante periodos de tiempo, en donde la recolección de datos sustancialmente grandes se asocia con un incremento en los requerimientos en equipos de batería (Augustine, *et al.*, 2013).

2.5. Efecto de la suplementación sobre la conducta en pastoreo

La energía necesaria para cosechar el forraje de la biomasa disponible es una parte insignificante de los requisitos de mantenimiento, pero los costos energéticos de las actividades relacionadas con el pastoreo representa del 25 a 50% de las necesidades energéticas diarias de un animal, por lo tanto, minimizar o modificar la actividad de pastoreo podría disminuir los gastos energéticos en ganado bovino y ovino (Osuji, 1974). Se ha determinado que la suplementación energética y proteica en pastoreo puede causar cambios en los patrones de conducta durante el día, en general el consumo de materia seca y el tiempo de pastoreo disminuyen a medida que la suplementación aumenta (Patiño, *et al.*, 2003).

Adams (1985) encontró una tendencia en los novillos con la suplementación en la mañana a pastorear mayor tiempo (102 min) en relación a la suplementación por la tarde, en tanto, la distancia recorrida fue aproximadamente 0.5 km/d mayor para ambos horarios de suplementación. De la misma manera, novillos (227kg) que recibieron el 0.5% de PV de suplemento por la tarde (1600 h) disminuyeron el tiempo de pastoreo y se aumentó el tiempo de permanencia parados, al contrastarlo con los animales no suplementados (Scaglia, *et al.*, 2009).

Sarker y Holmes (1974) observaron que cuando la suplementación con concentrado se incrementa de 2 a 8 kg/d, el tiempo de pastoreo diario disminuye aproximadamente 1.5h/d en vacas pastoreando raigrás perenne. La misma disminución en el tiempo encontraron Barton *et al.* (1992) en novillos que reciben suplemento comparado con los animales no suplementados. Por su parte, Riquelme y Pulido (2008) evaluaron el efecto del nivel de concentrado sobre la conducta alimenticia en vacas lecheras pastoreando raigrás perenne, reportando una disminución en el tiempo de pastoreo y un incremento en el tiempo de rumia por efecto del nivel alto de suplementación (1.5% de PV/d) en relación a los animales que no recibieron suplemento; resultado que concuerda con Gekara *et al.* (2001) al disminuir el tiempo de pastoreo con el incremento del nivel de suplemento (1.2% de PV) viéndose reflejado en el detrimento en la eficiencia de pastoreo (CMS/h) en vacas multíparas Angus (535kg) con becerro en pío pastoreando en praderas de gramíneas y leguminosas durante el verano en Morgantown-Virginia, EUA.

2.6. Medioambiente y entorno animal

Los animales viven en un estado de cercana interacción entre la complejidad de los procesos físicos y químicos de su propio cuerpo y el entorno que los rodea, no obstante, hay ciertas ocasiones en que los animales sufren estrés debido a las oscilaciones en la temperatura o bien por una combinación de factores negativos a los que se someten durante un corto periodo de tiempo. (Arias, *et al.*, 2008)

Los factores físico-ambientales que afectan al ganado han sido definidos en distintos trabajos (Mader, *et al.*, 2006b; Marai y Haeeb, 2010) y corresponden a una

compleja interacción de la temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar, velocidad del viento, precipitación, presión atmosférica, luz ultravioleta y polvo.

El concepto de zona termoneutral refleja el rango de temperatura ambiente efectiva de confort para el ganado (NRC, 1981) dentro de la cual la tasa metabólica es mínima y la producción y pérdida de calor están balanceados con un mínimo esfuerzo (Correa-Calderón, *et al.*, 2002). En ganado de carne se han establecido límites críticos para la zona termoneutral de 4 a 26°C (Gaughan, *et al.*, 2000). Leañó (2008) indica que las posibilidades de golpe de calor se presentan cuando la temperatura se mantiene por encima de los 30°C con una humedad superior al 70% por un periodo prolongado.

Al sobrepasar el límite crítico superior se activan los mecanismos para disipar calor corporal con el fin de no superar el estado de hipertermia, éstos mecanismos se pueden dividir en pérdidas de calor sensibles o no evaporativas y latentes o evaporativas. Las vías sensibles (conducción, convección y radiación) están condicionadas por gradientes térmicos entre la piel y el ambiente, mientras que la vía latente (evaporación) opera a través de una gradiente de presión de vapor (Finch, 1986). La pérdida latente representa el 25% de la pérdida de calor (Hansen, 2004) y resulta ser un mecanismo muy importante en los momentos en que la temperatura ambiental se acerca a los valores de temperatura corporal del animal, sin embargo, si a la situación anterior se le suma un cuadro de alta humedad relativa también decrece la gradiente de vapor y con ello la posibilidad del animal de disipar el exceso de calor (Arias, *et al.*, 2008).

2.7. Índices de estrés

El estrés calórico ocasiona reducciones severas en el consumo voluntario, aumento de la frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca, temperatura rectal y corporal, disminución en la ganancia diaria de peso y producción láctea, alteración de las funciones reproductivas y un desbalance en la secreción de hormonas tiroideas y suprarrenales (Lough, *et al.*, 1990).

La temperatura normal del ganado bovino adulto fluctúa entre 37.8 y 39.5 °C, en donde, las actividades celulares y bioquímicas operan con mayor eficiencia y eficacia (Arias, *et al.*, 2008). Un estudio conducido por O'Brien *et al.* (2010) bajo condiciones de estrés calórico (27 a 40°C) encontraron en ganado Holstein en desarrollo (135 kg de PV) un incremento de la temperatura rectal conforme avanzaba la hora del día, llegando para las 1600 horas a 40.57°C. El aumento en la tasa de respiración tiene por objeto aumentar la pérdida de calor por las vías respiratorias, gracias a un incremento en la frecuencia y a una disminución del volumen de aire inspirado, representando una de las vías más importantes para mantener el balance térmico durante el verano. Valores de 20 a 60 respiraciones por minuto (rpm) son consideradas normales, pero cuando la temperatura ambiental aumenta por sobre los 25 °C aumenta también la tasa de respiración pudiendo llegar a valores por sobre las 200 rpm (Arias, *et al.*, 2008). Brown-Brandl *et al.* (2005) encontraron que la tasa de respiración, la temperatura corporal y CMS fueron afectados por temperaturas cíclicas (32 ± 7 °C) y que los animales sufren devastadoras consecuencias cuando no tienen un periodo de aclimatación a las condiciones de calor. Bajo una zona de estrés calórico (27 a 40°C), O'Brien *et al.* (2010) encontraron una frecuencia respiratoria de 80 y 117 rpm a las 0700 y 1800 horas, respectivamente.

Un índice que da cuenta de la temperatura ambiental y humedad relativa fue desarrollado originalmente para ser utilizado en seres humanos (Thom 1959) y extendido posteriormente al ganado por Hahn (1999). El índice de temperatura-humedad (ITH) ha llegado a ser el estándar para la clasificación térmica del medioambiente para predecir eventuales riesgos de estrés.

El ITH ha sido además utilizado como la base para el índice de seguridad de clima para el ganado (Livestock Weather Safety Index, LCI 1970) para describir categorías de estrés por calor asociado al ganado en zonas de climas cálidos. En el Cuadro 1 se muestran las categorías de estrés en ganado bovino de acuerdo al índice de temperatura-humedad.

Cuadro 1. Grado de estrés en ganado bovino en base al ITH.

Estado	Índice de Temperatura- Humedad	Frecuencia respiratoria (rpm)
Normal	≤ 74	<90
Alerta	75 – 78	90 – 110
Peligro	79 – 83	110 – 130
Emergencia	≥ 84	>130

(Nienaber y Hahn, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El estudio se llevó a cabo durante los meses de Agosto a Noviembre del 2012 en la Unidad Experimental Bovinos de Carne en Corral y Pastoreo del Instituto de Ciencias Agrícolas perteneciente a la Universidad Autónoma de Baja California, ubicada a 50 km al sur de Mexicali, en el Ejido Nuevo León, Baja California, México (32° 24' 40" N y 115° 11' 46" O), con una altitud de 12 msnm. En la región predomina el clima cálido-seco con elevada variación climática diaria y estacional. Durante el verano el promedio de temperatura máxima es alrededor de 40°C, con máximas absolutas sobre los 50°C, principalmente en los meses de Julio y Agosto; respecto a la estación de invierno el promedio de temperatura es cercano a 5°C. La precipitación media anual es de 75 mm con elevada variabilidad interanual, distribuida erráticamente en el verano (Julio a Septiembre) e invierno (Noviembre a Marzo). De acuerdo al régimen anual promedio, el máximo de precipitación ocurre en los meses de Diciembre y Enero, con 11.1 y 9.8 mm, respectivamente; Junio es el mes más seco con una precipitación de 0.2 mm (INEGI, 2010).

3.2. Unidades Experimentales

Para evaluar la influencia del nivel y horario de asignación de suplemento energético-proteico sobre el comportamiento en pastoreo se utilizaron 28 novillos cruzados (*Bos taurus x Bos indicus*) con predominancia de la raza Charolais y un peso vivo (PV) de 280 ± 13 kg, asignados aleatoriamente a 4 grupos de 7 animales. Durante un periodo de adaptación de 28 d, los animales permanecieron en la pradera y se les habituó a la rutina de ingresar al corral de encierro, ubicado a 150 m del área de pastoreo, por la mañana o tarde para recibir el suplemento en corraletas individuales de 1.53 m² (1.70 x 0.90 m) habilitadas con puertas semi-automáticas. Previo al inicio del experimento, los animales recibieron el complejo vitamínico ADE vía intramuscular y fueron implantados en el pabellón de la oreja con una dosis de Progesterona (200 mg) y Benzoato de estradiol (20 mg, SYNOVEX M®). Durante el

experimento los animales fueron separados en dos grupos independientemente del nivel de suplemento asignado, permanecieron día y noche en la pradera y media hora antes de suplementar cada grupo fue conducido al corral de manejo e individualmente le fue asignado el nivel correspondiente de suplemento, para controlar el consumo por animal y evitar el hostigamiento. El corral de manejo contaba con bebedero automático de concreto para tener un consumo *ad libitum* de agua limpia y fresca. El suplemento diariamente fue pesado en una báscula electrónica Ouhhaus® y colocado en bolsas de plástico identificadas previamente por animal y tratamiento. Los rechazos de suplemento se colectaron para ofrecerse al día siguiente en el turno respectivo. Los ingredientes utilizados para la elaboración del suplemento, así como su composición se presentan en el Cuadro 2.

3.3. Desarrollo experimental

Asignación de Suplemento y Pastoreo. La duración del experimento fue de 100 d, comprendidos entre el 1 de Agosto y el 10 de Noviembre de 2012, divididos en tres periodos de 30 d y uno de 10 d. Como factores en estudio se evaluaron dos niveles de suplementación, bajo (**SB**; 0.3% del PV en BS) y alto (**SA**; 0.6% del PV en BS), y dos horarios de asignación, mañana (**AM**; 0700) y tarde (**PM**; 1900); con la combinación de los niveles de cada factor en estudio se establecieron los tratamientos: 1) 0.3% de concentrado ofrecido por la mañana (**SBAM**), 2) 0.6% de concentrado ofrecido por la mañana (**SAAM**), 3) 0.3% de concentrado ofrecido por la tarde (**SBPM**), 4) 0.6% de concentrado ofrecido por la tarde (**SAPM**). Los niveles de suplementación fueron de acuerdo a la recomendación de NRC (2000) para novillos en pastoreo. La cantidad de suplemento ofrecido se ajustó mensualmente al cambio en PV de los animales.

Cuadro 2. Ingredientes y composición nutricional del suplemento ofrecido a los novillos cruzados durante el verano en el valle de Mexicali.

Ingredientes	%
Grano de trigo	80.3
Pasta de soya	15.0
Premezcla (minerales y vitaminas)	1.5
Piedra caliza	1.8
Fósforo	1.0
Bicarbonato de sodio	0.4
Composición nutricional (MS)	
ME ¹ , Mcal/kg	3.22
MS	92.12
MO	86.34
PC	17.46
FDN	12.03
DIVMS ²	97.80
Cenizas	5.78

¹ EM= energía metabolizable (Mcal/kg)

Fuente: Flores (2014)

² DIVMS= digestibilidad *in vitro* de la materia seca

3.4. Composición de la pradera

Se utilizó una pradera permanente y estacional de 6.0 ha de pasto bermuda gigante (*Cynodon dactylon* (L.) Pers), con edad y manejo uniforme, dividida en 11 melgas de 3250 m² cada una. El manejo agronómico utilizado para el establecimiento de la pradera es explicado en un estudio previo (Flores, 2014). Los animales se manejaron a través de un sistema de pastoreo rotacional y el ajuste diario del forraje ofrecido por la relación del PV total y la cantidad de forraje disponible de MS de la pradera. La asignación promedio fue de 5 kg de MS*100 kg PV⁻¹, mediante el pastoreo en franjas ajustado diariamente con cerco eléctrico. Esta subdivisión se realizó mediante líneas móviles con un cordón conductor de seis filamentos.

En la víspera que los animales ingresaran por vez primera a una melga, se estimó la cantidad de forraje disponible mediante la técnica de doble muestreo propuesta por Haydock y Shaw (1975); en cada melga se ubicaron por la creciente apariencia de masa forrajera cinco puntos de referencia en números pares del 2 al 10, los dos primeros puntos situados fueron el 2 y 10, que representaron la disponibilidad más baja y alta, respectivamente; después fue ubicado el punto 6, que representó al punto medio y por último se situaron los puntos 4 y 8. En cada punto localizado se cortó una área de 0.1 m². Con otro aro se realizaron 80 lanzamientos al azar de tal forma que abarcara la parcela completa y a cada punto asignar una calificación del 0 al 10, de acuerdo a los puntos de referencia ya establecidos. Las cinco muestras colectadas se colocaron en bolsas de papel rotuladas y pesaron en una balanza digital para determinar la producción de forraje por ha, posteriormente fueron secadas a 55°C por 48 h en una estufa de aire forzado y calcular el rendimiento de MS parcial (kg MS ha⁻¹).

3.5. Condiciones climáticas

La información climática fue obtenida del Sistema de Información para el Manejo de Agua de Riego en Baja California de la estación meteorológica Ejido Nuevo León, localizada dentro del ICA-UABC y establecida sobre el pasto Bermuda

común. Durante todo el periodo experimental se registraron cada hora datos de Temperatura ambiental (T, °C) y Humedad relativa (HR, %), generando promedios por periodos y horarios de muestreo.

Con base a esta información se estimó el índice de temperatura-humedad (ITH) tal como lo describe Hahn (1999): $ITH = 0.81 \times T + HR (T - 14.40) + 46.40$, donde T= temperatura ambiental y HR= humedad relativa.

3.6. Determinación de la conducta en pastoreo

3.6.1. Observación visual

Para la evaluación de la conducta en pastoreo se utilizó el método directo de observación visual (Patiño, *et al.*, 2003 y Gary, *et al.*, 1970) con algunas modificaciones. Los animales se monitorearon de 0900 h a 1700 h y se calculó el porcentaje de tiempo invertido diariamente en las siguientes actividades: rumia total (**RUMT**), rumiando parado (**RUMP**), rumiando echado (**RUME**), descanso total (**DEST**), descanso parado (**DESP**), descanso echado (**DESE**), pastoreando (**PTDO**) y caminando (**CMDO**). Para esta prueba se seleccionaron 3 animales aleatoriamente por tratamiento, teniendo un total de 12 unidades de muestreo. Para la toma de información en campo, tres personas observaron a los animales utilizando binóculos durante 3 intervalos de tiempo: el primero fue de las 0900 a 1100 h (**AM**), el segundo de las 1200 a 1400 h (**MD**), y el tercero de las 1500 a 1700 h (**PM**). Durante cada intervalo se realizaron anotaciones cada 15 min, de la actividad que se observó durante 1 min, que se asumió como la realizada durante los siguientes 15 min, convirtiendo a porcentaje el tiempo invertido en cierta actividad; al final se promedió durante cada horario y periodo de muestreo para todas las variables de conducta. El intervalo entre observaciones fue cada 15 d, a partir del inicio del experimento. Para obtener la información de cada mes, se promediaron cada dos periodos de observación de la prueba de conducta y así se obtuvo un total del porcentaje de tiempo diurno dedicado en cada mes del experimento (Agosto-Octubre) a través de cada intervalo de observación (AM, MD, PM).

3.6.2. Sensor móvil de monitoreo (GPS)

Los últimos 4 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 8 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 8 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) con duración de 24 h, para así registrar la mayor cantidad de tiempo posible.

Al iniciar la prueba se colocaron en hora cero todos los aparatos, se envolvieron con poliburbuja y se metieron dentro del cartucho de PVC[®], se cerró con un tapón provisto de tornillo y tuerca, consecuentemente los animales se devolvían a la pradera y al día siguiente por la mañana se regresaban a las corraletas para remover los GPS y coleccionar la información (TDES, TMOV y DREC); los aparatos se reiniciaban y se cambiaban las pilas para medir las siguientes 24 h. Debido a que los animales no se lograron adaptar pronto al collar, al quitarse el GPS o apagarse con los movimientos bruscos, solamente se logró coleccionar información de los últimos 3 periodos del experimento (Septiembre-Noviembre).

3.7. Variables fisiológicas

Las variables fisiológicas coleccionadas fueron temperatura rectal (TR) y frecuencia respiratoria (FR), tomadas a 3 animales por tratamiento, dos veces por

semana en dos turnos: por la mañana (0800 h, **AM**) y por la tarde (2000 h, **PM**), durante los tres primeros periodos (Agosto-Octubre). La TR se registró durante 30 segundos con un termómetro digital (Delta TRAK) para que se estandarizara la temperatura, mientras que la FR se determinó contando durante un minuto el número de movimiento de los flancos o áreas laterales de las costillas con la ayuda de un cronómetro y contador manual.

3.8. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con un modelo lineal que incluyo al mes (Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre), horario de muestreo (AM, MD y PM) y los tratamientos (SBAM, SAAM, SBPM y SAPM), así como sus posibles interacciones. Las diferencias entre las medias ajustadas se detectaron por medio de pruebas de “t” student. La aceptación de diferencias entre medias o existencia de contrastes se fijó a una Probabilidad menor de 0.05 ($P < 0.05$). Valores de probabilidad entre 0.05 y 0.10 se consideraron tendencias. Para todos los análisis se utilizó PROC GLM del programa SAS STAT versión 9.0 (2002). El efecto de los factores en estudio Horario de Asignación (AM vs PM) y Nivel de Suplemento (SB vs SA) fueron evaluados mediante los contrastes: C1: suplementación por la mañana vs suplementación por la tarde (SBAM, SAAM vs SBPM, SAPM); C2: nivel bajo vs nivel alto de suplementación (SBAM, SBPM vs SAAM, SAPM) y C3: nivel alto de suplemento por la mañana vs las demás combinaciones de tratamientos (SAAM vs SBAM, SBPM y SAPM). 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. Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales que durante el experimento se observan en el Cuadro 3. En general, los promedios de T, HR e ITH disminuyeron conforme transcurrían los periodos, pero la mayor disminución ocurrió en el periodo de Septiembre a Octubre, que corresponde al cambio entre el último mes del verano y el primero del otoño. Las disminuciones en todas las variables climáticas fueron mayores por la noche que durante el día, de tal forma que al ocurrir la mayor parte de las actividades durante el día esto tiene claramente influencia en la conducta animal como los horarios de pastoreo. Los mayores valores para todas las variables climáticas ocurrieron durante el verano, siendo altos aún durante la noche, pero con el inicio del otoño ocurrió una disminución de 28.4, 18.1 y 16.4 % en los valores promedios de T, HR e ITH, respectivamente. Pero T e ITH disminuyeron de forma considerable al comenzar el otoño con noches más confortables. Conforme avanzaron las semanas en el otoño, los valores de ITH y T disminuyeron ya en menor proporción, no así para HR, que inclusive se incrementó en Noviembre, principalmente por la noche.

Las temperaturas medias en los meses de Agosto y Septiembre (32.9 y 30.6 °C, respectivamente) indican que los novillos estuvieron bajo condiciones de estrés por calor. Autores como Gaughan *et al.* (2008) establecen que la zona termo neutral de razas *Bos taurus* es de 4 a 26 °C, fuera de este rango los animales activan mecanismos fisiológicos para evitar el impacto negativo del estrés por frío o calor, este último se considera severo cuando la temperatura es superior a 32°C. Durante los meses de Agosto y Septiembre, aunque la temperatura media disminuyó por la noche a 28.7 y 26°C, respectivamente, se mantuvo por encima del límite superior de la zona termo neutral, lo cual indica que los animales tentativamente permanecieron bajo estrés calórico durante 24 h. A reserva de observar la TR y FR como signos de estrés, los novillos estuvieron en la categoría de peligro por estrés calórico si se

Cuadro 3. Condiciones climáticas registradas durante el periodo experimental (Agosto – Noviembre del 2012) para evaluar los hábitos de pastoreo y consumo por novillos cruzados durante el verano en el valle de Mexicali.

Variables climáticas	Periodos			
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Temperatura (°C)				
Máxima	40.1	38.3	35.5	31.9
Mínima	26.1	22.7	14.8	11.8
Promedio	32.9	30.6	24.0	21.4
Día ¹	35.9	33.9	28.0	25.7
Noche ²	28.7	26.0	18.3	15.5
Humedad relativa (%)				
Máxima	90.2	84.9	76.7	79.0
Mínima	28.1	24.8	19.0	16.0
Promedio	58.6	52.1	44.8	45.8
Día	46.9	41.9	35.2	34.6
Noche	75.5	66.4	58.1	60.9
Índice de Temperatura-Humedad (unidades)				
Máxima	85.6	84.8	77.2	67.2
Mínima	81.8	73.8	63.7	66.1
Promedio	83.7	79.4	70.0	66.8
Día	84.6	81.0	73.1	70.1
Noche	79.9	74.8	63.4	59.4

¹Día= Variables climáticas registradas en promedio durante el día (06:00 a 20:00 h).

²Noche= Variables climáticas registradas en promedio durante la noche (20:00 a 06:00 h).

observa que el promedio ITH en Agosto y Septiembre fue de 83.7 y 79.4 unidades, respectivamente, al tomar como base la clasificación del índice de seguridad del clima para el ganado (Livestock Weather Safety Index; LCI, 1970).

En el Cuadro 4 se observan las condiciones climáticas registradas en los tres horarios de muestreo considerados durante el experimento. En todos los periodos experimentales la mayor T e ITH ocurren a medio día (MD) y la HR fue mayor durante la mañana (AM). Los valores de T, HR e ITH tomados en cada horario de muestreo (AM, MD y PM) presentan un ligero decremento conforme transcurren los periodos de Agosto y Septiembre, pero con igual tendencia que en las variables climáticas observadas en el Cuadro 3. Si se considera que un $ITH \leq 74$ es indicador de un ambiente termoneutro, a excepción de Octubre, fue evidente que los animales permanecieron en estrés por calor, específicamente en el horario AM que marca el inicio del día, donde los animales estaban expuestos a una considerable carga de calor. Mader *et al.* (2001) recomiendan que en ganado de engorda con alta carga de calor metabólico, cuando valores de ITH están por encima de 70 unidades por la mañana (0800 h), se inicie el manejo para mitigar el estrés térmico, antes de que el ganado quede expuesto a la excesiva carga de calor.

4.2. Comportamiento en pastoreo

La influencia de los tratamientos sobre el consumo de forraje y la GDP observados en el presente estudio se presenta en el Cuadro 4. La suplementación por la mañana (AM) incrementó 20% ($P < 0.05$) el consumo de forraje y el tiempo de pastoreo respecto a suplementar por la tarde. Aunque en general todos los animales permanecían en el corral de manejo durante la noche e iniciaban el pastoreo por la mañana, los suplementados por la tarde permanecían más tiempo a la espera de recibirlo, lo cual redujo 35% ($P = 0.085$) el tiempo el tiempo dedicado a solo caminar en la pradera, pero los obligo intensificar 11% ($P < 0.05$) el tiempo dedicado a pastorear, aunque esto no evito que registraran un menor consumo de forraje respecto a los suplementados durante la mañana. Adams (1985) y Aguilar *et al.* (2002) coinciden en que es ya avanzada la tarde cuando los bovinos presentan un

Cuadro 4. Condiciones climáticas¹ registradas en los horarios de muestreo para evaluar los hábitos de pastoreo y consumo por novillos cruzados durante el verano en el valle de Mexicali.

	T (°C)	HR (%)	ITH
Agosto			
AM ²	36.5	47.6	86.1
MD ³	38.9	36.2	86.4
PM ⁴	38.5	33.8	85.4
Septiembre			
AM	34.7	41.9	82.7
MD	37.2	32.8	83.6
PM	36.5	31.7	82.6
Octubre			
AM	29.7	33.2	75.3
MD	32.7	24.8	77.1
PM	31.1	24.4	75.4

¹ T=Temperatura media, HR=Humedad Relativa, ITH= Índice de temperatura humedad ($ITH = 0.81 \times T + HR (T - 14.40) + 46.40$, donde T= temperatura ambiental y HR= humedad relativa; Hahn, 1999).

^{2,3} Periodos de muestreo establecidos durante el experimento: AM= por la mañana de 0900-1100 h; MD= a medio día de 1200-1400 h; PM= por la tarde de 1500-1700 h.

periodo principal de ésta actividad durante el verano. Los resultados observados en el presente estudio difieren a los reportados por otros autores que regularmente encontraron mayor consumo de forraje por la tarde que por la mañana, como Adams (1985) al evaluar dos horarios de suplementación (0730 y 1330 h) en la estación de Otoño en Montana EEUU y Scaglia *et al.* (2009) al suplementar novillos en Otoño e Invierno en Jeanerette-Lousiana, EEUU. En contraste Barton *et al.* (1992), al asignar (0600 y 1200 h) suplemento durante el Invierno en Nevada, EEUU, no hallaron diferencia sobre el consumo de MS de forraje. Es evidente que el factor principal que establece la diferencia de todos estos reportes con el presente estudio radica en las condiciones extremas de calor en el valle de Mexicali durante el verano y aun en el otoño.

El mayor nivel de suplementación y su horario de asignación por la mañana elevaron ($P < 0.10$) 10.2 y 10.8% la GDP, respectivamente. Respecto al mayor nivel de suplemento la tendencia a una mayor GDP ($P < 10$) fue de esperarse porque significo un mayor aporte de nutrientes de este último, a la par de no haber ($P > 0.05$) disminución en el consumo de forraje por influencia del suplemento asignado, porque independientemente del nivel de concentrado, los animales que recibieron el suplemento por la mañana consumieron 20% ($P < 0.01$) más forraje. En un estudio con niveles de suplementación de 0.2, 0.6, 1.0 y 1.4 % del PV, Soca *et al.* (2007) reportaron incrementos lineales en la GDP de novillos en crecimiento bajo pastoreo de *Cynodon dactylon* y *Paspalum, sp.* Similares respuestas al pastorear zacate Bermuda reportaron Gadberry *et al.* (2009) en novillos suplementados con harinolina y Griffin *et al.* (2009) cuando realizaron un meta-análisis del impacto de la suplementación con DDG. Sin embargo, Gadberry *et al.* (2010) no encontraron un incremento significativo en la GDP cuando evaluaron dos niveles de suplementación con DDG (0.3 y 0.6% del PV) en novillos (260 kg de PV) pastoreando praderas de verano (*Cynodon dactylon*).

4.3. Conducta en pastoreo

Las variables consideradas como conducta en pastoreo en los animales durante el experimento se presentan en el Cuadro 5. La asignación del suplemento

por la mañana disminuyó 10% el tiempo ($P < 0.05$) diurno dedicado al pastoreo (PTDO). Debido a que la medición de la conducta en pastoreo se realizó únicamente durante el día (0900–1700 h) y porque en el horario AM de asignación del suplemento se observó un incremento en el consumo de forraje, la diferencia en PTDO entre horarios de asignación equivale a que los animales dejan de realizar el pastoreo de 2 a 4 horas al suplementar por la mañana, como de manera similar lo reportó Adams (1985), por lo que deben compensar el pastoreo en otros periodos de tiempo durante el día o muy probablemente durante la noche. Una respuesta similar encontró Adams (1985) cuando suplementó con maíz en la mañana vs la tarde sobre la conducta en pastoreo de novillos. Sin embargo, Scaglia *et al.* (2009), Bartons *et al.* (1992) y Yelich *et al.* (1989) no encontraron diferencia al ofrecer en diferentes horarios un suplemento a base de grano o forraje sobre el tiempo destinado al pastoreo en novillos y/o vacas lecheras, aunque las condiciones climáticas de estos estudios fueron menos extremas que las del presente estudio.

Aunque no existieron diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos en el porcentaje total de tiempo dedicado a la rumia, fue evidente que los animales rumiaron más tiempo echados que parados (80 vs 20% del tiempo), con solo una tendencia ($P < 0.10$) del tratamiento SAAM a permanecer mayor tiempo rumiando parados. Similar al presente estudio, Balocchi *et al.* (2002) cuando pastorearon con vacas lecheras, encontraron una preferencia a rumiar mayor tiempo echadas (80 %). Otro estudios (Riquelme y Pulido, 2008; Sayers *et al.*, 2003) reportan una disminución en el tiempo de rumia por efecto de una suplementación elevada con concentrado.

Aunque los tratamientos no influyeron ($P > 0.05$) sobre el tiempo total en descanso o inactividad en los animales (DEST), 60% de este tiempo de descanso permanecieron echados (DESE) y sólo 40% de pie (DESP). Bartons *et al.* (1992) tampoco encontraron que el tiempo de suplementación influyera el tiempo en descanso, pero los novillos no suplementados permanecieron menor tiempo descansando. Otro estudio (Scaglia *et al.*, 2009) en que también evaluaron la conducta en pastoreo de novillos suplementados en diferentes horarios (mañana,

medio día y tarde) no hallaron diferencia en el tiempo en descanso. En contraste al presente estudio, Beretta *et al.* (2007) observaron que un nivel de suplementación de 1% del PV, se redujo el tiempo de pastoreo, pero igualmente, sin afectar el tiempo de rumia o descanso.

Respecto al tiempo que los animales utilizaron para caminar, se observó una tendencia ($P < 0.10$) de caminar por mayor tiempo cuando se suplemento por la mañana. Esto pudo haber sido el reflejo de movilizarse por más tiempo para consumir agua, descansar en los corrales o bajo alguna sombra, ya que a la par de un menor tiempo de pastoreo presentaron el mayor consumo de forraje para cubrir sus demandas nutricionales. Según resultados en estudios previos (Bartons *et al.*, 1992; Scaglia *et al.*, 2009) no encontraron influencia del horario de suplementación sobre el tiempo caminando en novillos bajo un sistema de pastoreo.

4.4. Constantes fisiológicas

Las constantes fisiológicas, TR y FR, durante la prueba aparecen en el Cuadro 5. El horario de asignación del suplemento por la tarde solo mostro una tendencia ($P < 0.10$) a aumentar la TR con respecto a la suplementación matutina, mientras que en FR no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en los tratamientos. La tendencia en el incremento en TR obedece probablemente a que el animal durante el día acumula el calor de la radiación solar, cuyo excedente no llega a disipar por los mecanismos de transferencia de calor. Aunque no se encontraron mayores evidencias del impacto que tiene la suplementación sobre la TR durante el pastoreo, Beretta *et al.* (2007) no detectaron diferencia en la frecuencia respiratoria al evaluar la respuesta de la suplementación energética, tal resultado es congruente con lo observado en el presente estudio.

Cuadro 5. Comportamiento productivo, conducta en pastoreo y constantes fisiológicas de novillos cruzados suplementados con distintos niveles de concentrado y horarios de asignación durante el verano en el valle de Mexicali.

	Tratamientos ¹				EE ²	C1 ⁴		C2 ⁵		C3 ⁶		P < F		
	SBAM	SAAM	SBPM	SAPM		AM	PM	SB	SA	SAAM	SH	C1	C2	C3
CMSF, g* d⁻¹	6545	6243	5430	5310	156.5	6394	5370	5988	5777	6243	5762	<.0001	0.188	0.012
GDP, kg* d⁻¹	0.939	1.003	0.818	0.944	0.052	0.971	0.881	0.879	0.974	1.003	0.900	0.096	0.079	0.099
Conducta (%*d)³														
PTDO	35.47	32.40	37.03	38.26	1.29	33.94	37.65	36.25	35.33	32.40	36.92	0.014	0.489	0.011
RUMT	22.24	27.93	26.81	25.24	2.18	25.09	26.03	24.53	26.59	27.93	24.76	0.675	0.364	0.233
RUMP	3.81	7.63	6.90	3.26	1.19	5.72	5.08	5.36	5.45	7.63	4.66	0.599	0.942	0.052
RUME	18.43	20.30	19.91	21.99	1.88	19.37	20.95	19.17	21.15	20.30	20.11	0.417	0.316	0.932
DEST	35.67	34.33	31.76	33.16	2.37	35.00	32.46	33.72	33.75	34.33	33.53	0.305	0.989	0.773
DESP	14.23	14.93	16.78	12.34	1.41	14.58	14.56	15.51	13.64	14.93	14.45	0.988	0.209	0.772
DESE	21.43	19.40	14.98	20.81	1.86	20.42	17.90	18.21	20.11	19.40	19.07	0.199	0.326	0.882
CMDO	6.63	5.38	4.47	3.38	1.11	6.01	3.93	5.55	4.38	5.38	4.83	0.085	0.312	0.675
Constantes fisiológicas														
TR	39.26	39.29	39.35	39.31	0.03	39.28	39.33	39.31	39.30	39.29	39.31	0.063	0.852	0.682
FR	53.90	56.10	54.90	51.70	1.53	55.00	53.30	54.40	53.90	56.10	53.50	0.261	0.741	0.141

¹ Tratamientos: 0.3% del PV de concentrado por la mañana (**SBAM**), 0.6% del PV de concentrado por la mañana (**SAAM**), 0.3% del PV de concentrado por la tarde (**SBPM**), 0.6% del PV de concentrado por la tarde (**SAPM**).

² EE = Error estándar.

³ Variables de conducta: pastoreando (**PTDO**), rumia total (**RUMT**), rumiando parado (**RUMP**), rumiando echado (**RUME**), descanso total (**DEST**), descanso parado (**DESP**), descanso echado (**DESE**), y caminando (**CMDO**).

Nivel de significancia observado para los contrastes = P < 0.05

⁴ C1= Suplementación por la mañana vs suplementación por la tarde (SBAM, SAAM vs SBPM, SAPM).

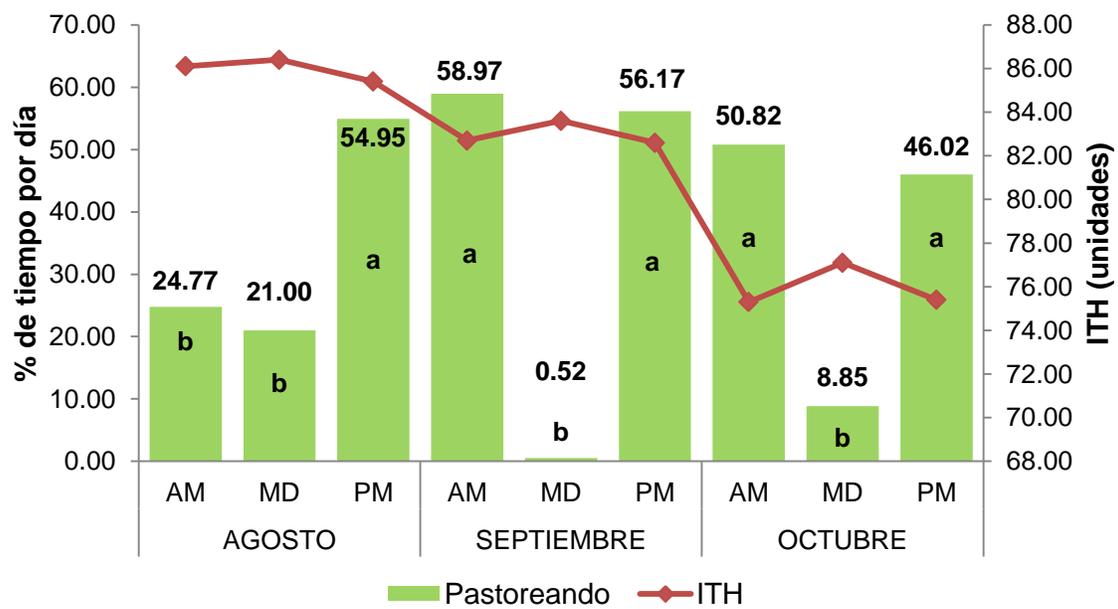
⁵ C2= Nivel bajo de suplemento vs nivel alto de suplemento (SBAM, SBPM vs SAAM, SAPM).

⁶ C3=Nivel alto de suplemento asignado en la mañana vs las demás combinaciones de tratamientos (SAAM vs SH).

En la Gráfica 1 se observa la interacción ($P < 0.05$) periodo experimental x horario de muestreo en el porcentaje de tiempo dedicado al pastoreo. Al presentarse las condiciones climáticas más adversas en Agosto, los animales dedicaron mayor tiempo de pastoreo por las tardes. El ITH En los tres meses el pastoreo fue menor durante el mediodía. Por el valor de ITH como un indicativo del grado de estrés calórico en Agosto los animales se encontraban en un estado crítico, por la mañana el pastoreo en AM fue de menor intensidad. Las horas de mayor radiación solar (1200 a 1400 h) limitaron la actividad de pastoreo en Septiembre y Octubre, combinado esto con la hora en que el ganado de carne alcanza la máxima temperatura corporal durante el verano (Mader y Kreikemeier, 2006). 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).

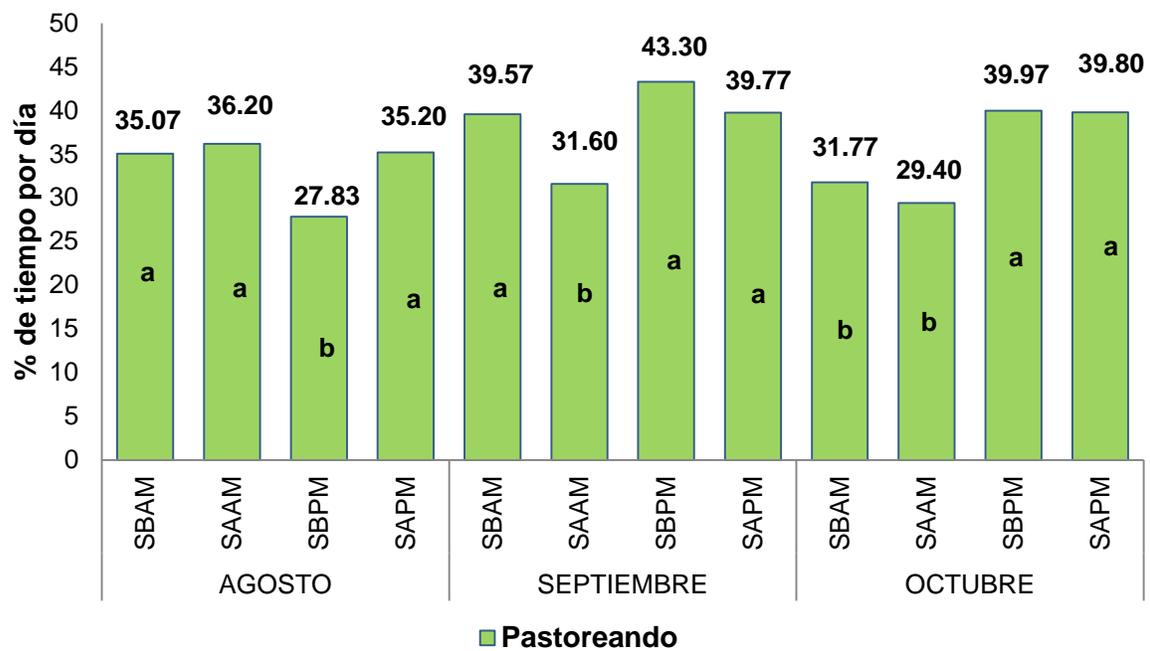
En la Gráfica 2 se observa la interacción ($P < 0.05$) como los tratamientos en los diferente meses influyeron con el tiempo destinado al pastoreo. Fue en el mes de Agosto en que la suplementación por la mañana favoreció un mayor tiempo de pastoreo; sin embargo, en Septiembre y Octubre el pastoreo aumentó proporcionalmente cuando se suplementó por la tarde.

La interacción ($P < 0.05$) Tratamiento x Horario de Muestreo sobre el tiempo de pastoreo se observa en la Gráfica 3. En todos los tratamientos ocurrió durante el horario MD el menor porcentaje de tiempo de pastoreo. Para los tratamientos que recibieron la suplementación por la mañana, independientemente de su nivel de asignación, tendieron a pastorear mayor ($P < 0.05$) tiempo en PM, respecto a AM. En contraste, los que fueron suplementados por la tarde dedicaron similar tiempo de pastoreo en AM y PM. Es posible que la ingestión de carbohidratos altamente solubles por la mañana en el suplemento haya causado finalmente que la sensación de saciedad redujera en los animales la necesidad de cosechar forraje



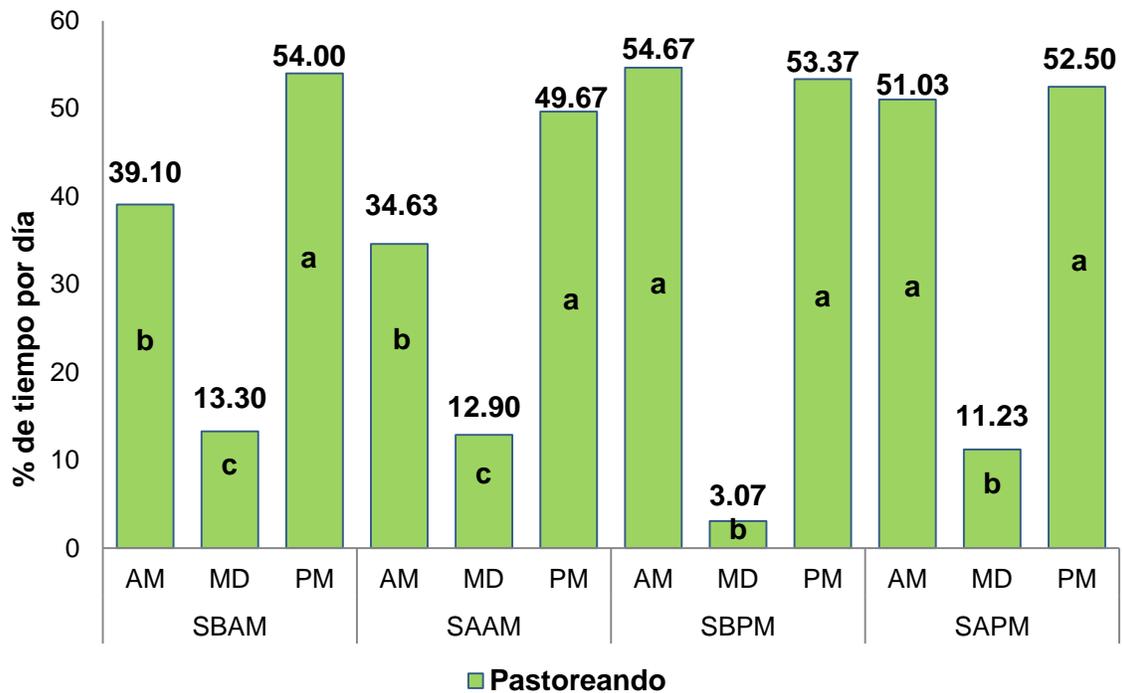
Gráfica 1. Interacción mes x horario de muestreo sobre el porcentaje de tiempo destinado al pastoreo en novillos cruzados durante el verano en el valle de Mexicali.

^{ab}Medias con distinta literal dentro de cada mes son diferentes ($P < 0.05$). (AM= por la mañana de 0900-1100 h; MD= a medio día de 1200-1400 h; PM= por la tarde de 1500-1700 h)



Gráfica 2. Interacción del mes x tratamiento sobre el porcentaje de tiempo destinado al pastoreo en novillos cruzados durante el verano en el valle de Mexicali.

^{ab}Medias con distinta literal dentro de cada mes son diferentes ($P < 0.05$). (SBAM= 0.3% del PV por la mañana; SAAM= 0.6% del PV por la mañana; SBPM= 0.3% del PV por la tarde; SAPM= 0.6% del PV por la tarde).



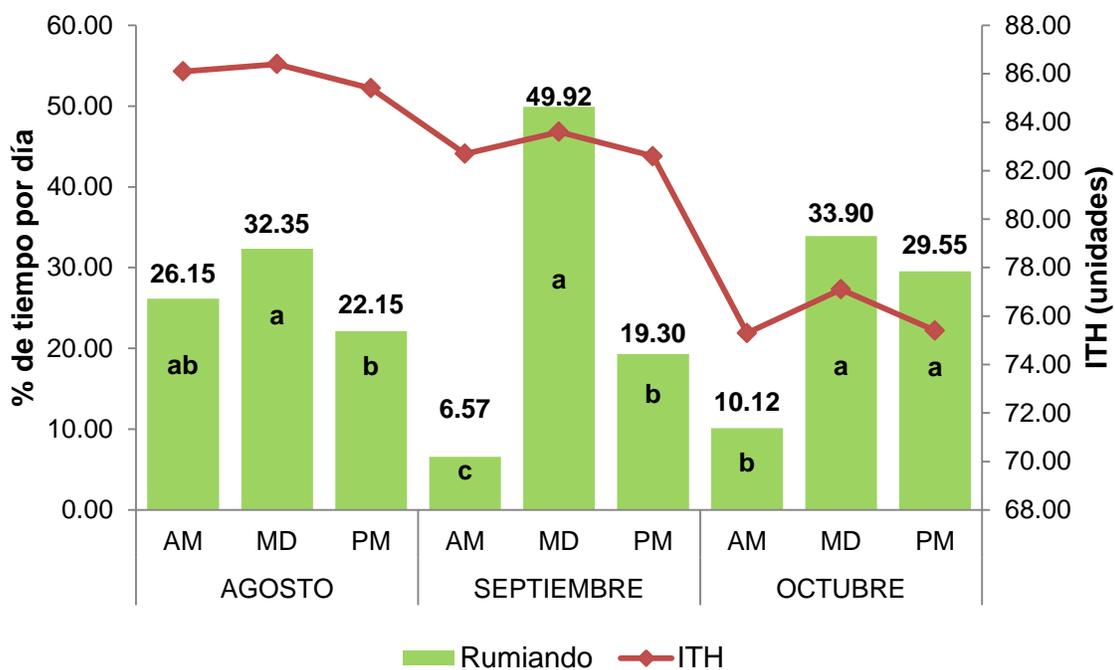
Gráfica 3. Interacción tratamiento x horario de muestre sobre el porcentaje de tiempo destinado al pastoreo en novillos cruzados durante el verano en el valle de Mexicali

^{abc}Medias con distinta literal dentro de cada tratamiento son diferentes ($P < 0.05$). (SBAM= 0.3% del PV por la mañana; SAAM= 0.6% del PV por la mañana; SBPM= 0.3% del PV por la tarde; SAPM= 0.6% del PV por la tarde) y (AM= por la mañana de 0900-1100 h; MD= a medio día de 1200-1400 h; PM= por la tarde de 1500-1700 h).

en las horas siguientes. El escaso pastoreo registrado en MD es respuesta a las condiciones climáticas adversas (36.3°C y 81.4 unidades de ITH), lo que incrementa el calor corporal del animal y disminuye sus tiempos de alimentación, limitándolos solo en la mañanas y por las tardes, dejando el resto para reposar en zonas frescas, como señalaron Brosh *et al.* (1998) y Gregorini *et al.* (2006b) al demostrar que durante la puesta del sol ocurren las condiciones óptimas para el pastoreo, que es apoyado por el patrón de pastoreo natural mostrado por los rumiantes.

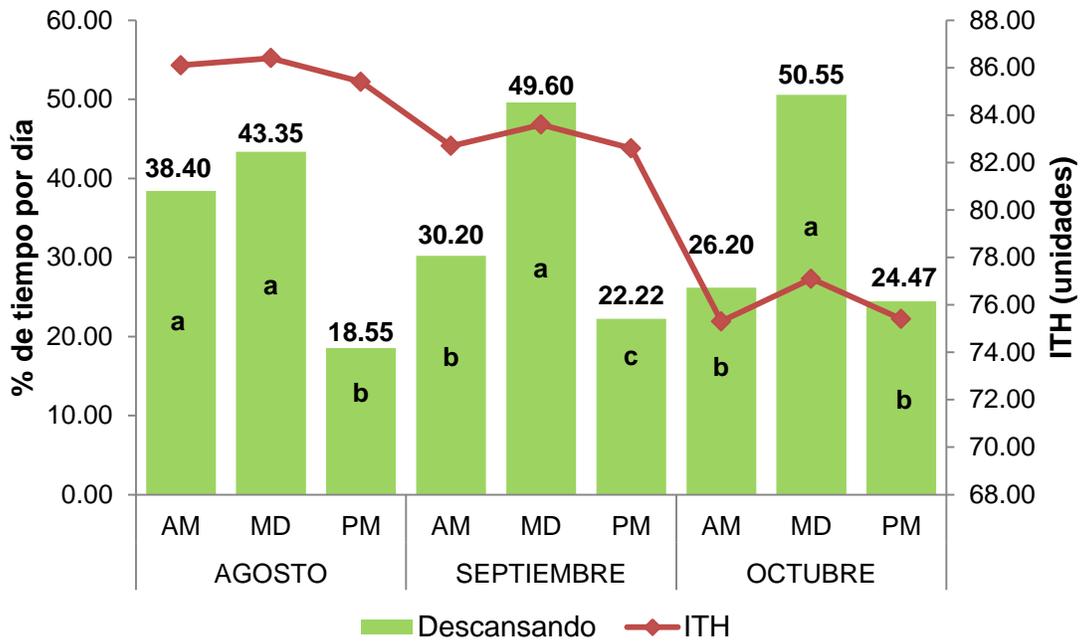
En la Gráfica 4 se observa la interacción Mes x Horario de muestreo sobre el tiempo de rumia. Comparado con los meses de Septiembre y Octubre, en Agosto se distribuyó más homogéneamente el tiempo dedicado a la rumia, aunque fue contrastante el tiempo dedicado al medio día y por la tarde ($P < 0.05$); no obstante, para Septiembre este patrón cambio al elevarse ($P < 0.05$) el tiempo de rumia hacia el MD e igualarse en Octubre el MD y PM ($P > 0.05$). Esto coincide con los mayores tiempos de pastoreo observados en AM y PM. Balochi *et al.* (2000) también 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.

En la Gráfica 5 se observa la interacción ($P < 0.05$) Mes x horario de muestreo, sobre el porcentaje diario de tiempo destinado a descansar. Como era de esperarse en los tres meses esta actividad al MD se presentó un comportamiento similar a la rumia, al permanecer en zonas frescas cuando las condiciones climáticas fueron menos favorables (36.3°C y 81.4 unidades de ITH). Solo durante Agosto los animales permanecieron mayor tiempo descansando en AM, porque en Septiembre y Octubre AM y PM fueron por igual los periodos de menor descanso ($P < 0.05$). En algunos estudios con vaquillas en pastoreo continuo (Gregorini *et al.*, 2008) reportaron un importante ciclo de descanso diurno de 1000 a 1100 h, seguidos de uno ligero entre 1300 a 1400 h y otro a las 1700 h.



Gráfica 4. Interacción mes x horario de muestreo sobre el porcentaje de tiempo destinado a rumiar en novillos cruzados bajo un sistema de pastoreo novillos cruzados durante el verano en el valle de Mexicali.

^{abc}Medias con distinta literal dentro de cada mes son diferentes ($P < 0.05$). (AM= por la mañana de 0900-1100 h; MD= a mediodía de 1200-1400 h; PM= por la tarde de 1500-1700 h).

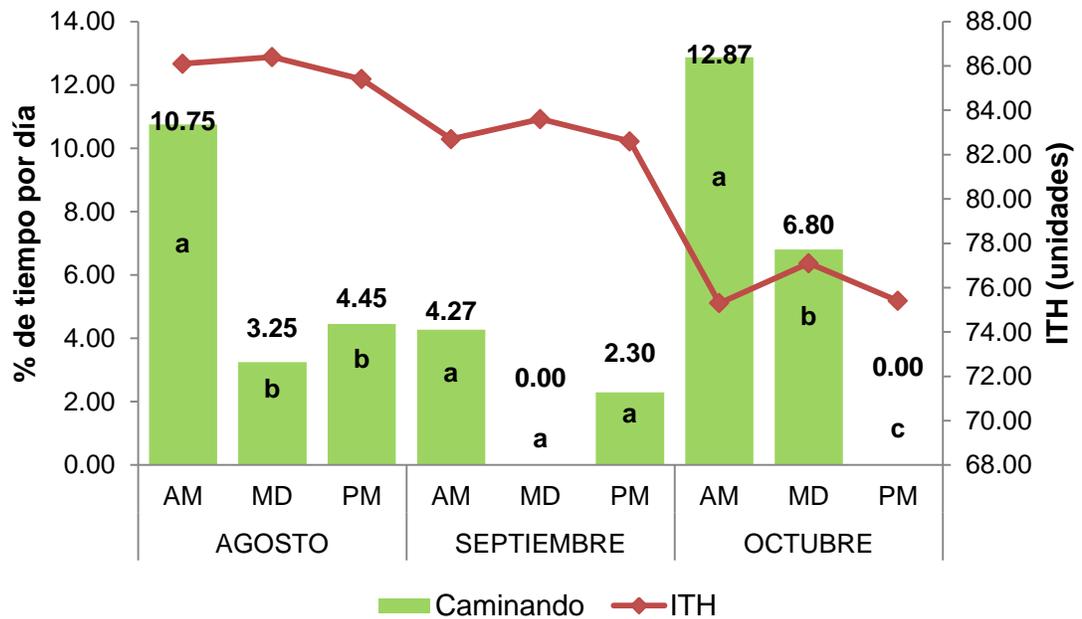


Gráfica 5. Interacción mes x horario de muestreo sobre el porcentaje de tiempo destinado a descansar en novillos cruzados bajo un sistema de durante el verano en el valle de Mexicali.

^{abc}Medias con distinta literal dentro de cada mes son diferentes ($P < 0.05$). (AM= por la mañana de 0900-1100 h; MD= a medio día de 1200-1400 h; PM= por la tarde de 1500-1700 h).

En la Grafica 6 se presenta la interacción ($P < 0.05$) Mes x horario de muestreo sobre el tiempo invertido a caminar. El porcentaje de tiempo invertido en solo caminar fue muy inferior comparado al dedicado a las otras actividades, persistiendo una preferencia de Agosto a Octubre de realizar esta actividad por la mañana, así como a reducirla a casi un mínimo (Octubre) durante la tarde. En el mes de Septiembre se presentaron los tiempos más bajos de caminata, por esta misma razón y la alta variación no se detectaron diferencias ($P > 0.05$) entre los horarios de muestreo. Conforme el ITH fue disminuyendo hasta llegar a un estado confortable (< 74 unidades), el mayor tiempo caminando ocurrió durante AM y MD. El no presentar tiempo caminando en MD durante Septiembre coincide con el nulo pastoreo registrado, por lo que los animales se encontraban descansando y/o rumiando. Pero en Octubre no sucedió así, aunque se presentó un importante tiempo de pastoreo por la tarde, los animales no se movilizaron a la sombra para rumiarse o descansar, realizando éstas actividades en la pradera por que las condiciones ambientales fueron favorables (75 unidades de ITH).

La Gráfica 7 se observa la interacción Mes x Horario de muestreo sobre la frecuencia respiratoria. En Agosto se presentó la mayor ($P < 0.05$) FR, pero sin diferencia entre AM y PM, aunque conforme avanza el periodo experimental y disminuye el ITH la FR se redujo de manera persistente. Es notable señalar que solo en Octubre ocurrió diferencia ($P < 0.05$) en AM vs PM en la FR; sin embargo, de Agosto a Octubre la FR había ya disminuido en promedio 45%. Esta tendencia coincide a que el patrón de descenso en las temperaturas al inicio del otoño es más pronunciado por las noches. La tasa respiratoria es una alerta temprana al estrés calórico y se eleva en un intento de disipar el exceso de calor mediante la vaporización respiratoria. Además de informar referente al calor perdido por el animal (Correa-Calderón, *et al.*, 2002), la FR es uno de los mecanismos más



Gráfica 6. Interacción mes x horario de muestreo sobre el porcentaje de tiempo destinado a caminar en novillos cruzados bajo un sistema de pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.

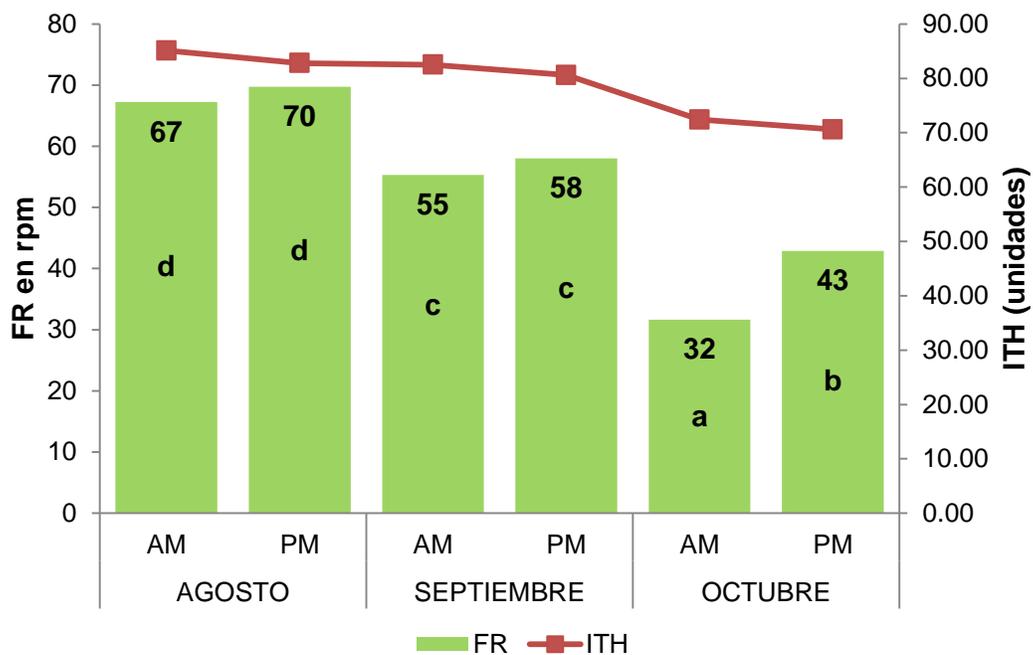
^{abc}Medias con distinta literal dentro de cada mes son diferentes ($P < 0.05$). (AM= por la mañana de 0900-1100 h; MD= a medio día de 1200-1400 h; PM= por la tarde de 1500-1700 h).

importantes para evaluar el nivel de estrés por calor, cuando el ganado está expuesto a temperaturas por sobre su umbral de confort (Gaughan, *et al.*, 2000).

Durante Agosto y Septiembre el ITH permaneció en un rango de 84 a 79, con alto riesgo de hipertermia por la acumulación de calor corporal. Aunque esto origina una mayor FR en ambos horarios durante los primeros dos meses, no se manifestó un excesivo grado de estrés debido a que menos de 60 exhalaciones por minuto son consideradas normales. Arias *et al.* (2008) consideran que la frecuencia respiratoria en un animal con estrés térmico puede aumentar de 60 a 200 exhalaciones por minuto con la finalidad de perder calor por el tracto respiratorio. Adicionalmente, a pesar de las altas temperaturas que se registraron, la humedad relativa presente no interfirió en la capacidad de disipación de calor, porque esta se condiciona a la cantidad de vapor de agua en el ambiente (Kadzere, *et al.*, 2002; Finch, 1986; Marai y Haeeb, 2010). En otro estudio, realizado por Beretta *et al.* (2007), al evaluar en novillos la suplementación y el manejo del pastoreo, cuando este fue continuo en la estación Verano-Otoño observaron una mayor FR por las tardes (69 rpm), lo que coincide con lo reportado en el presente estudio. En contraste, O'Brien *et al.* (2010) al alimentar vaquillas (135 kg de PV) bajo condiciones de estrés calórico (29.4–40.0 °C) encontraron una FR de 80 y 117 rpm a las 0700 y 1800 h, respectivamente.

La interacción ($P < 0.05$) Mes x Horario de muestreo sobre la temperatura rectal se observa en la Gráfica 8. Durante el horario PM en todos los meses experimentales se presentaron los mayores índices de TR, pero tanto AM como PM descendieron gradualmente de Agosto a Octubre. La temperatura del cuerpo es un excelente indicador de la susceptibilidad del animal a la carga de calor (Mader, *et al.*, 2006) cuando el animal no consigue transferirlo al medio ambiente (Brosh, 1998). Entre las reacciones fisiológicas, la TR y FR son los índices más sensibles de la tolerancia al calor (Verma, *et al.*, 2000).

La elevada temperatura registrada por la mañana y su incremento por las tardes (2 °C) durante los primeros dos meses, dio como resultado un aumento de



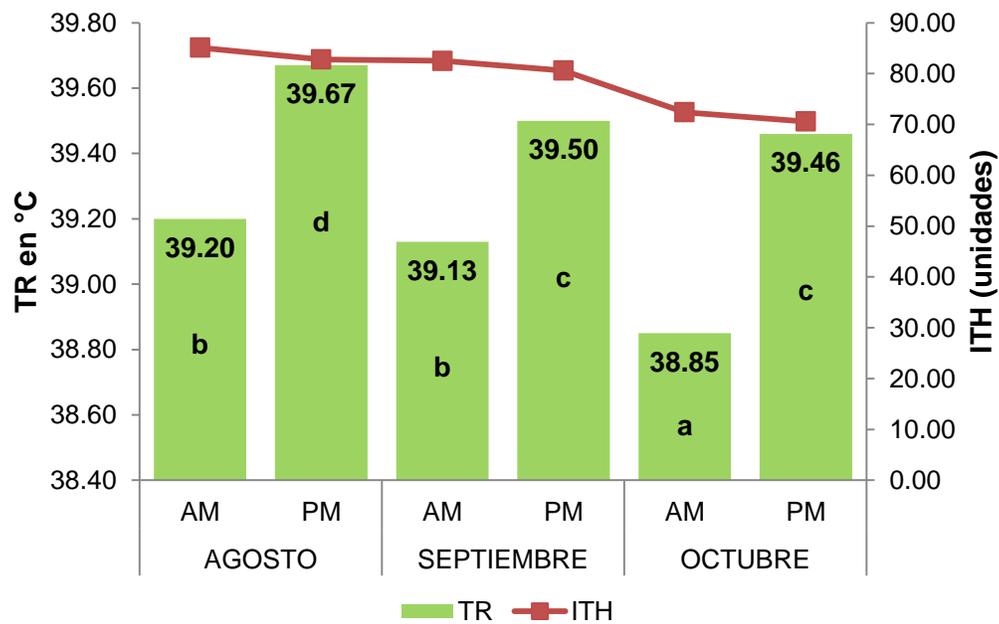
Gráfica 7. Interacción mes x horario de muestreo sobre la frecuencia respiratoria en novillos cruzados bajo un sistema de pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.

^{abcd}Medias con distinta literal son diferentes ($P < 0.05$). (AM= a las 0800 h por la mañana y PM= a las 2000 h por la tarde).

la temperatura rectal (TR). Sprinkle *et al.* (2000) mencionan que la temperatura ambiental por la mañana en el verano puede ser un indicativo de la carga de calor, que se observa al final de la tarde en la TR como evidencia de un ligero estado de estrés térmico. Según resultados del estudio de O'Brien *et al.* (2010) al evaluar las adaptaciones metabólicas bajo estrés calórico en el desarrollo de novillos, encontraron para una zona de termoneutralidad (18-20 °C) una TR de 38.84 y 39.32 °C por la mañana y tarde, respectivamente; en contraste para una zona bajo estrés calórico (29.4-40 °C) reportaron por la mañana 39.23°C y en la tarde 40.1 °C de TR. Por su parte, Sprinkle *et al.* (2000) reportaron una TR por la mañana de 39.4°C en vaquillas bajo condiciones de pastoreo en el verano, el cual mencionan que estuvo 1.1°C por encima del promedio normal de TR, encontrando por las tardes 40.3°C de TR.

4.5. Conducta en pastoreo mediante el dispositivo GPS

En el Cuadro 6 se muestran los tiempos (h) y distancias (km) que se obtuvieron con el dispositivo GPS. La DREC tendió ($P < 0.10$) a aumentar 0.31 km cuando se ofreció el suplemento por la mañana. 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). En el presente estudio la DREC presento una relación muy directa con en el tiempo destinado a caminar, debido a que hubo una tendencia incrementarse cuando se suplemento por la mañana. Adams (1985) no detectó diferencias en las distancias recorridas entre los horarios de suplementación (AM vs PM), únicamente observo una disminución en los animales no suplementados (0.5 km/d). En contraste con otra investigación (Brandyberry, *et al.*, 1991) no encontraron diferencia en la distancia recorrida al evaluar algunos métodos de suplementación en novillos en pastoreo.



Gráfica 8. Interacción mes x horario de muestreo sobre la temperatura rectal en novillos cruzados bajo un sistema de pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.

^{abc}Medias con distinta literal son diferentes ($P < 0.05$). (AM= a las 0800 h por la mañana y PM= a las 2000 h por la tarde)

Cuadro 6. Efecto de los niveles de suplementación y horario de asignación sobre la conducta registrada mediante un dispositivo GPS electrónico con novillos cruzados en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.

	Tratamientos ¹				EE ²	C1 ⁴		C2 ⁵		C3 ⁶		P < F		
	SBAM	SAAM	SBPM	SAPM		AM	PM	SB	SA	SAAM	SH	C1	C2	C3
Actividad³														
DREC(km *d⁻¹)	3.28	3.42	2.98	3.10	0.19	3.35	3.04	3.13	3.26	3.42	3.12	0.091	0.458	0.159
TDES (h *d⁻¹)	18.39	18.39	18.20	18.33	0.80	18.39	18.26	18.30	18.36	18.39	18.31	0.871	0.935	0.927
TMOV (h *d⁻¹)	1.25	1.20	1.10	1.23	0.09	1.22	1.16	1.17	1.21	1.20	1.19	0.525	0.668	0.954

¹ Tratamientos: 0.3% del PV de concentrado por la mañana (**SBAM**), 0.6% del PV de concentrado por la mañana (**SAAM**), 0.3% del PV de concentrado por la tarde (**SBPM**),

0.6% del PV de concentrado por la tarde (**SAPM**).

² EE = Error estándar.

³ Actividades registradas: tiempo en movimiento (**TMOV**), tiempo en descanso (**TDES**), distancia recorrida (**DREC**).

Nivel de significancia observado para los contrastes = P < 0.05

⁴ C1= Suplementación por la mañana vs suplementación por la tarde (SBAM, SAAM vs SBPM, SAPM).

⁵ C2= Nivel bajo de suplemento vs nivel alto de suplemento (SBAM, SBPM vs SAAM, SAPM).

⁶ C3= Nivel alto de suplemento asignado en la mañana vs las demás tratamientos (SAAM vs SH).

4.6. Análisis de Correlación

En el Cuadro 7 se presentan los coeficientes de correlación de las variables ambientales con el porcentaje de tiempo destinado a rumiar, descansar, caminar y pastorear, tanto en verano como en otoño. La variable ITH presentó una fuerte correlación negativa ($r = -0.9717$ y -0.9046 ; $P < 0.0001$) con el tiempo de pastoreo en ambas estaciones, indicando que a medida que se incrementa el ITH, los animales destinan menor tiempo a pastorear; a diferencia con las actividades descansando y rumiando, el ITH presentó una correlación positiva más fuerte durante el verano [$r = 0.9549$ ($P < 0.0001$) y 0.7784 ($P < 0.0029$)] con relación al otoño [$r = 0.8560$ ($P < 0.0004$) y 0.6144 ($P < 0.0335$)]. En tanto, la temperatura en la estación de otoño tuvo una correlación negativa $r = -0.8412$ ($P < 0.0006$) con el tiempo de pastoreo, y positiva $r = 0.7369$ ($P < 0.0063$) para el tiempo en descanso y rumiando $r = 0.8376$ ($P < 0.8376$); en cuanto a la estación de verano, se notó una correlación positiva ($r = 0.7177$; $P < 0.0086$) para el tiempo de rumia y negativa para el tiempo de caminata ($r = -0.7366$; $P < 0.0063$). En general, se observó que el índice de temperatura-humedad (ITH) tuvo la mayor influencia sobre la conducta en pastoreo de novillos, seguida de la temperatura ambiental.

El efecto del clima en la producción animal ha sido estudiado desde hace aproximadamente medio siglo, lográndose importantes avances en el entendimiento de los aspectos fisiológicos y de comportamiento animal bajo condiciones termoneutrales y de estrés climático, en donde los animales hacen frente a estos periodos desfavorables a través de modificaciones fisiológicas y de comportamiento (Arias, *et al.*, 2008). Esos ajustes en el comportamiento han sido evaluados por diversos estudios de pastoreo en las diferentes estaciones, en donde, un incremento de temperatura por encima del confort térmico disminuye el tiempo de pastoreo, aunque permite incrementar el descanso y la rumia. Trabajos como el de Suárez *et al.* (2012) donde evaluaron los efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento en pastoreo en bovinos de carne reportaron que la TEM y HR tuvo una correlación negativa con el tiempo de pastoreo y positiva con el tiempo de rumia.

Del mismo modo, Pérez *et al.* (2008) encontraron una correlación negativa entre la temperatura y la actividad de pastoreo en los sistemas de pastoreo que evaluaron, mencionando al final que éste comportamiento está relacionado con el intercambio calórico del animal con el ambiente, ya que en climas cálidos el consumo se reduce y llega a ser mínimo en dependencia de las condiciones de humedad, radiación y temperatura.

Cuadro 7. Coeficiente de correlación de las variables ambientales en estudio con las mediciones de conducta a través de dos estaciones en novillos cruzados en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.

	Variables de Conducta¹							
	PTDO		DEST		RUMT		CMDO	
	VERANO	OTOÑO	VERANO	OTOÑO	VERANO	OTOÑO	VERANO	OTOÑO
TEM (°C)	-0.3984	-0.8412	0.1555	0.7369	0.7177	0.8376	-0.7366	-0.3479
	0.1996	0.0006	0.6294	0.0063	0.0086	0.0007	0.0063	0.2677
HR (%)	0.0866	0.5029	0.1630	-0.3554	-0.4883	-0.8849	0.6748	0.6919
	0.7890	0.0956	0.6128	0.2569	0.1072	0.0001	0.0161	0.0127
ITH (unidades)	-0.9717	-0.9046	0.9549	0.8560	0.7784	0.6144	-0.2912	-0.0135
	<.0001	<.0001	<.0001	0.0004	0.0029	0.0335	0.3585	0.9668

¹Mediciones de conducta: pastoreando (**PTDO**), descanso total (**DEST**), rumia total (**RUMT**), caminando (**CMDO**).

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales en que se realizó la presente investigación, ofrecer por la mañana el 0.6% de PV de una dieta alta en proteína y energía para novillos bajo condiciones de pastoreo en Verano y comienzos de Otoño, en el Valle de Mexicali, permite una mayor eficiencia de pastoreo al destinar menor tiempo a la cosecha del forraje sin afectar su productividad. Ésta misma estrategia de suplementación no comprometió la capacidad de termorregulación en los animales, debido a que la temperatura rectal y frecuencia respiratoria como indicadores de estrés calórico, estuvieron dentro del margen normal. Al enfocarse en los efectos principales del estudio, la hora de asignación tuvo un impacto importante sobre la conducta en pastoreo, en donde, la suplementación por la mañana redujo el tiempo de pastoreo, pero con una tendencia substancial de realizar mayores recorridos. Entonces los animales tienen que hacer ajustes en sus hábitos de pastoreo, en función de las condiciones ambientales. Todo esto se evidencia con el análisis de correlación, cuando al incrementarse el ITH disminuyó el tiempo de pastoreo y aumento el descanso y la rumia.

VI. LITERATURA CITADA

- Adams, D.C. 1985. Effect of time of supplementation on performance, forage intake and grazing behavior of yearling beef steers grazing russian wild ryegrass in the fall. *J. Anim. Sci.* 61:1037-1042
- 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.
- Aguilar, N., A. Slanc, y O. Balbuena. 2002. Comportamiento ingestivo en vaquillas cruza cebú en pastoreo, que reciben suplementación energético proteica. Universidad UNNE. Facultad de medicina veterinaria. Estación experimental INTA Argentina. 57pp.
- 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.
- Augustine, D.J. and J.D. Derner. 2013. Assessing herbivore foraging behavior with GPS collars in a semiarid grassland. *Sensors.* 13:3711-3723.
- 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.
- Bartons, R.K., L.J. Krysl, M.B. Judkins, D.W. Holcombe, J.T. Broesdefl, S.A. Guntefl and S.M. Beam. 1992. Time of daily supplementation for steers grazing dormant intermediate wheatgrass pasture. *J. Anim. Scien.* 70:547-558.
- Beretta, V., A. Simeone, O. Bentancur, I. Adami, R. Bentancur y M. Esteves. 2007.

Efecto del encierro diurno sobre la respuesta a la suplementación energética estival en novillos pastoreando pasturas mejoradas. Sitio argentino de producción animal. APPA-ALPA.

Brandyberry, S.D., R.C. Cochran, E.S. Vanzant, T. Del Curto and L.R. Corah. 1991. Influence of supplementation method on forage use and grazing behavior by beef cattle grazing bluestern range. *J. Anim. Sci.* 69:4128-4136.

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

Brosh, A., Y. Aharoni, A.A. Degen, D. Wright and B. Young. 1998. Effects of solar radiation, dietary energy and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environmental. *J. Anim. Sci.* 76:2671-2677

Brown-Brandl, T. M., R.A. Eigenberg, G.L. Hahn, J.A. Nienaber, T.L. Mader and A.M. Parkhurst. 2005. Analyses of thermoregulatory responses of feeder cattle exposed to simulated heat waves. *Int. J. Biometeorol.* 49:285-296.

Caton, J.S. and D.V. Dhuyvetter. 1997. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirements and responses. *J. Anim. Sci.* 75:533-542.

Chacón, E. 2011. Comportamiento ingestivo del vacuno a pastoreo. *Mundo Pecuario.* 7(3):130-144.

Chávez, D.J.A., M.D. Calderón y G.V. Morales. 2000. Manejo del ganado bajo condiciones de sequía en los agostaderos de baja californiia. INIFAP PRODUCE. Folleto técnico No. 23.

- 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).
- 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.
- Eguiarte, J. A. 1985. Utilización de pastos en pastoreo para la producción de carne en el trópico seco. IV Simposium sobre Ganadería Tropical. Forrajes tropicales. SARH-INIFAP-UGRV. Veracruz, Ver. México. Pp:43-52.
- Finch, V. 1986. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *J. Anim. Sci.* 62(2):531.
- Flores, G. R. 2014. Influencia del horario y nivel de suplementación sobre el comportamiento productivo de novillos pastoreando bermuda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) en el valle de Mexicali. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California. México.
- Gadberry, M.S., P.A. Beck, M. Morgan, D. Hubell III, J. Butterbaugh and B. Rudolph. 2009. Effect of cottonseed cake supplementation rate and stocking rate on the growth performance of summer stockers. *Prof. Anim. Sci.* 25:124-131.
- Gadberry, M.S., P. A. Beck, M. Morgan, D. Hubbell, III, J. Butterbaugh, and B. Rudolph. 2010. Effect of dried distillers grains supplementation on calves grazing bermudagrass pasture or fed low quality hay. *Prof. Anim. Sci.* 26:347-355.

Gary, L.A., G.W. Sherritt and E.B. Hale. 1970. Behavior of charolais cattle on pasture. *J. Anim. Sci.* 30:203-206.

Gaughan J.B., S.M. Holt, G.L. Hahn, T.L. Mader and R. Eigenberg. 2000. Respiration Rate is it a good measure of heat stress in cattle?. *Asian-Australian J. Anim. Sci.* 13:329-332.

Gaughan J.B., G.L. Hahn, T.L. Mader, S.M. Holt, and Lisle. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 86:226-234.

Gekara, J., E.C. Prigge, W.B. Bryan, M. Schettini, E.L. Nestor and E.C. Townsend. 2001. Influence of pasture sward height and concentrate supplementation on intake, digestibility and grazing time of lacting beef cows. *J. Anim. Sci.* 79:745-752.

González, R.H.L. y M.K.D. Porras. 2005. Comportamiento ingestivo de novillos de engorde de diferentes grupos raciales manejados bajo sistema intensivo y el pastoreo racional en el valle del Sindu. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Sucre. Sincelejo-Colombia. 87pp.

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.

Gregorini, P., S. Tamminga and S.A. Gunter. 2006b. Daily grazing patterns of cattle: A behavioral overview. *Prof. Anim. Sci.* 22:201.

Gregorini, P., S.A. Gunter, P.A. Beck, K.J. Soder and S. Tamminga. 2008. The

interaction of diurnal grazing pattern, ruminal metabolism, nutrient supply and management in cattle. *Prof. Anim. Sci.* 24:308-318.

Griffin, W.A., V.R. Bermer, T.J. Klopfenstein, L.A. Stalker, L.W. Lomas, J.L. Moyer and G.E. Erickson. 2009. Summary of grazing trials using dried distillers grains supplementation. *Nebr. Beef Rep.*92:37.

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

Hansen, P. 2004. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Anim. Rep. Sci.* 82:349-360.

Harris, P.J. 1990. Plant cell wall structure and development. *Elsevier Sci. Publ. Co.* pp:71-90.

Haydock, K.P. and Shaw, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Austr. J. Exp. Agr. Anim. Husb.* 15:663-670.

Hess, B.W., P.A. Ludden, E.J. Scholljegerdes and V. Nayigihugu. 2002. Effects of time of daily cracked corn supplementation on site and extent of digestion in cattle grazing summer cool-season pasture. In: *Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci.* Vol. 53.

Hodgson, J. 1982. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. Edit. J.B. Commonwealth agricultural bureau, England: 153:166

Horn, G.W., and F.T. McCollum. 1987. Energy supplementation of grazing ruminants. *Proc. Graz. Nutr. Conf.* Jackson Hole, WY.

- INEGI, 2010. Atlas de riesgo del municipio de Mexicali: peligros hidrometeorológicos. 62pp.
- Kadzere, C.T., M.R. Murphy, N. Silanikove and E. Maltz. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Lives. Prod. Sci.* 77(1):59-91.
- 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.
- Kunkle, W.E., J.T. Jhons, M.H. Poore and D.B. Herd. 2000. Designing supplementation programs for beef cattle fed forage-based diets. *J. Anim. Sci.* 77:1-11.
- LCI, 1970. Patterns of transit losses. Livestock Conservation. Inc. Omaha-NE, USA.
- Leaño, L.L.C. 2008. Influencia climática sobre la producción bovina. Tesis de licenciatura. Universidad del Sucre-Sincelejo, Colombia. 86p.
- Lofgreen, G.P., J.H. Meyer and J.L. Hull. 1957. Behavior patterns of sheep and cattle being fed pasture or silage. *J. Anim. Sci.* 16:773.
- Lough, D.S., D.L. Beede and C.J. Wilcox. 1990. Effects of feed intake and thermal stress on mammary blood flow and other physiological measurements in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73:325-332.
- Lyons, R.K., R. Machen y T.D.A. Forbex. 2001. Entendiendo el consumo de forraje de los animales en pastizales. Servicio de Extensión de Agricultura en Texas.

- Mader, T.L. and W.M. Kreikemeier. 2006a. Growth promoting agents and season effects on blood metabolite and body temperature. Nebraska beef report. MP88-A:79-82.
- 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 and B.T. Brown. 2006b. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84:712-719.
- Marai, I.F.M. and A.A.M. Haebe. 2010. Buffalo's biological functions as affected by heat stress – A review. *Livest. Prod. Sci.* 127:89-109.
- Matejovsky, K.M. and D.W. Sanson. 1995. Intake and digestion of low-, medium-, and high-quality grass hays by lambs receiving increasing levels of corn supplementation. *J. Anim. Sci.* 73: 2156.
- Minson, D.J., T.H. Stobbs, M.P. Hegarty and M.J. Playne. 1974. Measuring the nutritive value of pasture plants. *Tropical Pasture Research.* 51:712-719.
- Mithoener, F.M., J.L. Morrow-Tesch, S.C. Wilson, J.W. Dailey. and J.J. McGlone. 2001. Behavioral sampling techniques for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 79:1189-1193.
- NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle (7th Ed.). National Academy Press, Washington, DC. USA
- NRC. 1981. Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

- NRC. 1987. Predicting feed intake of food-producing animals. National Academy Press. Washington DC. USA.
- Nienaber, J.A. and G.L. Hahn. 2007. Livestock production system management responses to thermal challenges. *Int. J. Biometeorol.* 52:149-157.
- 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. *Domestic Animal Endocrinology.* 38:86-94.
- Osuji, P.O. 1974. The physiology of eating and the energy expenditure of the ruminant at pasture. *J. Range Manage.* 37:437.
- Patiño, R., V. Fischer, M. Balbinotti, C. Moreno, E. Ferreira, R. Vinhas y P. Monks. 2003. Comportamiento ingestivo diurno de novillos en pastoreo con niveles crecientes de suplemento energético. *Rev. Bras. Zootec.* 32:1408-1418.
- Pérez, E., M. Soca, L. Díaz y M. Corzo. 2008. Comportamiento etológico de bovinos en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México. *Pastos y Forrajes.* 31(2):161-172.
- Pordomingo, A.J., J.D. Wallace, A.S. Freeman and M.L. Galyean. 1991. Supplemental corn grain for steers grazing native rangeland during summer. *J. Anim. Sci.* 69:1678-1687.
- Riquelme, C. y R.G. Pulido. 2008. Efecto del nivel de suplementación con concentrado sobre el consumo voluntario y comportamiento ingestivo en vacas lecheras a pastoreo primaveral. *Arch. Med. Vet.* 40(3): 243-249.
- Sánchez, T. 2003. Fisiología del consumo voluntario en los rumiantes. *Revista de Pastos y Forrajes Indio Huatey.* 19 p.

Sarker, A.B. and W. Holmes. 1974. The influence of supplementary feeding on the herbage intake and grazing behavior of dry cows. *J. Br. Grassl. Soc.* 29:141.

SAS, 2002. User's Guide: Statistics. SAS Institute, Cary, NC, USA.

Sayers H.J., C.S. Mayne y C.G. Bartram. 2003. The effect of level and type of supplement offered to grazing dairy cows on herbage intake, animal performance and rumen fermentation characteristics. *J. Anim. Sci.* 76. 439-454.

Scaglia, G., H.T. Boland and W.E. Wyatt. 2009. Effects of time of supplementation on beef stocker calves grazing ryegrass. II. Grazing behavior and dry matter intake. *Prof. Anim. Sci.* 25:749-756.

Soca, P.M., M.R. Cabrera y M.A. Bruni. 2007. Nivel de suplementación, ganancia de peso vivo y conducta de vacunos en crecimiento bajo pastoreo de campo natural. *Agrociencia.* 6(1):1-10.

Sprinkle, J.E., J.E. Holloway, J.W. Warrington, W.C. Ellist, J.W. Stuth, T.D. Forbes and L.W. Greene. 2000. Digest kinetics, energy intake, grazing behavior and body temperature of grazing beef cattle differing in adaptation to heat. *J. Anim. Sci.* 78:1608-1624.

Stockdale, C.R. 1985. Influence of some sward characteristics on the consumption of irrigated pastures grazed by lactating dairy cows. *Grass Forage Sci.* 40:31-39.

Suárez, P.E., G.S. Reza, A.E. Díaz, C.F. García, V.I. Pastrana, C.H. Cuadrado y C.M. Espinosa. 2012. Efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento ingestivo en bovinos de carne en un sistema intensivo en el Valle del Sinú. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria.* 13(2):207-212.

Thom E.C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12: 57-59

Ungar, E.D., I. Schoenbaum, Z. Henkin, A. Dolev, Y. Yehuda and A. Brosh. 2011. Inference of the activity timeline of cattle foraging on Mediterranean woodland using GPS and pedometer. *Sensors*. 11:362-383.

Verma, D.N., S.N. Lal, S.P. Singh, O.M. Parkash and O. Parkash. 2000. Effect of season on biological responses and productivity of buffalo. *Int. J. Anim. Sci.* 15(2): 237–244.

Yelich, J.V., D.N. Schutz, T.M. Pomeroy and K.G. Odde. 1989. Effect of time of supplementation on the performance and grazing behavior of beef cows grazing fall native range. Beef program report. Colorado State Univ. pp 43-47.