

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**



**EFFECTO DEL PERIODO DE PASTOREO Y LA VARIEDAD DE  
BERMUDA EN LA FISIOLÓGÍA, PRODUCCION, CONDUCTA Y  
FUNCIÓN DIGESTIVA DE NOVILLOS HOLSTEIN EN EL VALLE  
DE MEXICALI, B.C.**

**TESIS**

COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**PRESENTA**

**MARLENE JOSEPH**

**DIRECTOR DE TESIS**

**Ph. D. LEONEL AVENDAÑO REYES**

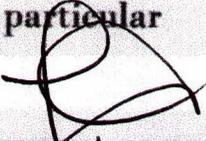
MEXICALI, B.C. MÉXICO

FEBRERO, 2019

La presente tesis titulada "Efecto del periodo de pastoreo y la variedad de Bermuda en la fisiología, producción, conducta y función digestiva de novillos Holstein en el valle de Mexicali, B.C." realizado por el C. Marlene Joseph, fue dirigida por el Ph. D. Leonel Avendaño Reyes, ha sido evaluada y aprobada por el Comité Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

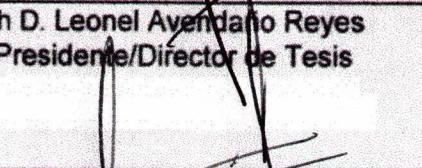
**MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS  
DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**Comité particular**



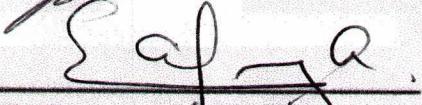
---

Ph D. Leonel Avendaño Reyes  
Presidente/Director de Tesis



---

Dra. Noemí Gpe. Torrentera Olivera  
Secretario



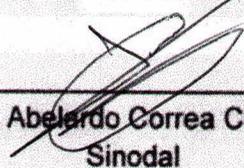
---

Ph D. Enrique G. Álvarez Almora  
Sinodal



---

Dr. Ulises Macías Cruz  
Sinodal



---

Ph.D. Abelardo Correa Calderón  
Sinodal

**"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE"**

Ejido Nuevo Leon, Mexicali, Baja California, Mexico; Febrero, 2019

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios todo poderoso.** Gracias a Dios todo poderoso por bendecirme en todo momento de mi vida y haberme permitido llegar hasta este punto y lograr mis metas.

**A mis padres.** Jonel Joseph y Heureuse Duvergé por darme la vida, apoyarme siempre incondicionalmente en todos los momentos de mi vida, muchas gracias.

**A mis Hermanos (as)** Louise Marie-Wedeline Joseph, Sinethia Joseph, Jonas Joseph, Jéhu Joseph, Faica Joseph, Naica Joseph, por sus esfuerzos y amores.

**A mi nieta** Lúz-Neïda Marimar Withney Dumay por hacerme feliz durante mi vida.

**A MC. GuidsamTilus** le doy gracias a Ustedes por apoyarme y motivarme en todo tiempo para cumplir esta meta.

**A Alceus Tilus, Suzette Mathias y magistrat Jean Souverne Delva** por sus apoyos económicos y sus consejos por haberme cumplir este logro.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)** por el apoyo financiero otorgado para culminar el presente posgrado.

A la **Universidad Autónoma de Baja California - Instituto de Ciencias Agrícolas**, por haberme proporcionado la oportunidad de seguir creciendo mi vida profesional.

Al comité del posgrado ICA (**Dr. Avelar, Dr. Ulises, Dra. Adriana, Dr. Enrique**) por su apoyo desde al principio hasta al fin de mi programa de MCSPA y oportunidad que Usted me ha dado para poder ingresarme en esta institución.

A mi Director de Tesis **Ph. D Leonel Avendaño Reyes** por permitirme formar parte de su lista de Estudiantes, por depositar en mí su confianza y conocimientos, así como su valiosa asesoría en la realización del presente trabajo de investigación.

Al **Ph.D Leonel Avendaño, Ph. D Enrique G. Álvarez A., Dr. Ulises Macias, Dra. Noemí Gpe. Torrentera, Ph. D Abelardo Correa** por sus consejos, apoyos y acertadas sugerencias en la redacción y revisión del presente trabajo.

Les agradezco el apoyo y dedicación de tiempo a todos mis **profesores**, quienes de alguna manera directa o indirecta me apoyaron para lograr este grado académico, compartiendo conmigo sus valiosos conocimientos.

**A todo mi familia presente y futuro**, muchas gracias por motivarme seguir más adelante. Los amo mucho

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a mis **compañeros y amigos** de quienes siempre recibí motivación y por todo el tiempo compartido a lo largo de la carrera para culminar mis estudios de postgrado.

## DEDICATORIOS

Dedico este trabajo principalmente a **DIOS** por protegerme durante mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **A mis padres: Jonel Joseph y Heureuse Duvergé**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, valores, amores infinitos, por depositar sus confianzas en mí, por sus palabras de aliento para no desistirme y sus apoyos que me brindaron para culminar mi carrera profesional.

**A mis hermanos(as) y nietos(as): Louise Marie-Wedeline Joseph, Sinethia Joseph, Jonas Joseph, Jéhu Joseph, Faica Joseph, Naica Joseph, Lúz-Neïda Marimar Withney Dumay** por ese gran cariño que nos une, pero sobre todo por las palabras de ánimo que me impulsaron a lograr esta meta

### **A MC. GuidsamTilus**

Por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar este trabajo de investigación. Gracias por no solo ayudarme en este trabajo sino por todos sus ayudas.

**A mis tios(as): Alceus Tilus, Suzette Mathias, Marie-rose y Francilaire Joseph, Nicole Duvergé**

Gracias por haber confiado en mí el deseo de superación y todos sus consejos.

### **A Magistrat: Jean Souverne Delva**

Por ayudarme económicamente para poder finalizar esta gran etapa profesional en mi vida. Gracias.

### **A Guidsam Tilus:**

Con mucho respeto te dedico mi trabajo de investigación por estar conmigo en todos momentos para que el día de hoy llego a esta meta. Muchas gracias por motivarme seguir mas adelante.

**A mis amigos(as) y Compañeros(as):** quienes me apoyaron y estuvieron para ayudarme a cumplir esta meta.

Dedico este trabajo principalmente a **mi familia presente y futuro** por apoyarme cuando lo necesite, y que siempre estuvo y estará ahí ante cualquier situación.

## ACRONIMOS

BC1	Bermuda Cruza 1
BG	Bermuda Gigante
CEN	Cenizas
CIA	Cenizas insolubles en ácido
CMS	Consumo de materia seca
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Oxido crómico
CMSCR	Consumo de materia seca utilizando oxído crómico
CMSCAI	Consumo de materia seca utilizando cenizas insolubles en ácido
CMSPPVCR	Consumo de materia por peso vivo utilizando oxído crómico
CMSUPMCR	Consumo de materia por unidad de peso metabólico utilizando Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
CMSPPVCAI	Consumo de materia por peso vivo utilizando cenizas insolubles en ácido
CMSUPMCAI	Consumo de materia por peso vivo utilizando cenizas insolubles en ácido
PCITKCR	Consumo de proteína cruda utilizando oxído crómico
PCITKCAI	Consumo de proteína cruda utilizando cenizas insolubles en ácido
<i>DISMS</i>	Digestibilidad <i>in situ</i> de maeria seca
<i>DIVMO</i>	Digestibilidad <i>in vitro</i> de materia organica
<i>DIVMS</i>	Digestibilidad <i>in vitro</i> de materia seca
EE	Extrato etéreo o contenido de grasa
FDA	Fibra Detergente Ácido
FDN	Fibra Detergente Neutro
FR	Frecuencia respiratoria
GDP	Ganancia diaria de peso en kilogramo
GPS	Sistema de posicionamiento global
HCEL	Hemicelulosa
P1	Periodo 1
P2	Periodo 2
PTDO	Pastoreando
TA	Temperatura del anca
TCB	Temperatura de la cabeza
TL	Temperatura del lomo
TM	Temperatura del morro
TM	Tiempo de movimiento en minutos
TO	Temperatura del ojo
TP	Temperatura de la paleta
TSP	Temperatura de la superficial de la piel
TV	Temperatura del vientre
TYT	Trayecto total
JJA	Junio, julio y agosto
RUMT	Rumiando total
RUME	Rumiando parado
SOO	Septiembre y agosto

## RESUMEN

Para evaluar el efecto de dos variedades de Bermuda y dos periodos de pastoreo sobre parámetros fisiológicos, productivos, de conducta en pastoreo y dinámica de digestión en novillos Holstein, se utilizaron 12 animales (PV  $200 \pm 5$  Kg; 10 animales intactos y 2 con cánulas en rumen) que se asignaron aleatoriamente a cada variedad de Bermuda. Los datos se analizaron mediante un arreglo factorial 2x2 bajo un diseño completamente al azar con mediciones repetidas en el tiempo, donde los factores en estudio fueron variedades de Bermuda (BC1 y BG) y periodos de pastoreo (meses JJA, periodo 1 y SOO, periodo 2). Para ello, se consideraron las combinaciones de las dos variedades de pasto (BC1 y BG) y los dos periodos de 75 d de pastoreo (BC1 – periodo1, BC1 – periodo 2, BG – periodo 1 y BG – periodo 2). Para determinar CMS, los animales se dosificaron con óxido crómico (0.3% de lo consumido) como marcador externo y también el marcador interno Ceniza Acido Insoluble (CIA). La temperatura superficial de la piel (TSP) y la frecuencia respiratoria (FR) se colectaron a las 07:00, 13:00 y 19:00 h los miércoles y viernes durante los primeros 21 d de los 25 que consistió cada lapso de muestreo. Los días 22 al 25 en los mismos animales se realizaron los muestreos restantes. Por el método de observación visual se determinaron los tiempos diurnos (09:00 a 17:00 h) de pastoreo, rumia, descanso y desplazamiento. Con el GPS se midieron las distancias recorridas durante 24 h los últimos 4 d de cada periodo. Hubo diferencias ( $P < 0.05$ ) en composición química, ya que BG tuvo mayor concentración de PC (34%) que BC1, y también fue más elevado en su fracción fibrosa (FDN, FDA, HCEL) y CEN (40, 18, 22 y 12%, respectivamente). BC1 solo fue superior a BG en contenido de EE (25%). Las concentraciones de PC, FDN, CEN, FDA y HCEL (P1 vs P; 38 ,6 ,25 ,8 y 5%, respectivamente) aumentaron conforme avanzó la estación de pastoreo ( $P < 0.05$ ); para EE no hubo diferencias ( $P > 0.05$ ) entre periodos de pastoreo. No existió interacción ( $P > 0.05$ ) entre variedades de Bermuda y periodos de pastoreo sobre *DIVMS* y *DIVMO* de pasto Bermuda. Las variedades de Bermuda provocaron cambios ( $P > 0.05$ ) en *DISMS*, pero no los periodos de pastoreo. Se observó una tendencia lineal ( $P < 0.05$ ) de la *DISMS* a aumentar conforme las horas de incubación aumentaron. Las variedades de pasto Bermuda y los periodos de pastoreo no influyeron ( $P > 0.05$ ) sobre el consumo de materia

seca total, consumo total de proteína, por unidad de peso metabólico y peso vivo. Solo existió interacción ( $P < 0.05$ ) entre las variedades de Bermuda y periodos de pastoreo al utilizar el marcador externo de digesta ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) en el consumo de materia seca total, consumo de materia seca por peso vivo y peso metabólico. Las variedades de Bermuda provocaron diferencias ( $P < 0.05$ ) sobre la GDP. Los animales que pastorearon BC1 obtuvieron 39% mayor GDP que los que consumieron BG. Entre periodos de pastoreo existieron diferencias ( $P < 0.01$ ), particularmente en el P2 los animales tuvieron mayor GDP (82.9%). No hubo interacción entre variedades de Bermuda y periodos de pastoreo sobre GDP ( $P > 0.05$ ). Bajo condiciones de estrés calórico, los periodos de pastoreo y las variedades de Bermuda no afectaron ( $P > 0.05$ ) la TSP ni FR de novillos Holstein, solo existió interacción ( $P < 0.05$ ) entre variedades de Bermuda y periodos de pastoreo sobre la FR y TP. Las temperaturas más cálidas del día incrementaron la FR, TO, TM, TCB, TL, TA, TV y TP, observándose interacción entre periodo de pastoreo y hora. Las variedades de pasto Bermuda no provocaron cambio en la conducta (hábitos de pastoreo) de los animales. Solo existió interacción entre variedades de Bermuda y periodo, periodo y hora. En variedad BC1, los animales recorrieron mayor trayecto, pero fue con BG que se detectó mayor movimiento en general. En periodo 2, los animales recorrieron mayor trayecto y en periodo 1 registraron mayor movimiento. Esto como consecuencia del mayor índice de temperatura-humedad observado en el primer periodo del estudio y mayor valor nutricional de Bermuda Gigante.

**Palabra claves:** Pasto Bermuda, hábitos de pastoreo, estrés calórico, frecuencia respiratoria, consumo de materia seca.

## ABSTRACT

To estimate simultaneously the influence of two Bermuda varieties and two grazing periods on physiological, productive, and grazing behavior parameters, as well as the dynamics of digestion in Holstein steers, a group of 12 animals (PV  $200 \pm 5$  Kg, 10 animals intact and 2 with cannulas in rumen) were randomly assigned variety of Bermuda grass. The data were analyzed using a 2x2 factorial arrangement under a completely randomized design with repeated measurements over time, where factors were Bermuda varieties [Cruza 1 (BC1) and Gigante (BG)], and grazing periods [JJA (period 1) and SOO (period 2)]. So the treatment combinations were varieties of Bermuda grass (BC1 and BG) and two periods of 75 d of grazing: BC1 – period 1, BC1 - period 2, BG - period 1, and BG - period 2. To determine CMS animals were treated with chromic oxide (0.3% of the consumed) as external marker and the internal marker Insoluble Acid Ash (CIA) was also used. The skin surface temperature (TSP) and the respiratory frequency (FR) were collected at 07:00, 13:00 and 19:00 on Wednesday and Friday during the first 21 d of the 25 d ampling period. On days 22 to 25 in the same animals, other remaining samples were taken. The diurnal times (0900 to 1700 h) of grazing, rumination, rest and displacement were determined by visual observation. The distances traveled during 24 h on the last 4 days of each period were measured with GPS. There were differences ( $P < 0.05$ ) in chemical composition, since BG had higher concentration of PC (34%), as well as the fibrous fraction (NDF, ADF, HCEL) and CEN (40, 18, 22 and 12%, respectively) than BC1. BC1 was only higher than BG in EE content (25%). As the grazing season advanced, there was an increase ( $P < 0.05$ ) in the concentration of PC, NDF, CEN, ADF and HCEL (P1 vs P; 38, 6, 25, 8 and 5%, respectively); in the case of EE, there were no differences ( $P > 0.05$ ) between grazing periods. Among Bermuda varieties, no differences were observed ( $P > 0.05$ ) in DIVMS and DIVMO. There was no interaction ( $P > 0.05$ ) between Bermuda varieties and grazing periods on DIVMS and DIVMO. The Bermuda varieties caused changes ( $P > 0.05$ ) in DISMS, but grazing periods did not. A linear trend of DISMS to increase as the hours of incubation increased ( $P < 0.05$ ) was observed. Bermuda grass varieties and grazing periods did not influence ( $P > 0.05$ ) total dry matter intake, total protein consumption, per unit of metabolic weight and live weight.

There was only interaction ( $P < 0.05$ ) between Bermuda varieties and grazing periods when using  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  as external marker of digesta on total dry matter intake, dry matter intake by live weight and metabolic weight. The Bermuda varieties caused differences ( $P < 0.05$ ) in GDP: animals that grazed BC1 obtained a GDP 39% higher than those who consumed BG. There were differences ( $P < 0.01$ ) between grazing periods in P2 because animals had higher GDP (82.9%). There was no interaction between Bermuda varieties and grazing periods on GDP ( $P > 0.05$ ). Under conditions of heat stress, grazing periods and Bermuda varieties did not affect ( $P > 0.05$ ) TSP or FR of Holstein steers. There was only interaction ( $P < 0.05$ ) between Bermuda varieties and grazing periods on FR and TP. The warmest temperatures of the day increased the FR, TO, TM, TCB, TL, TA, TV, and TP, observing interaction between grazing period and hour. The Bermuda grass varieties did not cause a change on behavior of animals. There was only interaction between varieties of Bermuda and period, and period with time. In BC1 variety, the animals traveled a longer distance, but it was with BG that greater movement was detected in general. In period 2, the animals traveled the longest route and in period 1 they recorded more movement. This as a consequence of the higher temperature-humidity index they had during the first period of the experiment and the higher nutritional value of the Giant Bermuda grass.

Key words: Bermuda grass, grazing behavior, heat stress, respiratory frequency, dry matter intake.

<b>ÍNDICE DEL CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
<b>APROBACIÓN DE TESIS POR LA PARTE DEL COMITÉ.....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIOS.....</b>	<b>iii</b>
<b>ACRONIMOS.....</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vii</b>
<b>I.ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>ix</b>
<b>ii.INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1. Pastos de Bermuda como recurso forrajero.....	3
2.1.1 Origen.....	3
2.1.2. Características agronómicas.....	3
2.1.2.1. Anatomía y dinámica de crecimiento.....	4
2.1.2.1.1. Temperatura.....	4
2.1.2.1.2. Fotoperiodo.....	4
2.1.2.1.3. Humedad del suelo.....	5
2.2. Características agronómicas de las variedades Bermuda.....	6
2.2.1. Bermuda Cruza 1 ( <i>Cynodon dactylon</i> L.).....	6
2.2.2. Bermuda Gigante ( <i>Cynodon dactylon</i> L. Pers).....	7
2.3. Manejo agronómico de variedades Bermuda.....	9
2.3.1. Fertilización.....	9
2.3.2. Producción de materia seca por hectárea de variedades de pasto Bermuda.....	10
2.4. Valor Nutricional en variedades de pasto Bermuda.....	10
2.4.1. Efecto de corte sobre el valor nutricional del pasto Bermuda.....	12

2.5. Estimadores del valor nutricional .....	13
2.5.1. Procedimientos de análisis Bromatológico.....	13
2.5.1.1. Análisis por espectroscopia en el Infrarrojo Cercano (NIRS).....	13
2.6. Digestibilidad de la MS.....	14
2.6.1. Digestibilidad <i>in vivo</i> .....	14
2.6.2. Degradabilidad <i>in situ (in sacco)</i> .....	15
2.6.3. Digestibilidad <i>in vitro</i> .....	16
2.7. Consumo en condiciones de pastoreo.....	18
2.7.1. Influencia de los hábitos de crecimiento y la disponibilidad del forraje sobre el consumo.....	20
2.8. Ganancia diaria de peso.....	21
2.9. Respuesta fisiológica y hábitos del animal durante el pastoreo.....	22
2.9.1. Influencia de factores climáticos sobre animales en pastoreo.....	22
2.9.1.1. Temperatura ambiental.....	22
2.9.1.2. Humedad relativa.....	23
2.9.1.3. Índice Temperatura-Humedad (ITH).....	24
2.9.1.4. Largo del fotoperiodo (Pastoreo diurno vs nocturno).....	25
2.9.2. Principales variables fisiológicas .....	26
2.9.3. Influencia del factor climático en la respuesta fisiológica.....	29
2.9.4. Conducta alimenticia en pastoreo .....	29
2.9.5. Uso de sensores móviles para medición de hábitos.....	30
2.10. Influencia del manejo de la pradera en los hábitos durante el pastoreo.....	31
2.10.1. Disponibilidad de forraje.....	31
2.10.2. Uso de sombras y bebederos.....	32
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>34</b>
3.1. Localización de la zona de estudio.....	34

3.2. Tratamientos y unidades experimentales.....	34
3.3. Manejo de las muestras de forraje.....	35
3.4. Consumo y calidad del forraje seleccionado.....	35
3.5. Análisis químico de las muestras.....	36
3.6. Datos climáticos.....	36
3.7. Variables fisiológicas.....	37
3.8. Determinación de la conducta en pastoreo .....	37
3.8.1. Variables colectadas por observación visual.....	37
3.8.2. Variables colectadas por sensor móvil (GPS).....	37
73.9. Variables de respuesta y análisis estadístico.....	38
<b>IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
4.1. Valor nutricional.....	40
4.1.1. Composición nutricional.....	40
4.1.2. Digestibilidad <i>in vitro</i> de MS y MO.....	40
4.1.3. Degradabilidad <i>in situ</i> de la materia seca ( <i>DISMS</i> ).....	43
4.2. Variables productivas.....	44
4.2.1. Consumo Total de Materia Seca.....	44
4.2.2. Ganancia diaria de peso (GDP).....	44
4.3. Variables fisiológicas.....	47
4.3.1. Condiciones climáticas.....	47
4.4. Variables de conducta en pastoreo.....	55
4.4.1. Hábitos de pastoreo.....	55
4.4.2. Comportamiento en pastoreo .....	58

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	xi
Cuadro 1. Factores edafo-climáticos de las especies forrajeras C <sub>4</sub> .....	8
Cuadro 2. Composición química de diferentes variedades de gramíneas.....	12
Cuadro 3. Digestibilidad <i>in vivo</i> , <i>in situ</i> , <i>in vitro</i> (%) de la materia seca y materia orgánica en algunos pastos tropicales y templados.....	18
Cuadro 4. Grado de estrés calórico en ganado bovino en base a la temperatura-humedad y a la frecuencia respiratoria.....	28
Cuadro 5. Valor nutritivo y digestibilidad <i>in vitro</i> de BC1 y BG en dos periodo de pastoreo.....	42
Cuadro 6. Consumo de las variedades de pasto Bermuda por novillos en pastoreo utilizando cromo y ceniza insoluble en ácido como marcadores de digesta y GDP.....	46
Cuadro 7. Temperatura, humedad relativa e ITH por mes en la zona de estudio.....	47
Cuadro 8. Interacción de variedades de Bermuda y el periodo de pastoreo sobre la conducta en pastoreo de novillos Holstein durante el verano en el valle de Mexicali.....	55
Cuadro 9. Interacción de variedades de Bermuda y las horas del día sobre la conducta en pastoreo de novillos Holstein durante el verano en el valle de Mexicali.....	57
Cuadro 10. Interacción de periodos de pastoreo y las horas del día muestreo sobre la conducta en pastoreo de novillos Holstein durante el verano en el valle de Mexicali.....	58
Cuadro 11. Efecto de variedades de Bermuda y periodos de pastoreo sobre el comportamiento registrada mediante un dispositivo GPS electrónico con novillos Holstein durante el verano en el valle de Mexicali.....	59

<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xii</b>
Figura 1. Interacción periodo y variedad sobre el contenido de PC y CEN de pasto Bermuda durante el verano en el valle de Mexicali.....	41
Figura 2. Degradabilidad <i>in situ</i> de la materia seca (MS) de dos variedades de Bermuda en diferentes horas de incubación en el rumen.....	43
Figura 3. Analisis de regresión de la degradabilidad <i>in situ</i> de la materia seca (MS) de dos variedades de Bermuda en diferentes horas de incubación en el rumen.....	44
Figura 4. Interacción periodo y variedad sobre el consumo de materia seca total, por peso vivo y unidad de peso metabolico utilizando el marcador de digesta Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> en novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.....	45
Figura 5. Interacción periodo y tratamiento sobre frecuencia respiratoria de novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali .....	49
Figura 6. Interacción periodo y tratamiento sobre temperatura de paleta de novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.....	49
Figura 7. Interacción periodos de pastoreo y horas del día sobre FR de novillos Holstein en pastoreo durante verano en el valle de Mexicali.....	50
Figura 8. Interacción periodos de pastoreo y horas del día sobre temperatura de la Paleta en novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.....	50
Figura 9. Interacción periodo y hora de muestreo sobre temperatura de la cabeza de novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.....	51

Figura 10. Interacción del periodo y hora de muestreo sobre la temperatura del ojo de novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.....	52
Figura 11. Interacción del periodo y hora de muestreo sobre la temperatura del anca de novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.....	53
Figura 12. Interacción del periodo y hora de muestreo sobre la temperatura del lomo de novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.....	53
Figura 13. Interacción del periodo y hora de muestreo sobre la temperatura del Morro de novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.....	54
Figura 14. Interacción del periodo y la hora de muestreo sobre la temperatura del Vientre de novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali.....	54
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>62</b>

## I.INTRODUCCIÓN

En el valle de Mexicali, Baja California, la engorda de ganado bovino representa la actividad que genera más rentabilidad en el sector pecuario debido a que existe una capacidad instalada para engordar aproximadamente 200,000 animales por ciclo en sistemas intensivos totalmente tecnificados y salas de matanza y deshuese certificados para la exportación de carne en canal y en cortes (Gallardo et al., 2006; SIAP, 2009). Sin embargo, la volatilidad de los precios de los granos, que representan insumos de uso intenso en las raciones para este tipo de ganado, hace que el pastoreo del ganado en praderas irrigadas se vuelva una opción económicamente viable para la engorda de bovinos. En esta zona árida del noroeste de México, el clima extremo define claramente dos épocas del año: una época templada-fría que se presenta de noviembre a Abril (invierno-primavera), y otra época cálida que ocurre de mayo a octubre (verano-otoño). Esta situación climática relativamente definida favorece el establecimiento de pastos de invierno y de verano para cada una de estas dos épocas del año, incluso el establecimiento de praderas irrigadas combinadas asociando forrajes de ambos tipos (Álvarez et al., 2008; Lascano et al., 1996; Lascano y Ávila, 1991). No obstante que en invierno el Ballico Anual (Rye-grass) es el forraje preferido por los ganaderos por su alto valor nutricional y excelente rendimiento, en verano aún no se ha establecido un forraje que muestre ventajas para el pastoreo de bovinos.

Durante el periodo de verano-otoño, algunos engordadores han optado por usar variedades del pasto tropical Bermuda. Sin embargo, existe una variación considerable en temperatura y fotoperiodo en esta época del año, lo que impacta en la calidad y el rendimiento de materia seca del forraje (Castro et al., 2017; Hernández, 2012). Las variedades de Bermuda Cruza 1 y Gigante se caracterizan por producir forraje de calidad mediana, alta resistencia al pastoreo y gustosidad aceptable para el ganado (Duthil, 1980 y Flores, 1993). Sin embargo, son altos en fibra (FDN=73%), y bajos en energía (ED=56.5%) y proteína (PC=9%), lo que limita su consumo voluntario y digestibilidad, produciendo bajas ganancias de peso (Gutiérrez, 2013; Poppi et al., 1995; Moore et al., 1995).

Por otro lado, la época verano-otoño en esta región árida se caracteriza por presentar temperaturas muy elevadas y baja humedad relativa, que en ocasiones se prolonga en horas de la noche, evitando que el ganado se recupere de la carga de calor acumulada durante el día, presentándose la condición conocida como estrés calórico, la cual se define como la incapacidad del animal para mantener en homeostasis su temperatura corporal (Broom y Molento, 2004). Córdova-Izquierdo et al. (2010) señalan que la elevación de temperatura ambiente, sobre todo por encima del nivel de confort, incrementan la frecuencia respiratoria y temperatura rectal, así como la alteración de otras variables fisiológicas (West, 2003; Arias et al., 2008), manifestándose en reducción del consumo y ganancia de peso de los animales durante este periodo cálido. En el valle de Mexicali, altas temperaturas que se presentan en verano y parte del otoño (INEGI, 2010) condicionan al animal a realizar ajustes fisiológicos y de conducta alimenticia, lo que puede asegurarle un consumo suficiente de MS y nutrientes (Arias et al., 2008; Chávez et al., 2000). En esta zona se han realizado estudios con distintas variedades de pasto Bermuda (como Gigante, Tifton-68, Cruza 1 y Tifton-85) y han reportado diferencias en el nivel de consumo de materia seca, ganancia de peso, digestibilidad *in vitro* de MS (Flores, 2014; Gutiérrez, 2013; Bravo, 2010), así como en conducta de los animales en pastoreo (Cisneros-Estrada, 2015).

Una necesidad que existe en esta zona es la de contar con praderas de verano que proporcionen un nivel adecuado de nutrientes y que ayude a contrarrestar los efectos negativos del estrés calórico en la productividad de bovinos en pastoreo. De esta forma sería posible pastorear todo el año, disminuyendo los costos por la alimentación del ganado, los cuales representan el egreso más importante en la engorda de bovinos. De tal forma que es posible que diferencias en crecimiento, calidad de pasto Bermuda y la respuesta animal cuando existen condiciones de estrés por calor podrían modificar los parámetros fisiológicos, productivos y conductuales de novillos Holstein en pastoreo, al igual que algunos parámetros digestivos estimados *in vitro* e *in situ*.

Por tanto, el objetivo del presente estudio fue estimar la influencia de dos variedades de Bermuda y dos periodos de pastoreo sobre parámetros fisiológicos, productivos, de conducta en pastoreo y la dinámica de la digestión en novillos Holstein.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Pasto Bermuda como recurso forrajero

#### 2.1.1 Origen

Pasto Bermuda es un nombre asignado a especies del género *Cynodon*. Las ocho especies que lo conforman son *Cynodon dactylon*, *C. barberi*, *C. plectostachyus*, *C. aethiopicus*, *C. nlemfluensis*, *C. transvalensis*, *C. incompletus* y *C. arcuatus* (Harlan et al., 1969). Burton (1976) indica que es originario de África, aunque este género crece en todas las regiones de México como recurso forrajero para la alimentación de ganado, principalmente en pastoreo. Fue introducido a Estados Unidos en 1751 y es un excelente forraje para corte o pastoreo en zonas áridas y semiáridas, adaptándose inclusive a condiciones de calor extremo (Hill et al., 2001; Meléan, 2014; Taliaferro et al., 2004). Se han desarrollado nuevas variedades mejoradas puras e híbridas como: Gigante, Coastal, Midland, Tifton-44, Tifton-68, Tifton-78, Tifton-85 y Coastcross-1, cultivándose aproximadamente 15 millones de hectáreas, principalmente en el Sureste y Suroeste en Estados Unidos (Burton y Hanna, 1995; Clavijo, 2009). En Florida se siembran alrededor de 50,000 ha<sup>-1</sup> (Sollenberger, 2008). En la década de los años setenta se introdujo en el Norte de México, especialmente en zonas áridas y semiáridas como los estados de Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas, Chihuahua, Sonora y Baja California (Terrazas y Báez, 2004; Hernandez, 2012).

#### 2.1.2. Características agronómicas

El pasto Bermuda es una gramínea perenne que pertenece a la Familia: Poaceae, Subfamilia: Chloridoideae, Tribu: Cynodonteae, Género: *Cynodon*, Especie: *C. dactylon*. Se reproduce por semillas y vegetativamente por estolones y rizomas. Tiene un sistema radicular fibroso profundo y las raíces puede crecer a más de 2 m de profundidad; los estolones y los rizomas enraízan rápidamente en los nudos para formar una capa densa de pasto; presenta tallos erectos o decumbentes que miden de 10 a 45 cm y son delgados y lisos (Rzedowski y Rzedowski, 2001; Olivera et al., 2010). Las hojas son lisas, lanceoladas de color verde intenso de 3 a 10 cm, vainas de 1.5 a 7 cm de largo,

generalmente más cortas que los entrenudos, pubescente en el ápice, lígulas membranosas de 0.2 a 0.5 mm de longitud con presencia de pelos en la unión de vaina y lámina (Martínez, 1990). La inflorescencia está formada por 2 a 7 espigas en forma radiada, de 1.5 a 6 cm de largo y distribuidas en un verticilo (Heike, 2009).

#### 2.1.2.1. Anatomía y dinámica de crecimiento

##### 2.1.2.1.1. Temperatura

La temperatura ambiental es un factor que puede modificar la producción y la composición química de los forrajes tropicales y templados. Diversos autores [Baruch y Fisher (1991); Salisbury y Ross (1992b); Newman et al. (2001)] señalan que muchas especies forrajeras, como las gramíneas tropicales, requieren temperaturas ambientales que fluctúan entre 28-39°C para su óptima fotosíntesis. En el mismo sentido, Sage y Kbein (2007) indican que las temperaturas mayores a 45°C para pastos Bermuda disminuyen su actividad fotosintética. Al respecto, Lefsrud et al. (2005) mencionan que los cambios de temperatura afectan notablemente los procesos vitales de la planta como reducción de procesos como fotosíntesis, respiración y absorción de agua, así como daños en la división y expansión celulares, entre otros, siendo mayores sus efectos a medida que aumenta la temperatura. Burton y Hanna (1995) mencionan que la tasa de crecimiento del pasto Bermuda logra su mayor desarrollo cuando el promedio de la temperatura diaria está por encima de 24 °C. Sin embargo, el rango de temperatura menor al promedio diario (de 15 a 18 °C) ha provocado disminución de la tasa de crecimiento. El pasto Bermuda comienza a disminuir su crecimiento cuando la temperatura es menor a 15°C. Adicionalmente, Burton (1976) reporta que las temperaturas de -3 a -4 °C destruyen los tallos y las hojas. Las temperaturas bajas (5 °C), aún por periodos cortos, disminuyen considerablemente el crecimiento de los pastos, por lo que pueden presentarse tasas de acumulación de forraje (Duthil, 1980).

##### 2.1.2.1.2. Fotoperiodo

El fotoperiodo es definido como la unidad de alternancia entre periodos de luz y oscuridad a la que se someten los organismos (Nelson y Volenec, 1995). La intercepción de la radiación solar por la lámina foliar provoca un aumento en la cantidad de hojas que define la producción de materia seca en una pradera, las hojas en los estratos inferiores

reciben menor intensidad y calidad de luz, lo que provoca reducción del crecimiento; por ello, el mayor rendimiento de los forrajes coincide con el mayor índice de área y masa foliar (Sinclair et al., 2003; Wang et al., 2004; Wu et al., 2004). En este sentido, Salisbury y Ross (1992a) informan que el crecimiento de los zacates C4, como el pasto Bermuda, se inicia en primavera con aumento gradual del fotoperiodo, llega a su máximo en el verano y después disminuye cuando inicia el otoño. Swanton et al. (2000) evaluaron el efecto del fotoperiodo sobre la tasa de rebrote y producción de MS en pasto *Echinochloa cruz-galli*, encontrando que al aumentar el fotoperiodo (8 a 16 h) se incrementaron la tasa de rebrote y la producción de MS, pero se observó la mayor tasa de aparición de hojas cuando el fotoperiodo fue de 16 h. Sinclair et al. (2003) reportaron que cuando aumenta el fotoperiodo se incrementa la producción y la digestibilidad *in vitro* de MS en el pasto Bermuda (*Cynodon dactylon*). Newman et al. (2007) mencionaron que la reducción del fotoperiodo influye sobre el crecimiento en mayor o menor grado dependiendo de la especie forrajera. Asimismo, Sinclair et al. (2003) encontraron que el fotoperiodo corto (menos de 13 h) disminuyó la producción de forraje en la variedad Bermuda Tifton-85. En general, los conocimientos aportados por esta revisión de literatura indican que el fotoperiodo es un factor climático que afecta a las plantas, pero si puede manipularse de acuerdo al manejo de los cultivos, podría adaptarse a diferentes regiones climáticas.

#### 2.1.2.1.3. Humedad del suelo

La disponibilidad de agua en el suelo es una limitante en la producción de forraje. Jensen et al. (2003) encontraron que la escasez de humedad en el suelo causó disminución de la producción de forraje y tuvo una relación inversa sobre la pared celular (FDN, FDA y Lignina) como consecuencia del incremento en el espesor de la hoja, así como la reducción de su tamaño. Por la falta de lluvias en zonas desérticas, como Mexicali, los engordadores utilizan el riego como alternativa para la producir forrajes, especialmente para las variedades de Bermuda, y así suministrar la humedad necesaria para favorecer su crecimiento y desarrollo (Misra y Tyler, 2000). Marsalis et al. (2007) reportaron que en praderas irrigadas de Bermuda Tifton-85 y Gigante, con un suministro de 312 mm de agua al año produjeron 20.4 y 17.9 Ton MS\*año<sup>-1</sup> respectivamente. Adicionalmente, Cameron et al. (1990) encontraron que praderas irrigadas con 40 mm

obtuvieron un incremento de 49% de la producción de MS comparado con praderas no irrigadas de *Panicum maximun* y *Cenchrus ciliaris* (4.4 vs 3.0 Ton MS\*ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Asimismo, Girón et al. (2003) realizaron un estudio con pasto Bermuda Tifton-68 en suelos húmedos (bajo condiciones de riego), obteniendo un rendimiento de 5.57 Ton MS\*ha<sup>-1</sup>, valores superiores a los reportados (4.2 Ton MS\*ha<sup>-1</sup>) por Terrazas y Báez (2004).

## 2.2. Características agronómicas de las variedades Bermuda Cruza 1 y Bermuda Gigante

### 2.2.1. Bermuda Cruza 1 (*Cynodon dactylon* L.)

BC1 es un híbrido completamente estéril producto del cruce de Coastal y Bermuda PI-255445, ésta última obtenida por Bogdan en 1958 al cruzar Bermuda de costa con Kenya No. 14. El cultivo comienza a ser utilizado comercialmente en Estados Unidos en 1967 (Bogdan, 1977) y se considera una planta resistente al ataque de plagas (Leuck et al., 1969). Se caracteriza por incrementar la digestibilidad hasta 12% sobre el Bermuda Coastal (Burton et al., 1967) y mejora sustancialmente el consumo y ganancia de peso vivo (Lowrey et al., 1968). La propagación del pasto BC1 es por medio de tallos rastreros, los cuales producen raíces en los nudos; también se propagan por medio de rizomas y semillas. Los tallos pueden medir de 4 a 6 m de longitud y los rizomas pueden convertirse en tallos y en los suelos pesados son gruesos y blancos (Whyte et al., 1975; Hoffman et al., 1997). Sus hojas son cortas, planas de color azul verde y pueden medir de 2.5 a 10 cm de longitud y alcanzar una altura de 20 a 30 cm (Donahue, 1963). El pasto BC1 puede desarrollarse bien en regiones tropicales, subtropicales y de clima templado con precipitaciones de 700 mm (Eguiarte et al., 1995; Fernández Greco et al., 1988), por lo cual se convierte en una especie con un amplio rango de adaptación (Cuadro 1). Según Duthil (1989), altas temperaturas producen incremento de la lignificación de la pared celular de las plantas. Las temperaturas cálidas son necesarias para que gramíneas como BC1 crezcan, obteniéndose tasas máximas de crecimiento a 38 °C; sin embargo, períodos prolongados de clima frío o períodos cortos de temperaturas extremadamente bajas resultan perjudiciales (Gould, 1951 y Burton; Hanna, 1985). Temperaturas medias diarias superiores a 24 °C son necesarias para un crecimiento sustancial de este forraje (Holm-Hansen et al., 1977). Según Sage y Kubein (2007), si la temperatura ambiental

supera 45 °C, puede resultar letal debido a una disminución en la actividad fotosintética, dado que es conocido que este factor ambiental contribuye con 90% del total de MS de la planta. Eguiarte et al. (1995) reportan que BC1 necesita temperatura ambiente de 27 °C para su crecimiento y tolera suelos arcillosos, más que suelos arenosos de las regiones secas debido a la mayor capacidad de retención de agua de la arcilla (Burton y Hanna, 1985). Crece en suelos con pH de 5.5 (Eguiarte et al., 1995) y puede sobrevivir largos periodos de inundación, sin embargo, es indispensable una aereación adecuada del suelo para su crecimiento (Burton y Hanna, 1985).

### 2.2.2. Bermuda Gigante (*Cynodon dactylon* L. Pers)

El BG proviene de una selección semillas Bermuda común desarrollado por la compañía Northrup King que se comercializa desde hace 30 años; este pasto fue encontrado en un islote del Río Colorado en Arizona (Ball, 2002; Taliaferro et al., 2004). Es un pasto perenne, produce semilla viable y también se propaga por estolones y por rizomas, pudiendo alcanzar altura de 50 a 70 cm junto con alta proporción hoja: tallo; se caracteriza por tener un crecimiento vertical, hojas largas finas y tallos finos (Marsalis, 2004; Smith, 1960; Vargas y Yáñez, 1996). Por otro lado, Hughes et al. (1984) indican que el pasto Bermuda necesita una precipitación anual que oscila entre 600 y 800 mm. Corriher y Redmon (2009) señalan que este pasto necesita un promedio de 750 mm/año para su mejor desarrollo (Cuadro 1). El pasto BG, aún si está bien establecido, no resiste bajas temperaturas, por lo que se reduce su producción de forraje (Corriher y Redmon, 2009), pues necesita temperatura promedio de 30 °C (Cuadro 1) para un mejor desarrollo. Su rango óptimo de crecimiento se alcanza a temperatura superior a 24°C y logra un escaso crecimiento a 5°C (Hughes et al., 1984), por lo que crece favorablemente en trópico y subtropico, inclusive en regiones de clima frío donde el verano no es muy riguroso. Corriher y Redmon (2009) indican que este pasto se establece mejor en suelos con pH neutro (Cuadro 1), de aluvión, franco-arenosos y sin problemas de inundaciones; además, presenta cierta tolerancia a suelos de marisma o salino-sódicos (Hughes et al., 1984).

Cuadro 1. Factores edafo-climáticos de las especies forrajeras C<sub>4</sub>

Nombre Común	Nombre Científico	TO(°C)	PO (mm*año <sup>-1</sup> )	pH	TS	Autor
Forrajes tropicales (C <sub>4</sub> )						
Bermuda Cruza 1	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	27	700	5.5	Moderada	Eguiarte et al. (1995)
Bermuda Gigante	<i>Cynodon dactylon</i> L.Pers	30	750	7.0	Moderada	Corriher y Redmon, (2009)
Bermuda Gigante	<i>Cynodon dactylon</i> L.Pers	-	800	-	-	Hughes et al. (1984)
Bermuda Gigante	<i>Cynodon dactylon</i> L.Pers	24	-	-	-	Hughes et al. (1984)
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i> H.	25	1250	5.5	Moderada	Pirela (2005)
Maíz	<i>Zea mays</i> L.	35	1100	7.0	Baja	Ruiz (2009)
Elefante	<i>Penninsetum purpureum</i> Sch.	25	2200	7.0	Baja	Corpoica (2013)
Sudán	<i>Sorghum drummondii</i> Steud.	32	550	6.2	Moderada	Carrasco et al. (2011)
Guinea	<i>Panicum máximum</i> Jacq.	20	3500	5.5	Moderada	Peters et al. (2010)
Pángala	<i>Digitaria decumbens</i> Stent.	32	1000	5.5	Moderada	Herminio et al. (2006)
Pasto estrella	<i>Cynodon plectostachyus</i>	24	4000	5.5	Moderada	Velázquez (2010)
Estrella africana	<i>Cynodon nlemfuensis</i> vanderyst	27	3500	4.5	Moderada	Peters et al. (2010)

TO: Temperatura óptima, PO: Precipitación óptima, TS: Tolerancia a la salinidad

## 2.3. Manejo agronómico de variedades Bermuda

### 2.3.1. Fertilización

El nitrógeno (N) y fósforo (P) son los elementos más importantes en la producción forrajera de invierno y verano. La fertilización nitrogenada en gramíneas tiene influencia positiva en el rendimiento de MS, altura y relación hoja/tallo, así como en el valor nutritivo, principalmente PC (Urbano, 1997; Escalante, 2007). Premazzi et al. (2003) y Hill et al. (2001) mencionan que al aumentar la dosis de N en pasto Bermuda se incrementa el crecimiento del forraje y acumulación de MS. Salazar (2003) recomienda que la dosis con N fluctúa entre 200 y 400 Kg N ha<sup>-1</sup>\*año<sup>-1</sup>, 100 y 150 kg P ha<sup>-1</sup>\*año<sup>-1</sup> y de 50 a 100 kg K ha<sup>-1</sup>\*año<sup>-1</sup> para pasto Bermuda bajo riego en la mayoría de zonas áridas, dependiendo de los análisis de suelo, fraccionando la fertilización cada dos cortes y utilizando riegos semanales. Durante el periodo del pastoreo, comprendido entre junio y octubre en pasto Bermuda, se aplican 200 kg N \*ha<sup>-1</sup>, equivalentes a 435 kg ha<sup>-1</sup> de urea, es decir, 50 kg N\*ha<sup>-1</sup> (108 kg\*ha<sup>-1</sup> de urea) después de cada pastoreo. Vendramini et al. (2008), al estudiar el efecto de la fertilización nitrogenada en el pasto Tifton-85 en Florida, EUA, encontraron que una dosis apenas con 80 kg N ha<sup>-1</sup> \*año<sup>-1</sup> comparado sin fertilizado (0 kg N ha<sup>-1</sup> \*año<sup>-1</sup>) provocó un aumento de 62.5% sobre la producción (1.6 a 2.6 Ton MS\*ha<sup>-1</sup>). Adicionalmente, Boyer (2014) realizó un estudio con el pasto BG para evaluar el efecto de la fertilización con N, encontrando que al incrementar la dosis (168 a 224 Kg de N\* ha<sup>-1</sup>) aumentó 5% la producción de MS (7.9 y 8.3 Ton MS\*ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Por otro lado, Serna (1986) indica que al aumentar la dosis de N (100 a 200 Kg de N\* ha<sup>-1</sup>), se elevó la producción de MS en 7.7% (6.5 y 7.0 Ton MS\*ha<sup>-1</sup> respectivamente). Paulo et al. (2014) reportan que, en invierno, el pasto Bermuda sin la adición de N, produce en promedio 2600 kg MS ha<sup>-1</sup>, mientras que si es asociado con leguminosas aumenta a 4800 kg MS ha<sup>-1</sup>, y adicionando N (100 kg N ha<sup>-1</sup>) solo tuvo 950 kg de MS de diferencia. De acuerdo a estos resultados, se deduce que la dosis elevada de N permite obtener una mayor cantidad de forraje, con lo cual se puede incrementar la carga animal o los tiempos de ocupación por unidad de superficie, favoreciendo una mayor productividad animal por hectárea.

### 2.3.2. Producción de materia seca por hectárea de variedades de Bermuda

La producción de forraje se incrementa significativamente después del corte o pastoreo hasta alcanzar un valor máximo, y después empieza a declinar por su madurez (Días et al., 2002). De acuerdo con NRC (1987), no existen limitaciones en el consumo para la mayoría de las especies de ganado cuando la disponibilidad fluctúa entre 2 a 3 ton MS\*ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, cuando la disponibilidad de forraje es menor a 1 Ton MS\*ha<sup>-1</sup>, puede esperarse una reducción en consumo de 15%. La producción de MS de la pradera depende de los factores climáticos, riego, fertilización y la especie forrajera. Cabanillas et al. (2017) reportaron que BC1 produjo mayor producción de MS (2.7%) comparado con Bermuda Santo Domingo, aunque su rendimiento es muy cercano a la del pasto Bermuda Cruza 2. La producción de forraje se incrementa con la edad de rebrote de la planta en la estación de verano. Según Hernández (2012), los valores más altos de producción de MS se presentan en la sexta semana, donde la producción de MS en la variedad BG fue menor (57.1%) que Tifton-68. En un estudio realizado con pasto BG, Evers et al. (2001) reportaron un mayor rendimiento de MS (15%) que lo reportado por Vargas et al. (2000) en pasto BC1 producido en el Valle de Mexicali. En contraste, Hernández (2012) obtuvo un rendimiento MS 10% menor en el pasto BG de lo que encontró por Vargas et al. (2000) en BC1, aunque Gutiérrez (2013) indicó igual rendimiento de MS en BC1 a lo reportado por Evers et al. (2001) sobre el BG.

### 2.4. Valor Nutricional en variedades de pasto Bermuda

El valor nutricional de un forraje está en función de su composición química (energía, proteína, vitaminas y minerales), las características fisicoquímicas de su fibra, su gustosidad y las interacciones asociadas con otros ingredientes en la dieta (Zinn et al., 2004). También está influenciada por diferentes factores como temperatura, humedad, especie y etapa fenológica. Los forrajes tropicales, como el pasto Bermuda, tienen un menor valor nutricional que los de zonas templadas, ya que poseen mayor proporción de componentes de pared celular (> 30%) y bajo contenido en elementos nitrogenados. Estos dos elementos son los principales factores que restringen su consumo y digestibilidad. La proteína es normalmente considerada como el principal nutriente limitante en muchos forrajes debido a que es requerida por los microorganismos del rumen, así como por los

tejidos del animal (Bowman y Sansón, 1996); su deficiencia puede afectar negativamente la producción animal (Bohnert et al., 2011). Los pastos tropicales como Bermuda tienen aproximadamente 9% PC, 73% de FDN y 56.5% de energía digestible, de tal forma que limitan su nivel de consumo voluntario (Goetsch et al., 1991; Poppi et al., 1995). El nivel de proteína menor a 8% en el forraje disminuye el consumo de MS, lo que se ha relacionado con 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 el rumen (Lyons et al., 2001). En el Cuadro 2 se puede observar que el pasto Bermuda tiene un valor de PC que fluctúa entre 9 y 15%, aunque Jones et al. (1988) reportaron mayor valor de PC (17.5%), comparado con los reportados por Wheeler et al. (2002). Sin embargo, Álvarez et al. (2008) realizaron un estudio con Ballico anual y Correa (2011) con Kikuyo, encontrando que estas especies obtuvieron mayor valor en la fracción nitrogenada y PC comparado con las variedades de Bermuda. En contraste a lo anterior, el pasto Bermuda obtuvo 10% mayor PC que pasto Pangola, Tifton-85 y 34.4 % mayor en el pasto Guinea (Scaglia y Boland, 2014; Van Soest, 1982; Juárez-Reyes et al., 2009). Jones et al. (1988) reportaron mayor porcentaje de hemicelulosa en el pasto Bermuda que lo reportado por Correa (2011) y Juárez-Reyes et al. (2009) sobre el pasto Guinea y Kikuyo (58.5 y 57.3%, respectivamente). Scaglia y Boland (2014) realizaron un estudio con tres variedades de pasto Bermuda en diferentes periodos de pastoreo, encontrando que la variedad Tifton-85 obtuvo mayor valor de la fracción fibrosa (6%) comparado con Alicia y Jiggs (Cuadro 2), observándose que al incrementar la FDN se disminuyó la PC de las variedades de Bermuda (Alicia, Jiggs y Tifton-85, respectivamente). Wheeler et al. (2002) encontraron 46.1 % más FDN en pasto Bermuda comparado con lo señalado por Valencia (2015). En cuadro 2 se puede observar que las variedades de Bermuda tienen valores más altos de FDN comparado con el pasto Sudán, Kikuyo y Guinea. Por ejemplo, NRC (2016), Correa (2011) y Juárez-Reyes et al. (2009) encontraron que estos pastos obtuvieron valores menores de FDN comparado con las variedades de Bermuda (Cuadro 2). De acuerdo a Jones et al. (1988), el pasto Bermuda tiene menor porcentaje de cenizas que lo reportado por Correa (2011) y Juárez-Reyes et al. (2009) en pasto Guinea y Kikuyo (4.4 y 18.9 %, respectivamente).

Cuadro 2. Composición química de diferentes variedades de gramíneas y otras especies.

Variedades	Nutrientes							Autor
	PC	FDN	FDA	Lign	Cel	Hcel	Cen	
Bermuda	12.1	79.3	38.1	5.5	29.7	41.2	8.6	Jones et al. (1988)
	10.3	75.4	44.7	8.6	-	-	6.0	Wheeler et al. (2002)
	10.1	74.9	36.8	5.8	29.0	38.8	8.0	Galloway et al. (1993)
	15.0	51.6	41.5	-	-	-	-	valencia (2015)
Alicia	12.5	69.2	41.0	-	-	-	-	Scaglia y Boland (2014)
Jiggs	12.1	69.3	39.7	-	-	-	-	Scaglia y Boland (2014)
Tifton-85	11.0	73.6	41.5	-	-	-	-	Scaglia y Boland (2014)
Heno Sudán	9.0	58.5	36.9	5.0	-	-	7.6	NRC (2016)
Bermuda ensilaje	13.5	66.6	40.3	6.4	-	-	8.7	NRC (2016)
Pangola	11.0	70.0	-	7.0	34.0	29.0	10.0	Van Soest (1982)
Guinea	9.0	70.0	-	8.0	35.0	26.0	9.0	Juárez- Reyes et al. (2009)
Kikuyo	20.5	58.1	30.3	5.9	26.9	26.2	10.6	Correa (2011)

PC: proteína cruda, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente acida, Lign: Lignina, Cel: celulosa, Hcel: hemicelulosa.

#### 2.4.1. Efecto de corte sobre el valor nutricional del pasto Bermuda.

El avance en edad al corte es un factor que reduce el contenido de nitrógeno yaumenta la pared celular lignificada, constituyéndose como problema para el consumo de MS (Juárez-Reyes et al., 1999). Generalmente, el término "madurez" implica tanto al proceso de crecimiento como de maduración, y ambos involucran cambios morfológicos, fisiológicos y químicos durante el desarrollo de estas etapas (Harris, 1990). A medida que aumenta la edad de la planta disminuye la PC, pero se incrementa la FDN y FDA. Santillano (2003) observó que los intervalos entre cortes provocaron una tendencia a disminuir de 23.8% del primero al tercer corte sobre la PC, así como incremento en contenido de FDN en pasto BG. Gutiérrez (2013), en un estudio realizado con el pasto BC1 en condiciones climáticas similares, observó el mismo comportamiento para el valor de PC (18.2%), mientras observó un comportamiento inverso con lo aportado por Santillano (2003) sobre la FDN.

## 2.5. Estimadores del valor nutricional

### 2.5.1. Procedimientos de análisis bromatológico

#### 2.5.1.1. Análisis por Espectroscopía en el Infrarrojo Cercano (NIRS)

La Espectroscopia de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS, por sus siglas en ingles), se perfiló a nivel mundial desde la década de los setenta como una técnica alternativa a los métodos químicos y bioquímicos tradicionales. Es una metodología para predecir la composición química de alimentos, suelos, forrajes, etc., que obtiene la información basándose en el principio de uniones moleculares de los componentes químicos de la muestra que absorben frecuencias específicas de luz entre 750 y 2500 nm (Shenk y Westerhaus, 1993; Sandoval et al., 2008) es decir, en la absorbancia que presentan los diferentes compuestos orgánicos en ciertas regiones de longitud de onda de la luz visible e invisible (Reich, 2005; Luypaert et al., 2007; Decruyenaere et al., 2009b). La técnica NIRS es rápida y segura para estimar componentes químicos, siendo las industrias química y farmacéutica, así como la producción agroalimentaria, en las que ha tenido aplicaciones (Borjas, 2002). Se considera única a causa de su naturaleza no destructiva, no requiere reactivos, minimiza el daño ambiental y es una técnica multianalítica de alta precisión que permite predecir varios factores simultáneamente; caracteriza la totalidad de la composición del forraje y es adecuada para el procesado de grandes números de muestras; sin embargo, está ligada a requerimientos de calibración con muestras de composición química y valor nutricional conocidos (análisis proximal y Van Soest). También requiere de un conjunto de datos suficientemente amplios y una actualización frecuente que debe representar, en cuanto a la naturaleza de las muestras y su variabilidad, a la población de las muestras objeto de la predicción (Vásquez et al., 2004; Flores et al., 2003). La validez de los datos obtenidos mediante NIRS nunca será superior a la correspondiente a las colecciones utilizadas para establecer las calibraciones (Beever y Mould, 2000). El primer uso que NIRS tuvo en la agricultura fue estimar el contenido de humedad de semillas oleaginosas. En 1976, algunos autores estimaron la Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA), Digestibilidad *in vitro* y Digestibilidad Aparente *in vivo* (Smith et al., 2001; Halgerson et al., 2004). Se estima que la determinación de la fracción nitrogenada y el valor de PC fluctúan entre 4 a 18% para gramíneas y de 7 a 31% para leguminosas, mientras para FDN de 47

a 80% y 20 a 78% de gramíneas y leguminosas, respectivamente. El análisis de nutrientes en los forrajes determinado mediante los métodos de AOAC (1990), Van Soest (1996) y el NIRS tienen similares tendencias, ya que con el método de AOAC los valores porcentuales para PC y FDA fueron 3.4 y 1.4% mayores, respectivamente, pero 1.2 % menor en FDN. Molano (2012) reportó valores similares para la DIVMS de los forrajes apenas con 5 semanas de crecimiento determinado mediante ambas técnicas (Laboratorio y NIRS).

## 2.6. Digestibilidad de la MS

La digestibilidad depende del tiempo de permanencia del alimento en la cavidad retículo-rumen, el tiempo promedio de retención y la digestión de partículas (Ibrahim et al., 1988). El tiempo en que la fibra se degrada en el rumen está influenciado por el tamaño inicial de la fibra, la tasa de reducción del tamaño de la partícula, la densidad de la partícula y la tasa de digestión, lo cual repercute sobre los valores de digestibilidad para los diferentes forrajes (Gutiérrez, 2013). Al disminuir la tasa de digestión de la fibra, la cantidad de materia orgánica lentamente digestible en el rumen aumenta (Zinn et al., 2004). En variedades con baja digestibilidad, el tiempo de permanencia en rumen se incrementa, lo que reduce el consumo de MS de animales en pastoreo (Gutiérrez, 2013; Arias, 2008). El mayor calor de fermentación en rumen con variedades de menor digestibilidad ocasiona un menor rendimiento energético para los animales en pastoreo, principalmente en regiones cálidas (Mendoza et al., 2003b; Wheelock et al., 2010).

### 2.6.1. Digestibilidad *in vivo*

Este método, denominado también digestibilidad aparente por colección total de heces fecales, es el que mide más exactamente la digestibilidad de un alimento, aunque presenta un leve sesgo respecto de la digestibilidad real debido al material endógeno que se elimina a través de las heces. El valor potencial de una ración balanceada que suministra ciertos nutrientes puede ser determinado mediante análisis químico, pero el valor real que tiene para el animal solamente puede ser determinado teniendo en cuenta las pérdidas inevitables que tienen lugar durante la digestión, la absorción y el metabolismo. Se sabe que la eficiencia del rumiante depende de dos aspectos críticos en el proceso de fermentación: la velocidad de la tasa de degradación y la velocidad de paso

o tasa de pasaje (Fox et al., 2000). La combinación de estas dos cinéticas establece la cantidad neta de microorganismos que serán sintetizados en el rumen y luego digeridos en el intestino delgado. Considerando lo anterior, el estudio de la degradación ruminal de forrajes y demás ingredientes de la dieta de bovinos ha sido, desde los inicios de la zootecnia, uno de los temas más estudiados, evaluados y controvertidos en el mundo (Arreaza et al., 2005). La digestibilidad *in vivo* se determina generalmente mediante ensayos de balance nutritivo, utilizando animales vivos. En estos modelos, el alimento desaparece del rumen por degradación y absorción a tracto digestivo posterior apareciendo finalmente en las heces. La proporción de nutrientes que están disponibles para el rumiante varía en función de la competencia entre las tasas de degradación y pasaje, lo que va depender de los diferentes tejidos de las plantas forrajeras que pueden ser divididos en tres tipos: 1) material rápidamente fermentable (células del mesófilo), 2) material de lenta fermentación (esclerénquima, parénquima) y 3) material indigestible (tejido vascular lignificado). En las primeras horas de fermentación, una parte del sustrato, principalmente los azúcares solubles son fermentados inmediatamente, sin embargo, ellos sólo constituyen una pequeña parte del material potencialmente digestible. A medida que el proceso fermentativo continúa, una menor cantidad de material es hidratado y colonizado por los microorganismos ruminales, lo que origina diferentes tasas de degradación dependiendo de la concentración de carbohidratos estructurales, contenido de lignina y estado de madurez de la planta (Rosero y Posada, 2007; Rosero, 2002). Existen diversos métodos para recoger las heces, dependiendo de la especie, tipo de animal y condiciones en que se encuentra. Los pastos de clima templado tienen una mayor digestibilidad de MS comparado con los de climas tropicales.

#### 2.6.2. Degradabilidad *in situ* (*in sacco*)

La técnica *in situ*, también llamada de la bolsa de nylon, permite estudiar la cinética de desaparición del alimento en el rumen de animales fistulados (Ørskov et al., 1980). El alimento se coloca dentro de bolsas de nylon cerradas y luego en el rumen de los animales; el retiro de distintas bolsas a lo largo del tiempo permite medir la cantidad de material que ha desaparecido. La fracción del alimento que no se recupera dentro de las bolsas se asume que ha sido degradado, de este modo se construye la curva de

desaparición. Esta metodología representó un progreso muy importante dentro del campo de la nutrición de rumiantes debido a que permite el estudio de la cinética de degradación. Esta técnica ha mostrado un buen grado de asociación con el consumo y la digestibilidad para alimentos como forrajes frescos y henos (Ørskov, 2000). Los resultados de esta técnica se afectan por el método de preparación de la muestra, el procedimiento de lavado y secado de las muestras, las pérdidas de partículas no degradadas de la bolsa, la contaminación microbiana de la muestra, el lugar de la secuencia de la incubación, la especie animal utilizada y la dieta ofrecida; así como la relación entre el tamaño de la muestra incubada y la superficie de la bola lo que dificulta la estandarización de resultados (Flores et al., 2003). El estado de madurez afecta la DISMS de los pastos. Torres et al. (2009) encontraron que la semana de corte (entre la 4ta y 8ava) provocó disminución de 19.6 % la DISMS en pasto Ballico anual (cuadro 3). Distintos autores reportan que el pasto del clima templado tiene mayor DISMS comparado con el de clima tropical, observándose que el Ballico anual (4 y 8 semanas de corte) obtuvo mayor DISMS (73.6 y 39.6%, respectivamente) comparado con pasto BG. Por otro lado, Giraldo et al. (2007) demostraron que los días de corte (29 y 49 d) disminuyeron la DIVMS en sólo 3.3% en pasto Kikuyo (Cuadro 3).

### 2.6.3. Digestibilidad *in vitro*

Para el estudio de la digestión ruminal, la mayoría de los sistemas utilizan inóculo microbiano. La digestibilidad *in vitro* es un método que se basa en el principio de someter una muestra de alimento (forraje o grano) en un recipiente a la acción de inóculo de líquido ruminal, con el fin de simular las condiciones que ocurren en el rumen. Después de un determinado tiempo se mide la cantidad de materia seca, materia orgánica o celulosa que ha desaparecido durante la incubación; la proporción desaparecida se denomina digestibilidad *in vitro* (Bruni y Chilbroste, 2001). Las técnicas *in vitro* empleadas en estudios de cinética de digestión, basadas en análisis de residuos no digeridos o fermentados a diferentes tiempos de incubación, presentan una serie de desventajas, entre las que se puede mencionar a) imposibilidad de determinar el rol de los componentes solubles del forraje b) dificultad del estudio de las fases tempranas de fermentación (Bruni y Chilbroste, 2001). Dentro de los métodos biológicos y químicos descritos para predecir

la digestibilidad *in vitro* de los alimentos, el propuesto por Tilley y Terry (1963) modificado por Van Soest (1970) usando líquido ruminal, es el más antiguo y aún se reconoce como uno de los más interesantes para medir digestibilidad. El tratamiento biológico se refiere a una digestión anaeróbica de una muestra seca de forraje con microorganismos ruminales, de 38 a 40 °C de temperatura en pH constante de 6.8 a 6.9 por 48 h bajo oscuridad. Esta digestión debe hacerse en tubos de vidrio, asegurándose que la producción de gas, como consecuencia de la fermentación, mantiene la condición de anaerobiosis. El tratamiento químico consta de una digestión en pepsina, cuya finalidad es solubilizar la gran proporción de proteína que resiste al tratamiento biológico. Gutiérrez (2013) realizó un estudio con pasto BC1 en condiciones climáticas similares, observándose que los periodos de pastoreo provocaron un aumento (8%) sobre la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica del pasto (*DIVMO*), mientras que para la digestibilidad *in vitro* de materia seca (*DIVMS*) indicó una tendencia a disminuir en respuesta del efecto de periodo de pastoreo. En el Cuadro 3 se observa que la *DIVMS* del pasto Bermuda fluctúa entre 40 y 60%. Según lo reportado por Cabanillas et al. (2017), el pasto BC1 obtuvo una menor *DIVMS* (4.2 y 2.1%, respectivamente) comparado con el Cruza 2 y Santo Domingo (Cuadro 4). Por otro lado, Giraldo et al. (2007) demostraron que los días de corte (29 y 49 d) disminuyeron la *DIVMS* apenas en 2.7 % para pasto Kikuyo, valores mayores a los reportados por Gutiérrez (2013) en el pasto BC1 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Digestibilidad *in vivo*, *in situ*, *in vitro* (%) de la materia seca y materia orgánica en algunos pastos tropicales y templados

Variedades		DVMS	DIVMS	DIVMO	DISMS	Autor
Bermuda Cruza 1	P <sub>1</sub>	-	-	64.5	-	Gutiérrez (2013)
	P <sub>2</sub>	-	-	68.3	-	Gutiérrez (2013)
	P <sub>3</sub>	-	-	69.9	-	Gutiérrez (2013)
		-	56.8	-	-	Cabanillas et al. (2017)
		-	-	-	53.0	Manzoor et al. (2013)
Bermuda Gigante		62.5-66.9	-	-	-	Rodríguez et al. (2001)
		-	-	-	76.0	Bárcena-Gama et al. (2002)
Ballico anual 4s		-	-	-	92.0	Torres et al. (2009)
Ballico anual 8s		-	-	-	74.0	Torres et al. (2009)
Cruza II		-	59.3	-	-	Cabanillas et al. (2017)
Santo Domingo		-	58.0	-	-	Cabanillas et al. (2017)
San Joaquín		-	89.8	-	84.4	Giraldo et al. (2007)
Kikuyo 29		-	84.3	-	77.9	Giraldo et al. (2007)
Kikuyo 49		-	82.0	-	75.3	Giraldo et al. (2007)
Angletón		-	59.6	-	53.7	Giraldo et al. (2007)

DVMS: digestibilidad in vivo de materia seca, DIVMS y DIVMO: digestibilidad in vitro de materia seca y materia orgánica, DISMS: degradabilidad in situ de materia seca, P1: Periodo 1, P2: Periodo 2, P3: Periodo 3, kikuyo 29 y kikuyo 49: kikuyo cortado a los 29 y 49 días.

## 2.7. Consumo en condiciones de pastoreo

La cantidad de alimento que ingiere un animal en pastoreo depende de la disponibilidad y calidad del forraje, por lo que es necesario determinar el consumo en las distintas fases de producción (Aranda y Osorio, 1996). Probablemente el factor más limitante del desempeño productivo de animales en pastoreo es el consumo voluntario, que se define como la cantidad de forraje que un animal puede consumir durante un día, sin limitaciones de tiempo ni disponibilidad (Mertens, 1994; Pittroff y Kothmann, 2001; Forbes, 2007). La cantidad de MS del forraje ingerida por un animal es considerada como el factor más importante que regula la producción de rumiantes; por ende, el valor de un forraje en la producción animal depende de la cantidad consumida más allá de su composición química (Allison, 1985; Montague et al., 1986; Minson, 1990). Pero existen

grandes limitaciones para su estimación debido a que los bovinos en pastoreo presentan una alta selectividad y los hábitos de pastoreo se pueden modificar por la salud del mismo, por condiciones climatológicas y factores de orden etológico (Mertens, 1987). Según Grovum (1987), los principales factores que afectan el consumo voluntario de forrajes de baja a media calidad son: la relación energía-proteína en los nutrientes absorbidos, la digestión en retículo-rumen y la gustosidad. También, ciertas variables del comportamiento animal en pastoreo pueden limitar el consumo de forraje en pastoreo (Hernández, 2012; Stobbs, 1973). Entre estas variables se pueden mencionar el tiempo de pastoreo y la tasa de consumo, que están determinada por el peso del bocado y el número del mismo por unidad de tiempo. Según Galli et al. (1996), el animal puede tener una reducción de la tasa de consumo con un incremento en el tiempo en pastoreo. Las características de la pastura, tales como altura, cantidad y densidad de forraje disponible, la distribución de las especies en el área, el tamaño de las plantas y la relación entre tallos y hojas pueden influir sobre la selectividad debido a que modifican el tamaño de bocado del animal (Barrett et al., 2001; Illius, 1998). Cuando una dieta es alta en forraje, el consumo voluntario es el factor que determina la cantidad de energía digestible del cual el animal dispone, dado que factores como la estructura física y química de los componentes fibrosos modifican la velocidad y el nivel de utilización de los forrajes. Así mismo, el volumen ruminal es mayor cuando la dieta contiene mayor cantidad de forraje, sin embargo, el volumen limita el consumo voluntario de alimento en dietas altas en forrajes (Owens y Goetsch, 1988; Flores, 1993). Según los datos reportaron por Gutiérrez (2013) y Moreira et al. (2001), los animales obtuvieron una disminución en el consumo de MS de 39.5 y 90 %, respectivamente, por unidad de peso metabólico y vivo del pasto heno de BG comparado con BC1. El consumo del material vegetal no se produce de la misma forma ni con la misma intensidad en todos los tipos de plantas. El consumo voluntario en pastoreo es afectado por muchos factores, entre los que destacan el llenado físico del retículo-rumen (Allen, 1996; Mertens, 1994) y retroalimentación metabólica (Illius y Jessop, 1996; Mertens, 1994). Diversas características de la pared celular como su composición, estructura y gravedad especie, afectan la tasa de pasaje y el volumen ocupado en el tracto gastrointestinal, pudiendo ejercer un efecto de llenado que afecta el consumo y la selectividad (Lascano, 2000).

Los forrajes con baja digestibilidad, como el pasto de Bermuda, limitan el consumo voluntario debido a su lento tránsito por el rumen y su paso por el tracto digestivo (Leng, 1990; Allen, 1996). El contenido de FDN también puede afectar el consumo porque tiene una relación directa con el efecto de llenado del rumen (Barahona y Sánchez, 2005; NRC, 2001). Por ejemplo, Álvarez et al. (2008) encontraron mayor consumo de MS bajo condiciones estrés por calor (verano) por unidad de peso metabólico y vivo para los pastos como Sudan y Kikuyo que el pasto BC1 y BG.

#### 2.7.1. Influencia de los hábitos de crecimiento y de la disponibilidad del forraje sobre el consumo

Un área de consumo se limita en razón de los cambios en las tasas de los procesos ecológicos relacionados directamente con el comportamiento de consumo (Searle y Shipley, 2008; Bailey y Welling, 1999). En un sistema de pastoreo rotativo, al medir la disponibilidad y el residuo, se puede hacer una predicción del consumo aparente ( $\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$  o  $\text{kg MS día}^{-1}\cdot\text{animal}^{-1}$ ), por lo tanto, se puede asignar un consumo de forraje a una cantidad exacta de animales en pastoreo. Teniendo la predicción de la disponibilidad de MS y calculando la capacidad de consumo por animal en pastoreo (3% PV), se puede asignar la superficie por animal. De acuerdo a la teoría de consumo óptimo de forrajes (Stephens y Krebs, 1986; Stephens et al., 2007), los animales toman cuatro decisiones importantes que son interdependientes: 1) qué tipo de área visitar, 2) cuánto tiempo permanecer en esa área, 3) qué tipo de forrajes consumir en esa área y 4) qué zona de consumo emplear dentro del área. Los animales preferirán seleccionar, primeramente, los forrajes de mayor valor nutricional y dependiendo de la oferta de los mismos comenzarán a consumir otros alimentos de menor valor en el orden de valor nutritivo. Lascano (2000) y Lundberga y Aströma (1990) demostraron que los bovinos prefieren pastorear los rebrotes de las plantas de mayor valor antes de incluir otras de menor valor nutricional. Sin embargo, puede haber factores como la palatabilidad de los alimentos que pueden hacer que el animal seleccione primero los alimentos que mejor sabor tengan para ellos (Hussain y Jan, 2009). En un estudio realizado por (Sporndly, 1996), se encontró que el consumo de forraje resultó en un consumo de materia orgánica (MO) de  $9.0 \text{ Kg}\cdot\text{d}^{-1}$ , con

un rango de altura del pasto de 9-12 cm, incrementándose 0.8 Kg de MO por cada cm de crecimiento en prepastoreo, hasta llegar a una altura de 18-21 cm del pasto.

## 2.8. Ganancia diaria de peso

La ganancia diaria de peso (GDP) es un carácter de gran importancia económica porque constituye una medida de eficiencia económica para los sistemas de cría y así evaluar el potencial genético de un animal y la habilidad materna de la madre (Plasse, 1995). La GDP de los animales en pastoreo se afecta negativamente por la calidad de la dieta y la época del año, especialmente en la temporada de sequía, cuando generalmente presentan problemas de baja calidad del forraje que provoca desnutrición de los animales, que aún bajo condiciones de buen manejo de los potreros, la GDP disminuye hasta en 50%. Esta disminución está asociada a una marcada reducción del contenido de proteína y energía del forraje durante periodo de secas (Ávila et al., 2009). Una menor GDP (con alta carga animal) se debe en parte a una disminución en la asignación y disponibilidad del forraje (Mott, 1960; Roth et al., 1990; Hardy et al., 1997). En general, la GDP disminuye con el aumento de la carga animal y simultáneamente se da una reducción del forraje disponible (Roth et al., 1990). En promedio, la carga animal necesaria para crear un nivel gradual de masa forrajera oscila de 2.1 hasta 5.3 UA\*ha<sup>-1</sup> para el pasto tropical Bermuda común, y de 2.3 hasta 7.9 UA\*ha<sup>-1</sup> para pastos de cimas templados. Hernández-Garay et al. (2004) reportan que la carga animal excesiva en la pradera provoca que los animales tengan menor oportunidad de seleccionar forrajes de buena calidad, y un consumo inadecuado de forraje. Lizárraga et al. (1986) indicaron que después de un año de establecimiento, los animales pastorearon por un período de 126 d y notaron que la GDP promedio fue mayor en Bermuda Cruza 2 que Santo Domingo y Cruza 1 (1.5 y 37.5%, respectivamente). Por otro lado, Dairy One (2013) reportó que animales que pastorearon BG tuvieron mayor GDP (31.9 %) comparado a lo encontrado por Bodine et al. (2001) en BC1, mientras que Gutiérrez (2013) encontró mayor GDP (11.3 y 47%, respectivamente) en animales que pastoreaban BC1 durante verano comparado a lo presentado por Dairy One (2013) en el pasto BG y Bodine et al. (2001) en BC1.

## 2.9. Respuesta fisiológica y hábitos del animal durante el pastoreo

Los hábitos de pastoreo de los animales son afectados principalmente por la condición del pasto, específicamente por la intensidad de pastoreo (ligero o intenso) y por la disponibilidad del forraje. Los límites para los animales en pastoreo son establecidos por las características del forraje ofertado y por la cantidad de masa foliar presente en cada pastoreo (Burns, 1994). El comportamiento de los bovinos en pastoreo tiene relación estrecha con los factores bióticos de las pasturas, la disponibilidad del forraje, la calidad nutricional y la cobertura herbácea existente y, por otra parte, los factores abióticos, tales como las condiciones climáticas y las características topográficas (Gibb y Orr, 1997). A su vez, Bavera (2004) plantea que los principales factores climáticos que afectan el comportamiento animal son temperatura del aire, radiación solar, humedad relativa, precipitaciones y velocidad del viento. Las observaciones de conducta también son un tipo de ensayo que se utiliza para cuantificar las respuestas biológicas de los animales. En general, los rumiantes en pastoreo dedican un tercio del tiempo pastoreando, un tercio rumiando y un tercio descansando, aunque esto varía de acuerdo con la disponibilidad de forraje en el pastizal. El tiempo dedicado a pastorear aumenta a medida que la disponibilidad del forraje disminuye. El tiempo dedicado a rumiar se reduce a medida que la disponibilidad de forraje disminuye. El tiempo dedicado a caminar está influenciado por la disponibilidad del forraje, la ubicación del bebedero y del corral. El tiempo dedicado a descansar disminuye a medida que reduce la disponibilidad de forraje (Gutiérrez, 1991).

### 2.9.1. Influencia de factores climáticos sobre animales en pastoreo

#### 2.9.1.1. Temperatura ambiental

El desempeño productivo del ganado bovino de leche y carne es directamente afectado por los factores climáticos de su entorno productivo, particularmente la temperatura ambiental, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento, los que en su conjunto afectan el balance térmico (Arias, 2006). La temperatura ambiente es probablemente la variable más investigada y utilizada como indicador de estrés. Khalifa (2003) definió la temperatura ambiente efectiva de confort para el ganado como el estado constante de temperatura corporal que puede ser mantenida sin necesidad de ajustes fisiológicos o de conducta. Por esta razón, el promedio de la temperatura ambiente es

generalmente considerado como la principal medida térmica utilizada para estimar confort animal (NRC, 1981; Da Silva 2006). El consumo de alimento incrementa la producción de calor corporal en tres formas: a) por la acción dinámica específica, b) por el aumento en la tasa metabólica en función del nivel de alimentación, y c) por el incremento de la tasa metabólica en función de la masa corporal. Blanco (2009) precisa que, en ganado lechero, el nivel óptimo de temperatura ambiente para obtener los mejores resultados oscila entre 13 y 20°C. A temperaturas por debajo de 13°C, el animal sufre de estrés de frío; por el contrario, cuando la temperatura fluctúa entre 20 y 24°C inicia con la utilización de medios para disipar el calor corporal; y a temperaturas por encima de 25°C, el animal se encuentra en estrés por calor (Araujo, 2011). Además, se presenta una relación inversa entre consumo de agua (CDA) y consumo de materia seca (CMS) (NRC, 1981; Arias, 2006). La temperatura ambiental tiene efecto sobre el CDA y CMS, dependiendo de la época del año (Jeter, 2001; Arias, 2006; Loneragan et al., 2001). Un estudio realizado en ganado de engorda encontró que el aumento de la temperatura y el ITH reflejaron un incremento en CDA y disminución en CMS (Bicudo y Gates, 2002; Lippke, 2002; Berrio y Correa, 1992). Gaughan y Tait (2005) encontraron una disminución en CMS a través de todos los tratamientos que evaluaron para refrescar al ganado de carne bajo condiciones de estrés por calor. Por tanto, los cambios en desempeño productivo y en conducta de los animales se explican por el intercambio de calor y el balance energético del mismo, derivado de la relación entre su ingreso de energía a partir de los alimentos y la pérdida de energía por sus actividades, los que son fuertemente influenciados por la temperatura ambiental (Hahn et al., 2003; Khalifa, 2003).

#### 2.9.1.2. Humedad relativa

La humedad relativa (HR) es considerada como un factor de potencial estrés en el ganado, ya que acentúa las condiciones adversas de las altas temperaturas (Da Silva 2006). Los principales efectos de la HR se asocian a reducción de la efectividad en la disipación de calor por sudoración y respiración (Blackshaw y Blackshaw, 1994; Renaudeau, 2005). La tasa de evaporación depende de la gradiente de presión de vapor que existe entre el animal y el ambiente circundante, así como de la resistencia al movimiento en contra del gradiente. Meyer et al. (2004) reportan que la elevada

respiración y sudoración afectan negativamente los consumos de MS y agua (Meyer et al., 2004). Richards (1973) reportó que, a temperaturas superiores de 30 °C, la HR comienza a asumir un importante papel en los procesos evaporativos. En estas condiciones, el simple gradiente de presión de vapor no es suficiente para asegurar una adecuada evaporación. Berman (2006) señaló que, a partir de HR de 45%, la eficiencia de las vías respiratorias para eliminar calor se reduce, y con 55% se disminuye la eficacia del enfriamiento evaporativo. Según Da Silva (2006) y NRC (1981), alta HR reduce el potencial de disipación de calor, tanto de la piel como del aparato respiratorio, afectando a los animales especialmente en ambiente donde la disipación del calor por vías evaporativas es crucial para mantener la condición homeotermia.

#### 2.9.1.3. Índice Temperatura-Humedad (ITH)

Si la combinación de factores ambientales (temperatura y humedad) y de manejo adverso persiste por períodos prolongados, se genera un estado de respuestas fisiológicas y de conducta conocidas como estrés. El ITH ha llegado ser un estándar en las prácticas de manejo del ganado por las últimas cuatro décadas (Khalifa, 2003; Gaughan et al., 2007). Los valores de ITH ajustados en función de la velocidad del viento y de la radiación solar pueden utilizarse para estimar el efecto potencial de las variables ambientales en el desempeño productivo de los animales (Mader et al., 2005; Mader et al., 2006). St-Pierre et al. (2003) y Zimbelman et al. (2009) reportaron que para ganado Holstein, un ITH mayor a 72 unidades indica que los animales se encuentran bajo condiciones estrés calórico; mientras que para ganado de carne se reporta un ITH mayor a 75 unidades (St-Pierre et al., 2003; Brown-Brandl et al., 2005; Boonprong et al., 2008); por otro lado, para animales cruzados Holstein con Cebú, el ITH puede afectar hasta 79 unidades (De Azevedo et al., 2005). En Missouri (EUA), Hahn y Mader (1997) realizaron un estudio bajo condiciones de estrés por calor con ITH de 88 unidades, observando que este elevado índice causó mortalidad en la producción de carne (4,000 cabezas muertas). Por otro lado, en Nebraska (EUA), una onda de calor entre julio y agosto de 1997 causó la muerte de 100 bovinos en engorda con un ITH que osciló entre 53 y 87 (Hahn, 1999). Avendaño et al. (2001) encontraron que un promedio de ITH mayor a 80 causó una fuerte carga calórica en vaquillas para engorda en verano. Cisneros-Estrada (2015), en un

estudio realizado en novillos pastoreando BG durante el verano en el valle de Mexicali, reportó un promedio de 84.6, 81.0, 73.1 unidades de ITH en los meses de agosto, septiembre y octubre, respectivamente.

#### 2.9.1.4. Largo del fotoperiodo (Pastoreo diurno vs nocturno)

El fotoperiodo es un parámetro ambiental que se define como el número de horas luz que recibe un ser vivo durante un día (Lozano et al., 2001). El desempeño y conducta de los animales tiene una relación estrecha con la cantidad de horas de luz por día. La mayoría de las especies explotadas pueden recibir de 12 a 16 h luz por día, ya sea de manera natural o artificial (Kennedy et al., 2009). La variación del fotoperiodo a través del año no afectaría mayormente el tiempo que los animales dedican al pastoreo (Kennedy et al., 2009; Pérez-Ramírez et al., 2009). En general, el pastoreo nocturno aumenta en la medida que disminuye el fotoperiodo. Aello y Gómez (1982) indican que durante las horas de luz se dan dos periodos importantes de pastoreo, uno de ellos ocurre al amanecer después de la salida del sol y el otro al atardecer en las últimas cuatro horas de luz. El tiempo total de pastoreo oscila entre 9 y 10 h (540 y 600 minutos) por día en las distintas estaciones del año, con variaciones entre tiempo de pastoreo diurno y nocturno, según la época del año. Estos dos períodos bien definidos dependen de algunos factores como estación del año, estructura de la pastura y temperatura, entre otros (Rovira, 1996). Castle et al. (1975) y Van Soest (1996) mencionan que los animales detienen sus actividades de 63 a 135 minutos después de la puesta del sol, y esta condición se mantiene para las distintas épocas del año. Existe una estrecha relación entre el momento de la puesta del sol y el período en el cual los animales finalizan su pastoreo. Rovira (1996) sostiene que la rumia se realiza principalmente en horas de la noche y la mayor intensidad se alcanza después del anochecer. Estimular el consumo de alimento durante las horas más frescas del día es una alternativa eficaz para los bovinos de carne durante verano (Mader et al., 2002). Sarko et al. (1994) y Ray (1995) indican que el fotoperiodo influye en la productividad del ganado bovino para carne, ya que iluminando 2 h al comedero durante la noche aumentó 19% la ganancia diaria de peso y redujo 13% los requerimientos nutritivos de vaquillas de carne en alimentación intensiva y bajo estrés calórico. En vaquillas expuestas a 16 h luz y 8 h de oscuridad, se incrementó la GDP de 11 a 17%

sobre las expuestas a fotoperiodo normal (9 a 12 h luz) o sólo a 8 h luz y 16 h de oscuridad (Peters et al., 1980; Avendaño et al., 2011). Por otro lado, Lozano et al. (2001) indican que este proceso parece tener menos efecto sobre los parámetros de consumo, ganancia de peso corporal y el tiempo total que el animal dedica a rumiar. En general, el pastoreo nocturno aumenta en la medida que disminuye el fotoperiodo.

### 2.9.2. Principales variables fisiológicas

El calor corporal total procede de tres fuentes básicas que son el metabolismo normal, el medio ambiente y la actividad física y productiva. Los parámetros fisiológicos como frecuencia respiratoria, frecuencia cardiaca, temperatura corporal y temperatura de la piel dan una respuesta inmediata a la tensión climática y, en consecuencia, al nivel de confort o desconfort para el animal (Bianca, 1965). Los principales cambios metabólicos y fisiológicos ante situaciones de estrés calórico están representados por aumento de la temperatura corporal y frecuencia respiratoria; también se presenta sudoración, vasodilatación y alteración en el estatus ácido-básico en el animal (West, 2003; Arias et al., 2008; Nardone et al., 2010). Estos cambios caracterizan la respuesta ante situaciones de estrés, sin embargo, pueden presentar efectos negativos en la capacidad productiva y el estatus fisiológico del animal (West, 2003). La excesiva carga de calor impuesta sobre el organismo por la temperatura ambiente se expresa comúnmente con un aumento de la temperatura corporal (Berman et al., 1985). En bovinos en condición de EC, el motivo primordial de incrementar la FR es la pérdida de calor por vías respiratorias (Arias et al., 2008), siendo ésta solo responsable del 15% de las pérdidas totales de calor (Finch, 1986; Maia et al., 2005), mientras que el resto corresponde a otros mecanismos como conducción, convección y radiación (Maia et al., 2005). La FR normal es de ~ 60 respiraciones por minuto (rpm) en condiciones termoneutrales y de 80 a 120 rpm en condiciones de EC moderadas; por encima de 120 rpm se estima que existe una excesiva carga de calor (Mount, 1979; Hahn et al., 1997; Mader et al., 2006). La FR en vacas lecheras estresadas por calor puede incrementarse hasta 75% más de lo normal (20 rpm; Mount, 1979). Se ha observado un incremento del 6% en FR a partir de 64 unidades de ITH (Marko et al., 2011). De hecho, se sugiere que, por cada unidad de respiración por arriba de 45 rpm, disminuye la cantidad de leche producida en 0.3 L (Marko et al., 2011).

Algunos autores han indicado que el incremento en FR (50-60 rpm) puede iniciar a partir de 25 °C (Berman et al., 1985). Sin embargo, en condiciones extremas, esto no resulta suficiente para lograr refrescar al animal, por lo que la respiración vuelve a ser un poco más lenta pero más profunda (McGovern y Bruce, 2000). Gwazdauskas (1985) indicó que ganado bovino expuesto a temperatura ambiente de 41.1 °C y HR de 78% mostró una tasa respiratoria de 102 rpm. Wise et al. (1988) reportaron en vacas Holstein 126.4 rpm con ITH de 86.2 unidades. Avendaño-Reyes et al. (2010) informaron que vacas lactantes alcanzaron una tasa respiratoria de 112 rpm con un ITH de 85 unidades. Beretta et al. (2007), al evaluar en novillos la suplementación y el manejo del pastoreo cuando éste fue continuo en la estación verano-otoño, observaron una mayor FR por las tardes (69 rpm), lo que coincide con lo reportado por Cisneros-Estrada (2015) en un estudio realizado en novillos pastoreando pasto BG durante el verano en el valle de Mexicali (FR de 55 vs 53 en la mañana y tarde, respectivamente). Sin embargo, cuando se incrementa la FR también se incrementa el uso de energía, contribuyendo a aumentar la producción de calor metabólico y, por consecuencia, la carga de calor corporal (Cain et al., 2006). Cuando el ganado es expuesto a condiciones ambientales cálidas, la respuesta inicial es la vasodilatación, lo que aumenta el flujo sanguíneo a la superficie de la piel y a las extremidades, seguido de la producción de sudor de las glándulas sudoríparas (Willmer et al., 2004; Maia et al., 2005). El aumento resultante en la temperatura de la piel y la extensión de la temperatura del centro hacia debajo de las extremidades aumenta el gradiente de temperatura entre la piel y el medio ambiente, lo que provoca mayor pérdida de calor por radiación y convección (Cunningham, 2002; Marai et al., 2007, 2010). Si la temperatura de la piel se aproxima a la temperatura interna, la resistencia a la eliminación de calor debe disminuir o el calor se acumulará y aumentará la temperatura corporal (Finch, 1986). Se conoce que las neuronas sensibles se encuentran en el área pre-óptica del hipotálamo, la piel y las vísceras. La información de estas neuronas sensibles al calor central y periférico están integradas en el hipotálamo para regular la vasodilatación y aumento del flujo sanguíneo de la piel. La información de los receptores centrales de temperatura predomina sobre la piel y los receptores viscerales, por lo que un aumento de la temperatura central de sólo 0.5 °C provoca un aumento de siete veces en el flujo sanguíneo de la piel (Cunningham, 2002).

La temperatura superficial de la piel, aunque depende del color de la misma, puede ser un buen indicador del EC (Maia et al., 2005; Martello et al., 2010; Da Silva et al., 2012). La medición de la temperatura en diferentes sitios anatómicos del cuerpo en el animal puede ser utilizada como un indicador de estrés térmico en vacas lecheras lactantes (Martello et al., 2010). Al respecto, estudios recientes señalan que las regiones superficiales muestran temperatura variable, dependiente de las influencias del entorno externo (Maia et al., 2005; Ferreira et al., 2006). Adicionalmente, se ha sugerido que animales más eficientes tienen menor temperatura de la superficie corporal que los animales menos eficientes (Da Silva et al., 2011; Lima et al., 2013). Maia et al. (2005) observaron que a temperaturas entre 10 y 20 °C, la evaporación de la piel representa de 20 a 30% del calor total disipado por el cuerpo del ganado. Cuando la temperatura supera 30°C, la evaporación de la piel alcanzó el 85% del total de las pérdidas por evaporación (Da Silva et al., 2011). Asimismo, Pollard et al. (2005) indicaron que el ganado lechero es capaz de mantener la temperatura corporal interna hasta una temperatura superficial de la piel superior a 35°C y la temperatura del aire 30 °C (Allen, 1962). Por encima de esta temperatura superficial de la piel, las vacas comienzan a almacenar calor, a elevar su temperatura rectal, aumentan las pérdidas cutáneas de calor y la variación por evaporación (de la temperatura corporal) entre las vacas es mucho mayor que por debajo de 35°C. Las horas de mayor radiación solar (12:00 a 14:00 h) limitaron la actividad de pastoreo en septiembre y octubre, combinado con la hora en que el ganado de carne alcanza la máxima temperatura corporal durante verano (Mader y Kreikemeier, 2006). Si un animal no consigue suficiente enfriamiento durante las horas de la noche, su temperatura corporal no volvería a los niveles normales que resultan en un pico más alto al día siguiente (Brown-Brandl et al., 2005).

Cuadro 4. Grado de estrés calórico en ganado bovino en base al ITH y a la FR.

Estado	ITH	FR	Autor
Normal	≤ 74	<90	Nienaber y Hahn, 2007
Alerta	75 – 78	90-110	
Peligro	79 – 83	110-130	
Emergencia	≥ 84	>130	

ITH: índice temperatura-humedad, FR: frecuencia respiratoria.

### 2.9.3. Influencia del factor climático en la respuesta fisiológica

Arias et al. (2008) indican que 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. 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, 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). Leño (2008) reporta que las posibilidades de golpe de calor se presentan cuando la temperatura se mantiene por encima de los 30°C con HR superior a 70% por un periodo prolongado. Las vías del flujo de calor (conducción, convección y radiación) son conocidas como transferencias sensibles, ya que establezcan su operación en la gradiente térmica, aunque la cuarta (evaporación) opera a través de una gradiente de presión de vapor y se le denomina pérdida insensible de calor o pérdida latente (Collier et al., 2006). La cantidad de calor radiante absorbida por un animal depende no sólo de la temperatura del animal, sino también de su color y textura. Kadzere et al. (2002) indican que las superficies oscuras irradian y absorben más calor que superficies claras a una misma condición ambiental. Al saber el balance térmico de los animales, se permite establecer potenciales riesgos de estrés, así como también decidir medidas de mitigación. El estrés calórico ocasiona reducciones severas en el consumo voluntario, ganancia diaria de peso y producción láctea, así como aumentos en frecuencia respiratoria y cardiaca, temperatura rectal y corporal; Por otro lado, causa alteraciones de la función reproductiva y desbalance en la secreción de hormonas tiroideas y suprarrenales (Lough et al., 1990).

### 2.9.4. Conducta alimenticia en pastoreo

Conducta de pastoreo es un proceso que puede ser definido como un conjunto de acciones que definen un resultado en el consumo de forraje (Gregorini et al., 2008) que realizan los animales en la obtención de nutrientes para su mantenimiento y productividad. Estos son principalmente en rumiantes: tiempos de pastoreo, rumia, descanso, caminata y beber agua, entre otros. Se ha reportado que la conducta alimenticia es afectada por

factores propios del animal, el medio ambiente, la cantidad y calidad del alimento (Gonzales y Porras, 2005). Por otra parte, animales consumidores de gramíneas, como bovinos, se alimentan en tres periodos principales, iniciando el primero al amanecer, seguido del atardecer (1700 y 2000 h) y el último en la media noche (Gregorini et al., 2006b). No obstante, éste último representa un pequeño porcentaje del consumo diario de forraje, ya que, en promedio, casi 85% del tiempo total destinado por los animales a pastorear ocurre durante el día, y sólo 15% en la noche (Bravo, 2010). Algunas investigaciones indican que 65 a 100% del tiempo de pastoreo diario en el ganado ovino y bovino se produce entre 06:00 y 19:00 h en un amplio intervalo de temperaturas ambientales, manejo del pastoreo y tipos de forraje (Krysl y Hess, 1993). Es importante conocer, ante distintas condiciones ambientales, esta conducta es modificada, básicamente en periodos de temperaturas extremas cuando es conocido que el consumo de los animales disminuye por efecto del estrés calórico (Lough et al., 1990). Para evitar los efectos del exceso de calor los animales modifican su comportamiento habitual. Brown-Brandl et al. (2006b) reportaron que bajo condiciones de estrés por calor los animales disminuyeron el tiempo dedicado a consumir alimento y a permanecer echados, así como también reportaron una reducción en la agresividad del ganado. Por otra parte, aumenta el tiempo dedicado a beber agua y el que permanecen parado cerca de los bebederos. También es posible observar cambios en la distribución del ganado dentro de los corrales, permaneciendo más tiempo en aquellos lugares con mejor ventilación. Durante el invierno es posible observar la agrupación de los animales, así como también cambios posturales para tratar de reducir la exposición de la superficie corporal y con ello la pérdida de calor (Young, 1985).

#### 2.9.5. Uso de sensores móviles para medición de hábitos.

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 áreas por el ganado, únicamente entre ellos o en combinación con animales silvestres (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 descanso y movimiento. Los dispositivos disponibles en el mercado están configurados para registrar 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).

## 2.10. Influencia del manejo de la pradera en los hábitos durante el pastoreo

### 2.10.1. Disponibilidad de forraje

Según Cuestas (2005), el manejo adecuado del pastoreo debe considerar sistemas de utilización de las praderas que favorezcan la cosecha eficiente del forraje en estado óptimo de crecimiento para maximizar la producción por animal y por unidad de área, ocasionando el menor daño posible a los otros componentes del sistema, el pasto y el suelo. Para que las pasturas realmente hagan aportes significativos a la economía de la finca, el productor debe conocer el estado fisiológico de mayor producción y mejor calidad en que debe cosecharlas, así como sus bondades y limitaciones para satisfacer las necesidades nutricionales de los animales (Sánchez, 2007). Un deficiente manejo del pastoreo ocasiona la inadecuada utilización del forraje, que eventualmente puede conducir a la degradación de la pradera, por lo que es importante tener en cuenta los posibles efectos del pastoreo en el pasto y en el suelo. La determinación de la edad o del estado fisiológico al que se deben pastorear o cosechar los forrajes es crítica para obtener el mejor aprovechamiento posible de los mismos. Ese mejor aprovechamiento se logra cuando se obtiene el mejor balance entre la producción de MS y calidad de la misma; es decir, cuando se obtiene la mayor producción de MS digestible (o energía digestible) por unidad de superficie por año (Sánchez, 2007). En relación con el animal, el pastoreo rotacional permite obtener un mejor balance temporal de los requerimientos nutricionales del animal. Cuando hay 15% o menos de leguminosas en la pradera, los períodos de ocupación y descanso deben ser cortos (7, 14 y 21 d), y cuando es igual o superior al 50%, los períodos de ocupación y descanso deben ser mayores de 28 d. Con periodos cortos de ocupación, la calidad nutritiva y palatabilidad de las gramíneas es mejor, con lo que su consumo incrementa, dado con ello oportunidad a la leguminosa para su recuperación. En

tanto que, con periodos de descanso largos, el contenido de PC y digestibilidad de la gramínea disminuyen reduciendo su consumo, en cuyo caso, los animales consumen más leguminosa para balancear la dieta (Cuestas, 2005).

#### 2.10.2. Uso de sombras y bebederos

El uso de sombra es una de las medidas de mitigación que mayor atención ha recibido, ya que ayuda a reducir el impacto de la radiación directa e indirecta, y así a reducir la carga de calor que los animales reciben. Como consecuencia, la productividad tanto en ganado de leche como de carne aumenta en comparación con animales sin sombra. Collier et al. (2006) indican que la reducción en la carga de calor con una sombra bien diseñada fluctúa entre 30 y 50%. No obstante, la sombra no tiene efecto sobre la temperatura del aire ni humedad relativa, por lo que no elimina completamente el problema de EC (West 2003; Collier et al., 2006). Collier et al. (2006) señalan que la disponibilidad de sombra resulta esencial para reducir las pérdidas en producción de leche y eficiencia reproductiva. Sin embargo, no todos los informes indican respuestas positivas al uso de sombra, existiendo muchos resultados inconsistentes. El uso de sombras en algunas regiones de Estados Unidos ha logrado reducir la carga total de calor recibida por los animales (Brown-Brandl et al., 2004). La estructura que provee sombra debe considerar una superficie de 1.85 a 3.70 m<sup>2</sup> por animal y estar ubicada a una altura de entre 2.5 y 4.0 m. Se pueden utilizar varios materiales que sean de color preferentemente blancos. Por otro lado, la mala distribución de bebederos dentro de potreros, sumado con deficientes prácticas de pastoreo a las que se someten los bovinos, emergen como causas principales de bajos niveles de aprovechamiento del forraje disponible y del deterioro precoz de pasturas del trópico (Miranda et al., 2010). Demasiados bebederos y muy cercanos pueden ocasionar una concentración excesiva de ganado en un área muy pequeña. Bebederos muy separados afectan la productividad por animal, ya que al caminar grandes distancias hay un gasto excesivo de energía, y el tiempo que gastan lo podrían utilizar en pastorear o descansar (Aizpuru, 1979). Huss y Aguirre (1974) reportaron que la producción disminuirá si el animal tiene que caminar distancias mayores a 2.3 km de retirado del agua en terrenos más o menos planos para terrenos con pendientes 1.0 km, y para terrenos ondulados 1.5 km.

De acuerdo con NRC (1981), el consumo de agua de vacas lecheras en pastoreo es controlado por la disponibilidad de agua, aumentando el consumo de agua cuando está disponible en campo durante  $21.2 \text{ h}\cdot\text{d}^{-1}$  comparado con agua ofrecida en la sala durante  $2.8 \text{ h}\cdot\text{d}^{-1}$ . Confirmada la disponibilidad de agua y la demanda total e instantánea, se hace necesario establecer el diseño que permita la adecuada distribución en el predio. Los bebederos deberían estar situados de manera que las vacas no tuvieran que caminar distancias demasiado extensas (máximo 200 m). El consumo de agua es una de las formas más rápidas y eficientes por las que el animal reduce su temperatura corporal. Durante el verano ésta es prácticamente duplicada respecto al consumo de invierno. El consumo de agua en el verano alcanza  $32.4 \text{ L}\cdot\text{d}^{-1}$ , mientras que en el invierno es de  $17.3 \text{ L}\cdot\text{d}^{-1}$  (Arias, 2006). El agua posee propiedades químicas y físicas particularmente importantes para el proceso de mantenimiento de temperatura corporal. Su calor específico es considerablemente mayor al de cualquier otro líquido o sólido. Además, su alto calor de vaporización permite al animal transferir una importante cantidad de calor al ambiente con pequeños volúmenes a través del sudor y orina. La mala distribución de los bebederos dentro de los potreros, sumado con deficientes prácticas de pastoreo, emergen como causas principales de bajos niveles de aprovechamiento del forraje disponible y del deterioro precoz en las pasturas del trópico (Miranda et al., 2010).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización de la zona de estudio

El estudio se realizó en la Unidad Experimental Bovinos de Carne del ICA-UABC, ubicada en el Ejido Nuevo León, Valle de Mexicali, Baja California, México (32° 24' 16" N, 115° 11' 87" O). El sitio experimental tiene una altitud de 12 m (INEGI, 2010) y temperatura y precipitación media anual de 22°C y 75.9 mm, respectivamente. El clima es desértico, con enero como el mes más frío, con temperatura media de 13°C y mínima promedio de -1.66°C, y Julio el más caliente con una temperatura máxima, mínima y promedio de 45, 20 y 33°C respectivamente (SIMAR, 2011). Se utilizaron dos parcelas, una de Bermuda Cruza 1 (*Cynodon dactylon L.*) y otra de Bermuda Gigante (*Cynodon dactylon (L.) Pers.*).

#### 3.2. Tratamientos y unidades experimentales

Los tratamientos se consideraron las combinaciones de dos variedades de pasto Bermuda, Cruza 1 y Gigante (BC1 y BG, respectivamente) que fueron evaluados durante dos periodos de 75 d de pastoreo (BC1 – periodo1, BC1 – periodo 2, BG – periodo 1 y BG – periodo 2). A cada variedad de pasto Bermuda se asignó un grupo de 12 animales (PV 200 ± 5 Kg; 10 animales intactos y 2 con cánulas en rumen). El experimento se inició el 12 de junio y finalizó el 29 de octubre. Dentro de cada periodo de 75 d se realizaron tres muestreos con 25 d de distancia. Debido a la estimación individual de las variables de respuesta (ganancia de peso, consumo de alimento, calidad del forraje disponible y seleccionado, digestibilidad *in vitro* y fisiología y conducta de los animales), cada animal fue considerado como una unidad experimental. Previo al inicio del estudio, éstos fueron vitaminados y desparasitados. Dos semanas antes del experimento se inició la adaptación de los novillos a la rutina de manejo en la pradera, que fue pastoreo y rotacional, con 30 d de descanso contados a partir de la fecha de riego. Durante el día y la noche, los animales regresaban con libertad a un área común de bebederos. Al inicio del experimento y cada 25 d se registró el peso individual, para lo cual se confinaban a las 06:00 h; todo el procedimiento de pesaje se realizó en aproximadamente 45 minutos.

### 3.3. Manejo de las muestras de forraje

Se utilizaron dos parcelas de aproximadamente 1.5 ha, una de BC1 y otra de BG, subdivididas por melgas y habilitadas con cerco eléctrico. La fertilización con N ( $70 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) se aplicó 3 d después de cada pastoreo, antes de iniciar el riego. Debido a las altas temperaturas del verano y en función de la humedad del suelo, fue frecuente aplicar un riego de auxilio aproximadamente a la mitad del periodo de descanso. En la víspera de ocupar cada melga, se estimó su disponibilidad de biomasa ( $\text{Kg MS} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), aplicando el método de doble muestreo (Gardner, 1967), del que se obtuvieron cinco muestras. Estas se colocaron en bolsas de papel y pesaron en una balanza digital. Finalmente fueron secadas a  $55 \text{ }^\circ\text{C}$  por 72 h en una estufa de aire forzado y molidas en un molino Willey® usando una malla de 2 mm. Las cinco muestras fueron entonces combinadas y tomada una alícuota de  $\sim 70 \text{ g}$  para finalmente conservarla en un envase de plástico, cerrado herméticamente, para su análisis bromatológico; éste incluyó las determinaciones estándar del valor nutricional en el NIRS, además de la digestibilidad *in vitro* y degradabilidad *in situ* de la MS y MO (Goering y Van soest, 1970; Orskov, 1980; Tilley y Terry, 1963).

### 3.4. Consumo y calidad del forraje seleccionado

El consumo voluntario durante el pastoreo de BG y BC1 se estimó cada 25 d en dos animales de cada grupo dosificando directamente al rumen  $30 \text{ g}$  de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , del día 14 al 25. Debido a la pérdida de un animal canulado y su sustitución por un intacto, como medida alterna para estimar consumo de MS, se utilizó también el método de Ceniza Acido Insoluble (CAI), como marcador interno. A partir del día 22, de cada animal dosificado se colectaron aproximadamente  $200 \text{ g}$  de heces, dos veces por día (07:00 y 19:00 h) vía palpación rectal. Las muestras se conservaron en bolsas de plástico previamente identificadas y se congelaron a  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Al finalizar cada periodo de recolección, las heces se descongelaron a temperatura ambiente, se homogenizaron y una alícuota de  $\sim 250 \text{ g}$  se extendió en una bandeja de papel aluminio que se introdujo en una estufa de aire forzado a  $55 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 72 h. Una vez secadas las muestras fueron molidas hasta un tamaño de partícula de  $\sim 1 \text{ mm}$  y conservada en un envase hermético de plástico para su posterior análisis. Simultáneamente con la colección de heces, se obtuvieron muestras de

forraje seleccionado en cada variedad con el objetivo de evaluar la calidad del pasto consumido. Para la colección de muestras de forraje se utilizaron dos novillos por tratamiento con el siguiente horario: día 1, 09:00 y 21:00 h; día 2, 13:00 y 01:00 h; día 3, 17:00 y 05:00 h. El procedimiento para tomar la alícuota de forraje consistió en identificar por observación visual el sitio más cercano y de similar estructura que el animal en el momento que pastoreaba; del lugar observado se cortó con tijeras de jardinería ~50 g de forraje a una altura similar a la que el animal había pastoreado. Las muestras se colocaron en bolsas de papel y pesaron en una balanza digital. Finalmente fueron secadas a 55 °C por 72 h en estufa de aire forzado y molidas en molino Willey® usando malla de 2 mm. Las muestras de los distintos días y horarios por animal y periodo fueron combinadas y tomada una alícuota de ~70 g, que fue conservada para su posterior análisis, en un envase de plástico con cierre hermético.

### 3.5. Análisis químico de las muestras

En las muestras de forraje seleccionado y mediante la técnica NIRS se realizaron las siguientes determinaciones: PC, CEN, EE, FDN, FDA y HCEL. La *DIVMS* y *DIVMO* de acuerdo al método establecido por Tilley y Terry (1963), y la *DISMS* mediante la técnica de Ørskov (1980) utilizando las muestras de forraje seleccionado. Se determinó la concentración de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en las muestras de (Fenton y Fenton, 1979) y la concentración de CIA de acuerdo a la técnica de Van Keulen y Young (1977).

### 3.6. Datos climáticos

Los datos de temperatura ambiental (TA) y humedad relativa (HR) se registraron diariamente por hora de la estación climatológica situada dentro de la pradera de BG y a 150 m de la pradera de BC1; con estos datos se calculó el ITH con la siguiente fórmula propuesta por Hahn (1999):

$$\text{ITH} = 0.81 \text{ Ta} + \text{HR} (\text{TA} - 14.4) + 46.4$$

Dónde:

ITH = Índice Temperatura-Humedad (Unidades),

TA = Temperatura ambiental (°C), y

HR = Humedad Relativa (%).

### 3.7. Variables fisiológicas

Para registrar las variables fisiológicas en los animales pastoreando cada variedad de Bermuda se utilizaron dos animales canulados en rumen y tres intactos. Todos los datos se colectaron a las 07:00, 13:00 y 19:00 h los miércoles y viernes durante los primeros 21 d de los 25 que consistió cada lapso de muestreo. Los días 22 al 25 en los mismos animales se realizaron otros muestreos restantes. Se registró la temperatura superficial de la piel (TSP) en distintas regiones anatómicas (morro, ojo, lomo, cabeza, anca, vientre y paleta), para lo cual se tomaron fotos a 1.5 m de distancia aproximadamente, con una cámara termográfica de rayos infrarrojos (Fluke® Ti100, Everett, WA, EUA); asimismo, la frecuencia respiratoria se estimó en número de respiraciones por minuto (rpm) mediante observación visual del vientre del animal durante un minuto, auxiliándose de un contador manual y un cronómetro.

### 3.8. Determinación de la conducta en pastoreo

#### 3.8.1. Variables colectadas por observación visual

Para la evaluación de la conducta en pastoreo se utilizó el método directo de observación visual (Patiño, et al., 2003; Gary et al., 1970). Los días 22 al 25 en cada muestreo, cuatro animales por tratamiento se monitorearon durante 15 min cada hora, de 09:00 a 17:00 h. Con esta información se calculó el porcentaje de tiempo dedicado diariamente en las siguientes actividades: tiempo total de rumia (RUMT), rumiando parado (RUMP), rumiando echado (RUME), tiempo total de descanso (DEST), descanso parado (DESP), descanso echado (DESE), pastoreando (PTDO) y solo caminando (CMDO). A efecto de analizar la información por horarios durante el día se definieron tres intervalos de tiempo: el primero de 09:00 a 11:00 h (AM), el segundo de 12:00 a 14:00 h (MD), y el tercero de 15:00 a 17:00 h (PM).

#### 3.8.2. Variables colectadas por sensor móvil (GPS)

Los últimos cuatro días de cada muestreo se estimaron, con GPS (Garmin *eTrex® H*, USA), las siguientes variables: trayecto total recorrido (TYT, km), tiempo total en movimiento (TM, min) y media de movimiento (MM, Km\*hora<sup>-1</sup>). Para esta prueba se seleccionaron aleatoriamente tres animales por tratamiento. Se colocaron collares

ajustados al perímetro del cuello fabricados con polipropileno de ¼" x 2" de grosor y ancho, respectivamente; de cada collar pendía un cartucho de PVC® de 3" x 6" de diámetro y largo, respectivamente; dentro de este dispositivo se introdujo el GPS ya programado. La dinámica consistió en traer a las corraletas individuales los 6 animales de la prueba para colocarles su collar con el GPS. Para el dispositivo se utilizaron pilas recargables (AA Cycle Energy Sony® min,1900 mAh, China) con duración de ~17 h, para registrar la totalidad del tiempo; las pilas fueron renovadas cada 12 h. En cada cambio de pilas se colocaron en hora cero todos los aparatos, se envolvieron con poliburbuja e introdujeron dentro del cartucho de PVC provisto con un tapón fijado por un tornillo y tuerca. Después los animales se devolvieron a la pradera y al día siguiente por la mañana se regresaban a las corraletas para remover los GPS y coleccionar la información; los aparatos se reiniciaban y se cambiaban las pilas para medir las siguientes 12 h.

### 3.9. Variables de respuesta y análisis estadístico

Para el análisis estadístico de las variables productivas (CMS y GDP), conductuales (RUMT, RUMP, RUME, DES,T DESP, DESE, CMDO y PTDO) y (TYT, TM, MM), digestivas (*DISMS*, *DIVMS* y *DIVMO*) y de calidad de la pastura (PC, CEN, EE, FDN, FDA, HCEL) se utilizó un arreglo factorial 2x2 bajo un diseño completamente al azar con mediciones repetidas en el tiempo, donde los factores en estudio fueron variedades de Bermuda (BC1 y BG) y periodos de pastoreo (meses JJA y SOO). Las variables de respuesta relacionadas con los cambios de peso en los animales se ajustaron por peso inicial como covariable. Las variables fisiológicas (FR y TSP) se analizaron con el mismo modelo, considerando adicionalmente los tres horarios de muestreo definidos por día. La *DISMS* se evaluó por hora de incubación (12, 24, 48 y 72 h) con el mismo modelo.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde

$Y_{ijk}$  = es la *k*-ésima respuesta medida en el *i*-ésima variedad de pasto Bermuda, *j*-ésimo periodo de pastoreo y la interacción de ambos.

$\mu$  = media general de la variable de respuesta

$\alpha_i$  = efecto de la *i*-ésima variedad de pasto Bermuda

$\beta_j$  = efecto del *j*-ésimo periodo de pastoreo

$(\alpha\beta)_{ij}$  = efecto de la interacción variedad de Bermuda x periodo de pastoreo

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental, con distribución normal, independiente y varianza 0.

Adicionalmente, se utilizó un modelo de regresión lineal se analizó la *DISMS* en función de las horas de incubación para cada variedad de Bermuda. Los datos fueron analizados con los procedimientos GLM y REG del programa estadístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC) versión 9.4. La diferencia entre medias se detectó mediante LSMEANS y el error fue de 5%.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4. 1. Valor nutricional

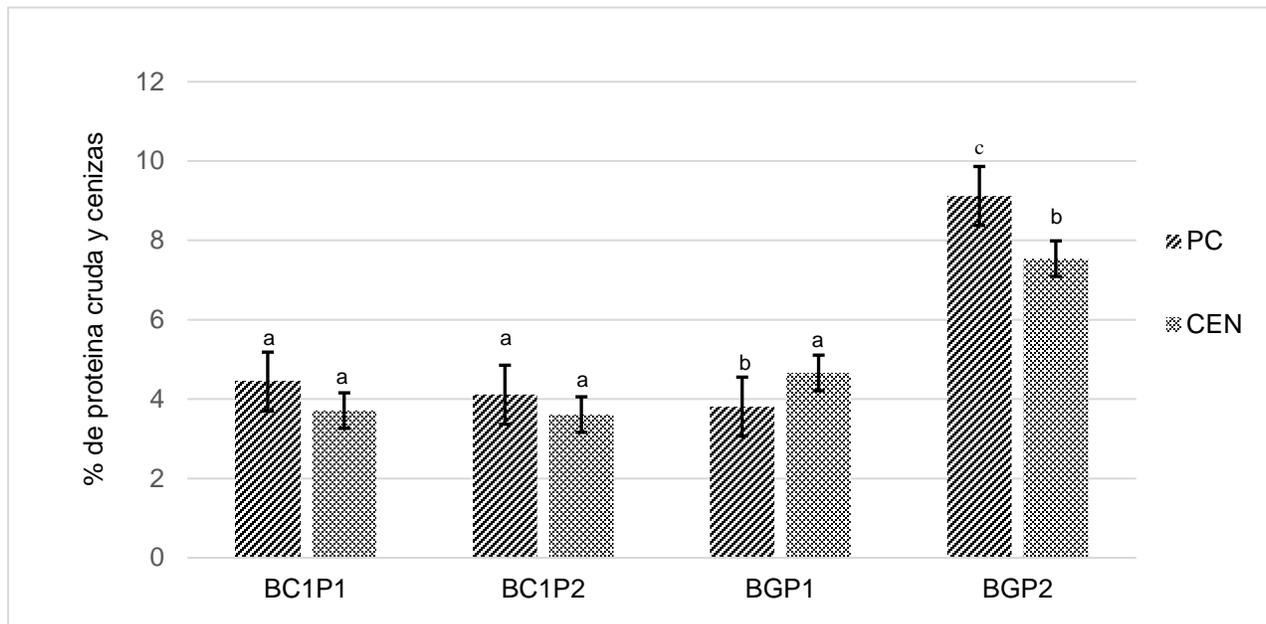
#### 4.1.1. Composición nutricional

En el Cuadro 5 se presentan los valores nutricionales de las variedades de Bermuda utilizadas en el presente estudio. Puede observarse que existieron diferencias ( $P < 0.05$ ) en la composición, aunque BG presentó mayor concentración que BC1 de PC ( $P < 0.01$ ; 34%); fue también mas elevado en su fracción fibrosa (FDN, FDA, HCEL) y CEN ( $P < 0.01$ ; 40, 18, 22 y 12%, respectivamente). BC1 sólo fue superior a BG en el contenido de EE ( $P < 0.01$ ; 25%). Todos los valores de la composición observados en las dos variedades estudiadas fueron menores que lo reportado por autores como Jones et al. (1988), Galloway et al. (1993), Wheeler et al. (2000) y Juárez-Reyes et al. (2009). En el mismo Cuadro 5 también se presentan las diferencias en la composición nutricional entre los periodos de pastoreo para las dos variedades de pasto Bermuda. Conforme avanzó la estación de pastoreo existió un aumento ( $P < 0.05$ ) en la concentración de PC, FDN, CEN, FDA y HCEL (P1 vs P; 38 ,6 ,25 ,8 y 5%, respectivamente); en el caso de EE no existieron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre los periodos de pastoreo. Gutiérrez (2013), en similares condiciones experimentales, reportaron también diferencias en la composición química para el pasto BC1 entre periodos subsecuentes (1 y 3). Solo existió interacción ( $P < 0.05$ ) entre las variedades de Bermuda y los periodos de pastoreo en los contenidos de PC y CEN (Figura 1). Mientras que en BC1 del P1 al P2 no varió el contenido de PC y CEN, en el BG se elevó en 139 y 62%, respectivamente.

#### 4.1.2. Digestibilidad *in vitro* de MS y MO

En el Cuadro 5 se observan los datos de *DIVMS* y *DIVMO* de las dos variedades de Bermuda (BC1 vs BG) producidos en el valle Mexicali y utilizadas en el presente estudio. No se observaron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre ellas en *DIVMS* y *DIVMO*; esto independientemente de las diferencias ya observadas en su composición nutricional. Los valores observados de *DIVMS* tanto de BC1 como de BG fueron menores a lo reportado por Cabanillas et al. (2017) en pastos BC1, Cruza-II y Santo Domingo.

Los periodos de pastoreo no influyeron ( $P>0.05$ ) sobre la *DIVMS* y *DIVMO* de ninguna de las variedades de Bermuda. En contraste, en el estudio realizado por Gutiérrez (2013) con pasto BC1, existió un incremento en *DIVMO* conforme se avanzó del primero al último periodo de pastoreo. No existió interacción ( $P>0.05$ ) entre variedades de Bermuda y periodos de pastoreo sobre la *DIVMS* y *DIVMO* de pasto Bermuda.



**Figura 1.** Interacción periodo y variedad sobre el contenido de PC y CEN de pasto Bermuda durante el verano en el valle de Mexicali. **BC1P<sub>1</sub>**: periodo 1 y Bermuda Cruza 1 (75 días), **BC1P<sub>2</sub>**: periodo 2 y Bermuda Cruza 1 (150 días), **BG P<sub>1</sub>**: periodo1 y Bermuda Gigante (75 días), **BG P<sub>2</sub>**: periodo 2 y Bermuda Gigante (150 días), <sup>a b c d</sup>Medias con diferentes literales son estadísticamente diferentes ( $P< 0.05$ ).

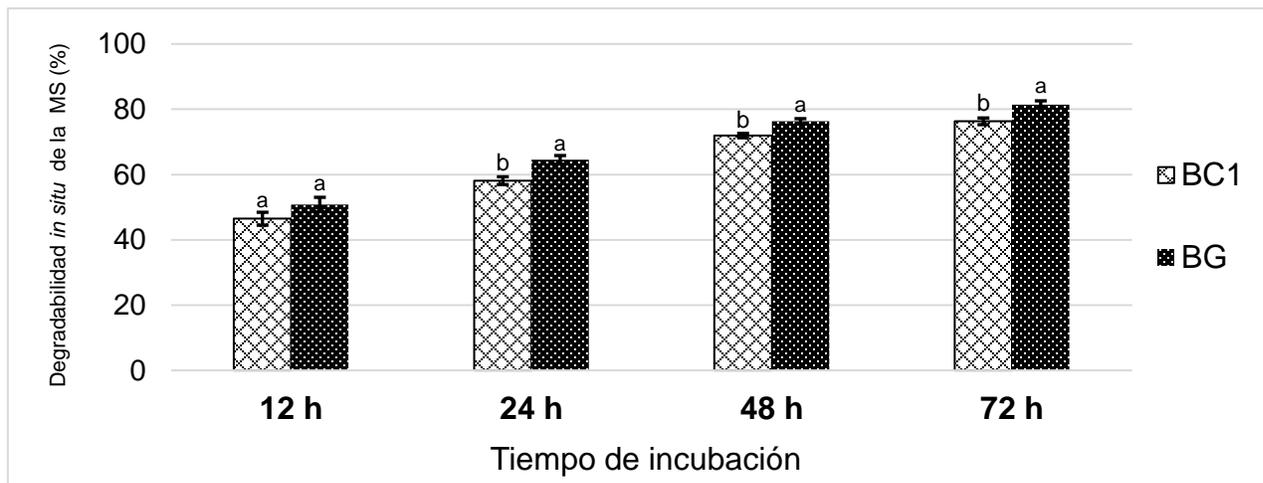
Cuadro 5. Valor nutritivo y digestibilidad *in vitro* de BC1 y BG en dos periodos de pastoreo.

Nutrientes <sup>s</sup> (%)	Variedades de Bermuda				Periodos de pastoreo				Interacción
	BC1	BG	EE	Valor-P	P1	P2	EE	Valor-P	VAR*PER
PC	4.28	6.46	0.53	0.0186	4.13	6.61	0.53	0.0101	<b>0.0053</b>
EE	2.22 <sup>a</sup>	1.77 <sup>b</sup>	0.09	<b>&lt;.0001</b>	2.00	2.00	0.09	0.9955	0.7795
CEN	3.66	6.10	0.32	0.0006	4.19	5.58	0.32	0.0144	<b>0.0104</b>
FDN	45.8 <sup>a</sup>	56.1 <sup>b</sup>	0.92	<b>&lt;.0001</b>	49.4 <sup>a</sup>	52.6 <sup>b</sup>	0.92	<b>0.0399</b>	0.0599
FDA	26.9 <sup>a</sup>	34.5 <sup>b</sup>	0.70	<b>&lt;.0001</b>	29.5 <sup>a</sup>	31.9 <sup>b</sup>	0.70	<b>0.0420</b>	0.0762
HCEL	19.0 <sup>a</sup>	21.6 <sup>b</sup>	0.22	<b>&lt;.0001</b>	19.8 <sup>a</sup>	20.8 <sup>b</sup>	0.22	<b>0.0152</b>	0.0608
<b>Digestibilidad <sup>Φ</sup> (%)</b>									
DIVMS	45.2	48.5	1.68	0.1962	44.4	49.3	1.68	0.0763	0.3852
DIVMO	51.8	54.4	1.59	0.2755	50.8	55.5	1.59	0.0680	0.4361

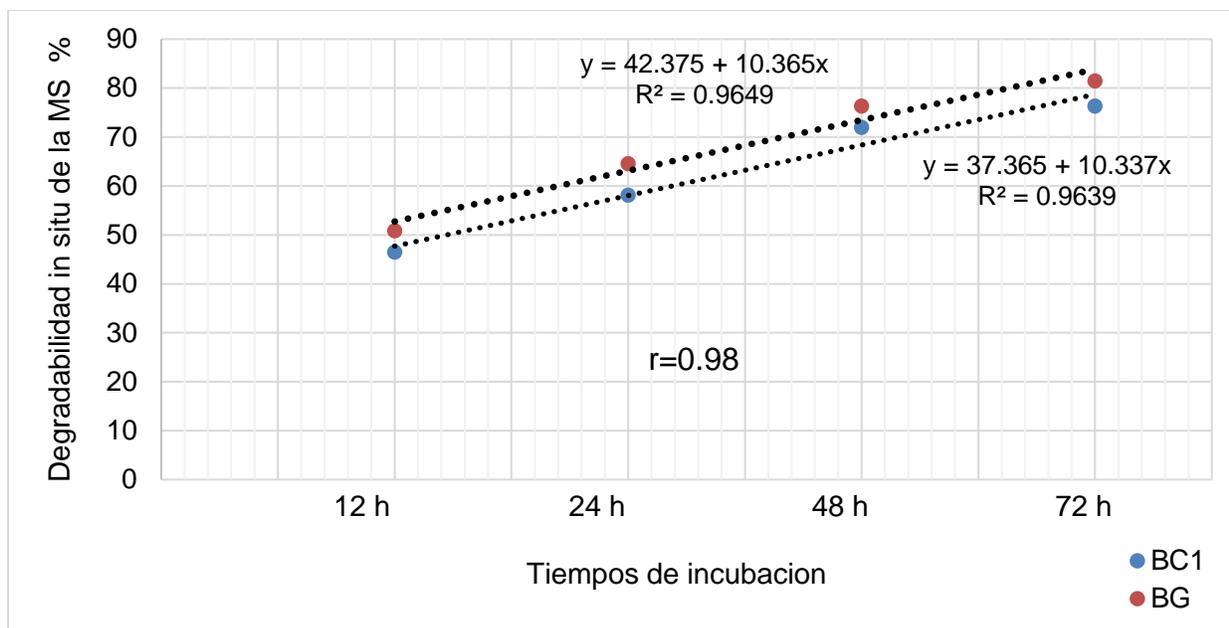
PC: Proteína cruda, EE: Estrato etéreo, Cen: Cenizas, FDN: Fibra detergente neutro, FDA: Fibra detergente ácido, Hcel: Hemicelulosa, *DIVMS* y *DIVMO*: Digestibilidad *in vitro* de materia seca y orgánica, BC1: Bermuda Cruza 1, BG: Bermuda Gigante, P<sub>1</sub>: Periodo 1, P<sub>2</sub>: Periodo 2.

#### 4.1.3. Degradabilidad *in situ* de la materia seca (*DISMS*)

Los valores de *DISMS* en diferentes tiempos de incubación en las dos variedades de pasto Bermuda se observan en la Figura 2. De manera general, la *DISMS* en pasto BG fue 7.9% o 5 unidades mayor ( $P < 0.05$ ) que en BC1 (68 y 63% respectivamente), particularmente en los tiempos de incubación de 24, 48 y 72 h BG; con solo 12 h de incubación no existieron diferencias ( $P > 0.05$ ) en *DISMS*. Es posible que esta diferencia tenga relación con el mayor contenido de PC y menor proporción FDN: PC en BG, comparado con BC1. Manzoor et al. (2015) reportó con 48 h de incubación 53% de *DISMS* en pasto BC1, mientras que en el presente estudio en ese mismo lapso la *DISMS* de BC1 y BG fue 72 y 76 %, respectivamente. Por otro lado, Bárcena-Gama et al. (2002) reportaron para el pasto BG una *DISMS* a las 72h de 76%, con similar tiempo de incubación en el presente estudio se alcanzó 81% de degradación. En las variedades de pasto Bermuda no existió ( $P > 0.05$ ) influencia de los periodos de muestreo sobre la *DISMS* observada en los diferentes tiempos de incubación, ni tampoco existió interacción ( $P > 0.05$ ) entre los periodos de pastoreo y variedades de Bermuda sobre *DISMS*. Como se presenta en la Figura 3, existe una fuerte relación lineal ( $r^2 = 0.96$ ) positiva de la *DISMS* con el tiempo de incubación en las dos variedades de pasto Bermuda.



**Figura 2.** Degradabilidad *in situ* de la materia seca (MS) de dos variedades de Bermuda en diferentes horas de incubación en el rumen. **BC1:** Bermuda cruz, **BG:** Bermuda Gigante. <sup>a b c d</sup> Medias con diferentes literales son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).



**Figura 3.** Análisis de regresión de degradabilidad *in situ* de MS de dos variedades de Bermuda en diferentes horas de incubación en rumen. **BC1**: Bermuda cruzada, **BG**: Bermuda Gigante. 12h: 12 horas de incubación, 24h: 24 horas de incubación, 48h: 48 horas de incubación, 72h: 72 horas de incubación.

## 4.2. Variables productivas

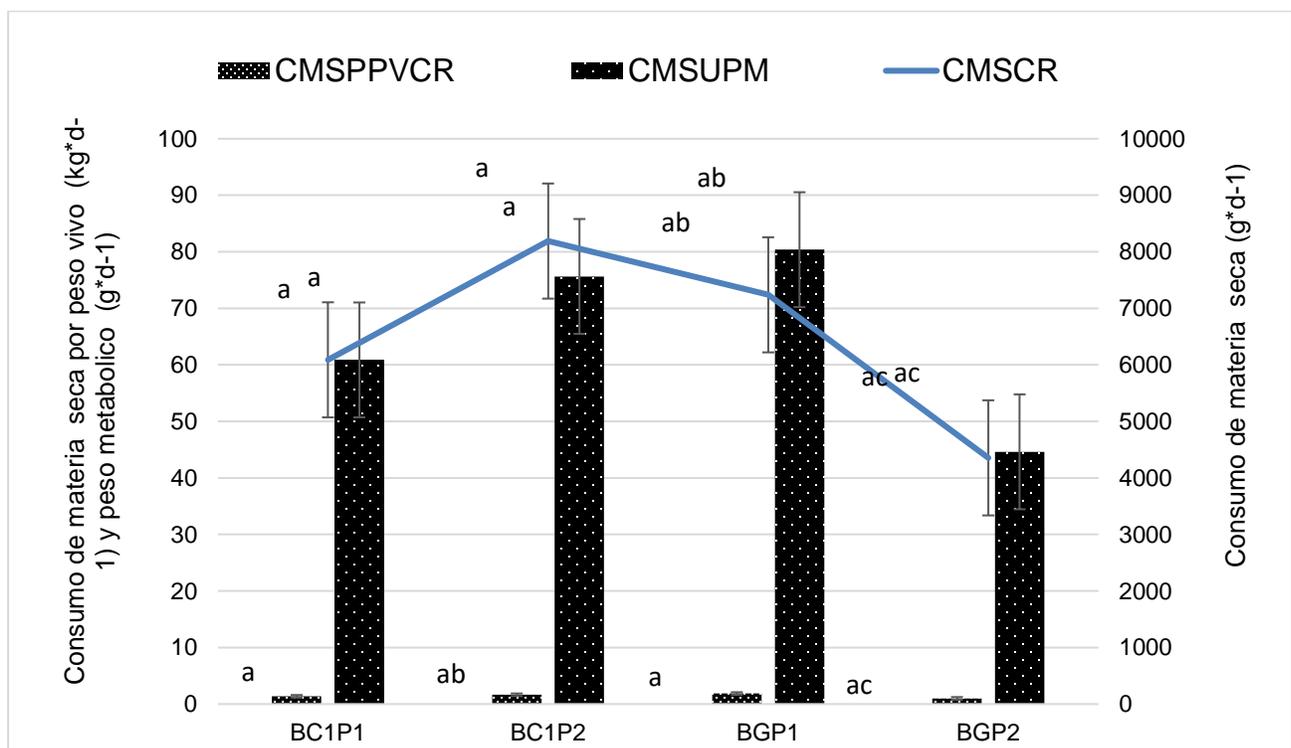
### 4.2.1. Consumo Total de Materia Seca (CTMS)

El CTMS por novillos en el pastoreo de dos variedades de pasto Bermuda, estimado por los métodos de dosificación de óxido de cromo y el de Ceniza Insoluble en Ácido (CIA) como marcadores de digesta y ganancia diaria de peso se presentan en el Cuadro 6. La interacción variedades y periodos de pastoreo no influyó ( $P > 0.05$ ) sobre CTMS, consumo total de proteína, por unidad de peso metabólico y peso vivo. La interacción variedades de Bermuda y periodos de pastoreo fue significativa ( $P < 0.05$ ) al utilizar el marcador externo de digesta ( $Cr_2O_3$ ) en CTMS, CMS por peso vivo y peso metabólico (figura 4).

### 4.2.2. Ganancia diaria de peso (GDP)

En el Cuadro 6 se observa la influencia de las variedades de pasto Bermuda y los periodos de pastoreo sobre GDP de novillos. Las variedades de Bermuda provocaron diferencias ( $P < 0.05$ ) sobre GDP, ya que animales que pastorearon BC1 obtuvieron 39%

mayor GDP que aquellos que consumieron BG (Cuadro 6); sin embargo, esta GDP fue 17% menor a lo reportado por Macías (1984) en un estudio realizado con BC1. No obstante, la GDP con BC1 y BG en el presente estudio fueron mayores de lo observado con otros pastos tropicales como Buffel común, Guinea y Buffel azul (Macias,1984). Entre los periodos de pastoreo existieron diferencias ( $P < 0.01$ ), particularmente en el P2 los animales tuvieron mayor GDP (82.9%). En contraste, un estudio realizado por Gutiérrez (2013) no observó diferencias ( $P > 0.05$ ) entre periodos de pastoreo (Cuadro 6). No hubo interacción entre las variedades Bermuda y los periodos de pastoreo sobre la GDP ( $P > 0.05$ ).



**Figura 4.** Interacción periodo y variedad sobre el consumo de materia seca total, por peso vivo y unidad de peso metabólico utilizando el marcador de digesta  $Cr_2O_3$  en novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali. **BC1P<sub>1</sub>**: periodo 1 y Bermuda Cruza 1 (75 días), **BC1P<sub>2</sub>**: periodo 2 y Bermuda Cruza 1 (150 días), **BGP<sub>1</sub>**: periodo1 y Bermuda Gigante (75 días), **BGP<sub>2</sub>**: periodo 2 y Bermuda Gigante (150 días), <sup>a</sup><sup>b</sup><sup>c</sup><sup>d</sup>Medias con diferentes literales son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Cuadro 6. Consumo de las variedades de pasto Bermuda por novillos en pastoreo utilizando cromo y ceniza insoluble en ácido como marcadores de digesta y GDP.

Nutrimentos	Variedades de Bermuda				Periodos de pastoreo			Interacción	
	BC1	BG	EE	Valor-P	P1	P2	EE	Valor-P	VAR*PER
CMSCR, g*d <sup>-1</sup>	7140	5798	720	0.2239	6664	6273	720	0.7107	<b>0.0400</b>
CMSCAI, kg*d <sup>-1</sup>	6.12	4.09	0.66	0.0627	5.48	4.74	0.70	0.4480	0.7960
CMSPPVCR, kg*d <sup>-1</sup>	1.51	1.44	0.16	0.7639	1.62	1.33	0.16	0.2473	<b>0.0369</b>
CMSUPMCR, g*d <sup>-1</sup>	68.3	62.5	7.18	0.5861	70.6	60.1	7.18	0.3315	<b>0.0378</b>
CMSPPVCAI, kg*d <sup>-1</sup>	1.31	1.01	0.14	0.1670	1.30	1.01	0.14	0.1842	0.7830
CMSUPMCAI, g*d <sup>-1</sup>	59.0	43.8	6.36	0.1289	57.2	45.6	6.36	0.2350	0.7800
PCITKCR, g*d <sup>-1</sup>	310	348	60.0	0.6705	287	371	60.0	0.3467	0.8013
PCITKCAI, kg*d <sup>-1</sup>	0.256	0.257	0.03	0.9767	0.22	0.29	0.03	0.2054	0.0613
GDP, kg*d <sup>-1</sup>	0.57 <sup>a</sup>	0.41 <sup>b</sup>	0.05	<b>0.0325</b>	0.35 <sup>a</sup>	0.64 <sup>b</sup>	0.05	<b>0.0002</b>	0.0636

CMSCR: consumo de materia seca utilizando Cr2O3 como marcador externo de digesta, CMSCAI: consumo de materia seca utilizando CAI como marcador interno de digesta, CMSPPVCR: consumo de materia por peso vivo utilizando Cr2O3 como marcador externo de digesta, CMSUPMCR: consumo de materia por unidad de peso metabólico utilizando Cr2O3 como marcado externo de digesta, CMSPPVCAI: consumo de materia por peso vivo utilizando CAI como marcador interno de digesta, CMSUPMCAI: consumo de materia por peso vivo utilizando CAI como marcador interno de digesta, PCITKCR: consumo de proteína cruda utilizando Cr2O3 como marcador externo de digesta, PCITKCAI: consumo de proteína cruda utilizando CIA como marcador interno de digesta, GDP: ganancia diaria de peso

### 4.3. Variables fisiológicas

#### 4.3.1. Condiciones climáticas

Los datos climáticos prevaletentes durante el periodo de estudio se presentan en el Cuadro 7. En general, los promedios de temperatura ambiental (TA), humedad relativa (HR) e índice de temperatura – humedad (ITH) fueron mayores en el primer periodo de pastoreo (junio-agosto), por lo que hubo mayor influencia sobre las variables fisiológicas de respuesta en estos meses. En el presente estudio, se observa que en verano (junio-agosto), las condiciones climáticas extremas fueron típicas de la región y como siempre críticas para la producción pecuaria. La HR promedio fluctuó entre 38.2 y 56.1%, con un promedio general 49%, estos valores se consideran característicos de zonas desérticas (Anzures-Olvera et al., 2015). El promedio general del ITH durante el estudio fue 76.8 unidades con 82.6 y 68.5 unidades en los meses de julio y octubre, respectivamente. De acuerdo con Armstrong (1994), esta relación de temperatura y humedad fueron suficientes para producir un ITH mayor de 72 unidades, que es el punto donde el ganado bovino manifiesta síntomas de estrés calórico. Los valores de ITH en el presente estudio pueden ser clasificados como de estrés calórico moderado y/o severo; Berman (2006) y Mader et al. (2002) consideran que un  $ITH \geq 74$  es indicador que los animales están en peligro por estrés calórico. Durante los meses de septiembre y octubre disminuye TA, HR e ITH (46.3, 39.3 y 40.1%, respectivamente).

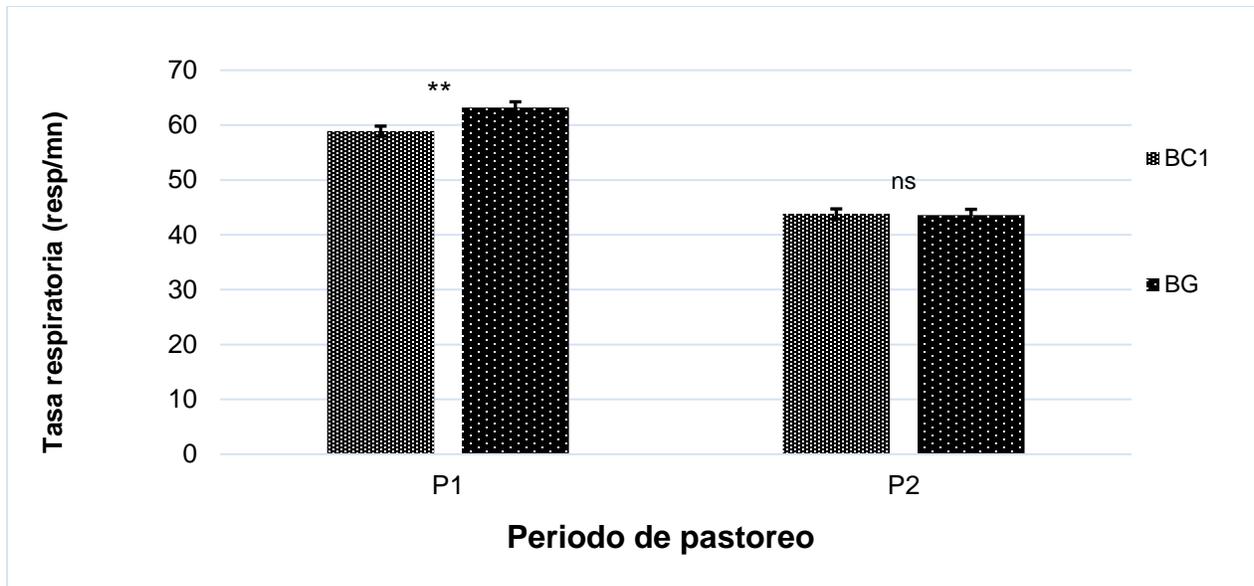
Cuadro 7. Temperatura, humedad relativa e ITH por mes en la zona de estudio.

Mes	Temperatura ambiente (°C)				Humedad Relativa (%)				ITH (Unidades)			
	Mín.	Máx.	Prom	DE	Mín.	Máx.	Prom	DE	Mín.	Máx.	Prom	DE
Junio	20.1	39.2	29.8	7.4	17.3	83.1	46.8	26.5	66.3	82.9	76.3	6.9
Julio	26.2	40.3	33.1	5.2	26.2	89.0	56.1	23.2	77.4	88.7	82.6	3.6
Agosto	25.1	41.1	33.2	5.7	22.2	83.5	49.6	23.8	75.1	88.2	81.2	4.9
Sept.	20.0	35.1	27.5	6.4	29.4	81.3	54.4	28.9	67.6	81.3	75.2	7.6
Octubre	15.1	33.5	24.1	6.7	16.7	65.8	38.2	23.2	58.8	76.9	68.5	6.7

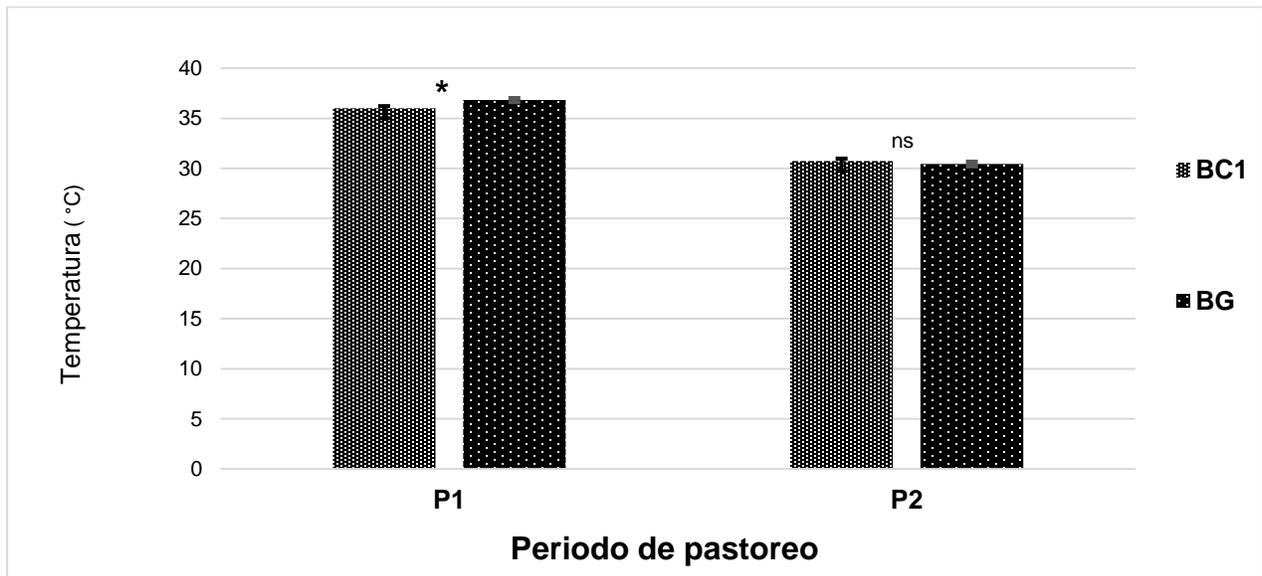
**Mín.:** Mínima, **Máx.:** Máxima, **Prom:** Promedio, **ITH:** Índice Temperatura-Humedad, **DE:** Desviación estándar.

La influencia de las variedades de pasto Bermuda y los periodos de pastoreo sobre variables fisiológicas en novillos se presentan en las Figuras 5 a la 14. En las Figuras 5 y 6 se presenta la influencia de la interacción ( $P < 0.05$ ) sobre FR y TP. Estudios en ganado bajo estrés calórico reportan que cuando la FR oscila entre 20 y 60 rpm, los animales se encuentran en condiciones termoneutrales, pero cuando incrementa de 80 a 120 rpm, se considera que existe estrés calórico de moderado a severo (Mount, 1979; Hahn et al., 1997; Gaughan et al., 1999), efecto observado en el presente estudio. La FR fue de 59 y 63 rpm en verano para los pastos BC1 y BG respectivamente, observándose que al incrementar las temperaturas ambientales (TA) también se elevó la FR; un resultado similar en pastoreo durante verano fue reportado por Brown-Brandl et al. (2003), con TA de 18, 30 y 34 °C se elevó la FR a 56, 84 y 103 rpm. De igual manera, en las Figuras 7 y 8 se observa la interacción ( $P < 0.05$ ) entre periodos de pastoreo y horas del día sobre FR y TP.

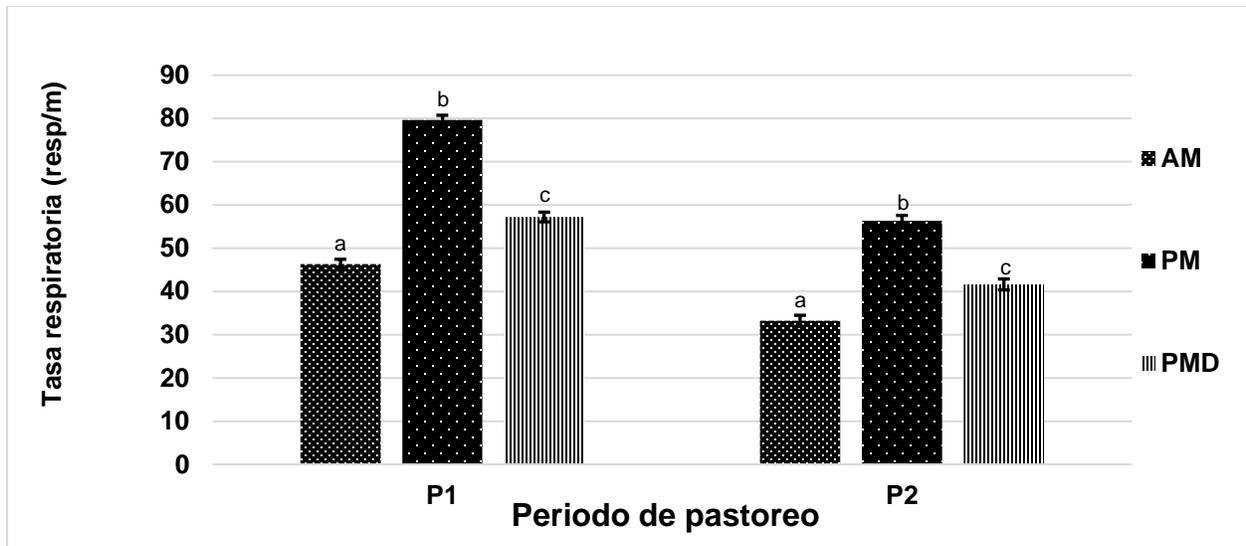
En el presente estudio se observó mayor FR cuando se eleva la TA después del medio día (1 PM), comparado con los horarios 0700 y 1700 h; esto coincide con lo observado por Echeverri-Echeverri et al. (2018) usando novillos Holstein que pastoreaban en verano a 31.4°C de TA, donde la FR fue mayor que pastoreando en otoño a 30.4°C (80 vs 56 rpm, respectivamente). De la misma forma, O'Brien et al. (2010) observaron un incremento en FR de vaquillas de 135 kg PV a TA de 29.4 y 40.0 °C pasando de 80 a 117 rpm en los horarios 0700 y 1800, respectivamente.



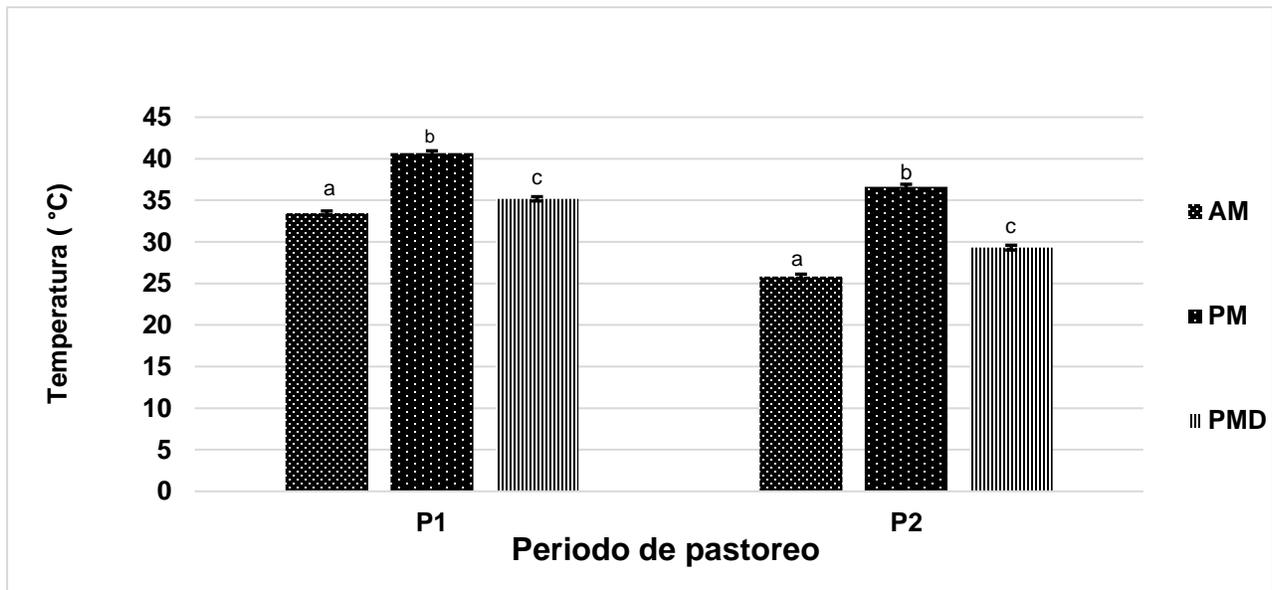
**Figura 5.** Interacción periodo y tratamiento sobre frecuencia respiratoria. **BC1:** Bermuda Cruza 1; **BG:** Bermuda Gigante; **P1:** Periodo 1 (junio-agosto), **P2:** Periodo 2 (agosto-octubre), \*\*: Altamente significativa, **ns:** las medias no son diferentes.



**Figura 6.** Interacción periodo y variedad sobre temperatura de paleta de novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali. **BC1:** Bermuda Cruza 1; **BG:** Bermuda Gigante; **P1:** Periodo 1 (junio-agosto), **P2:** Periodo 2 (agosto-octubre), \*\*: Altamente significativa, **ns:** las medias no son diferentes.

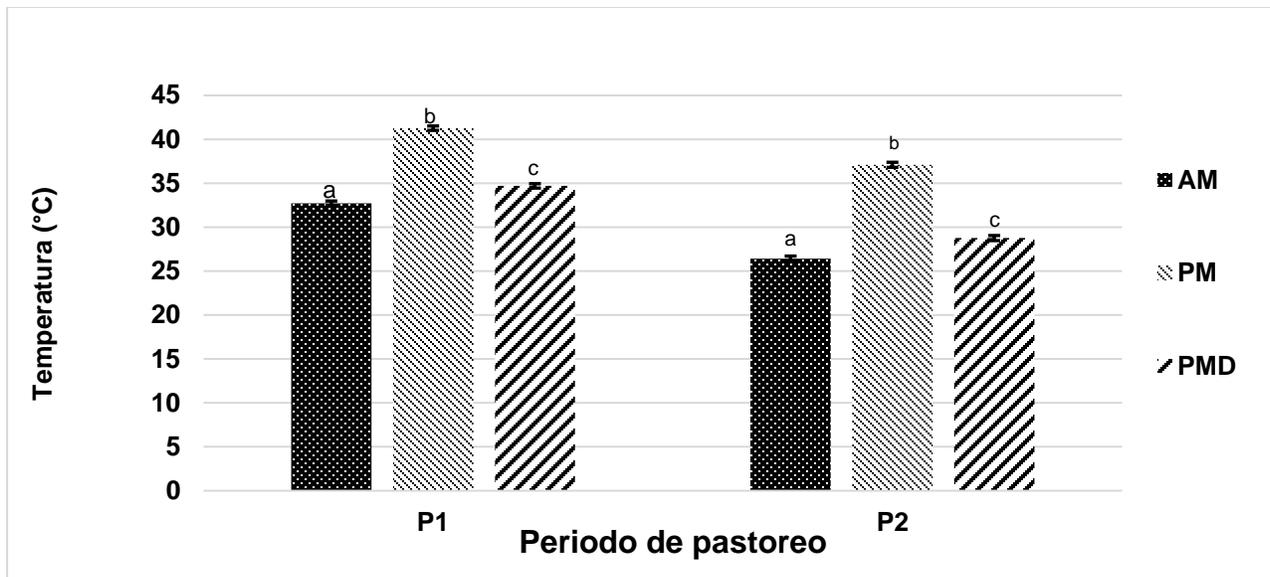


**Figura 7.** Interacción periodos de pastoreo y horas del día sobre FR de novillos Holstein en pastoreo durante verano en el valle de Mexicali. **BC1:** Bermuda Cruza 1, **BG:** Bermuda Gigante, **P1:** Periodo 1 (junio-agosto), **P2:** Periodo 2 (agosto-October **AM:** 07:00 a.m., **PM:** 01:00 p.m., **PMD:** 07:00 p.m. a, b, c Media con distintas literales difieren ( $P < 0.05$ ).

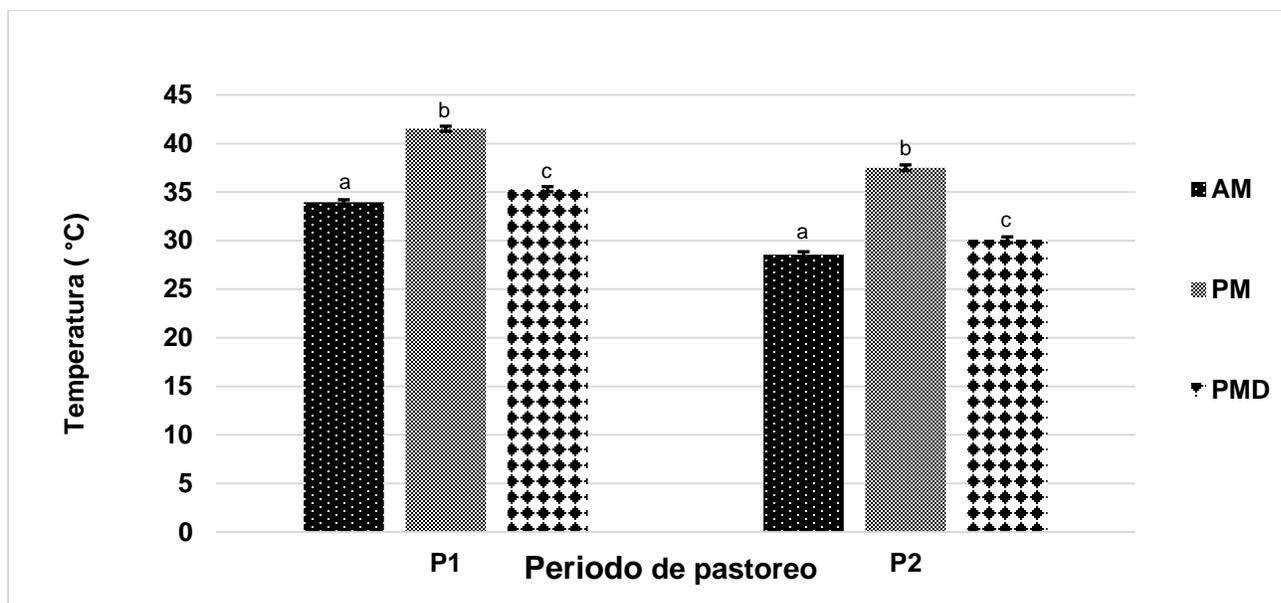


**Figura 8.** Interacción periodos de pastoreo y horas del día sobre temperatura de la paleta en novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali. **BC1:** Bermuda Cruza 1, **BG:** Bermuda Gigante, **P1:** Periodo 1 (junio-agosto), **P2:** Periodo 2 (agosto-October **AM:** 07:00 a.m., **PM:** 01:00 p.m., **PMD:** 07:00 p.m. a, b, c Media con distintas literales difieren ( $P < 0.05$ ).

En la Figura 9 se observa que no existió interacción entre los periodos de pastoreo y variedades de Bermuda sobre la TCB ( $P > 0.05$ ) de los novillos Holstein. En ambos periodos de pastoreo fue más caliente la TCB después de mediodía (01:00 PM), pero en el primer periodo superó con 11.3% al segundo (41.3 y 37.1 °C, respectivamente). Anzures-Olvera et al. (2015) en vacas Holstein Friesian multíparas lactantes alimentadas con el heno de alfalfa y concentrado en condiciones estrés por calor a 36.3 °C presentaron valores inferiores de TCB a los reportados en el presente estudio. No existió influencia ( $P > 0.05$ ) de los periodos de pastoreo ni de las variedades de pasto bermuda sobre la temperatura del ojo (TO) en el ganado durante en el presente experimento, aunque para esta variable si existió ( $P < 0.05$ ) influencia de la interacción entre los periodos de pastoreo y las horas del día (Figura 10).



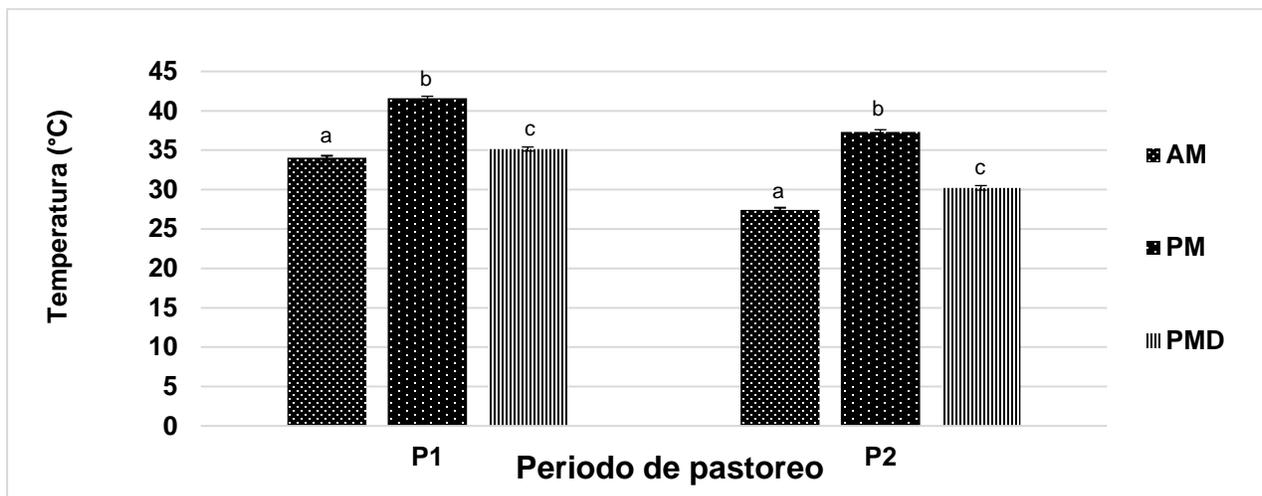
**Figura 9.** Interacción periodo y hora de muestreo sobre temperatura de la cabeza de novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali. **AM:** 07:00 a.m., **PM:** 01:00 p.m., **PMD:** 07:00 p.m., **P1:** Periodo 1 (junio-agosto), **P2:** Periodo 2 (agosto-octubre). <sup>a, b, c</sup> Medias con distinta literal difieren ( $P < 0.05$ ).



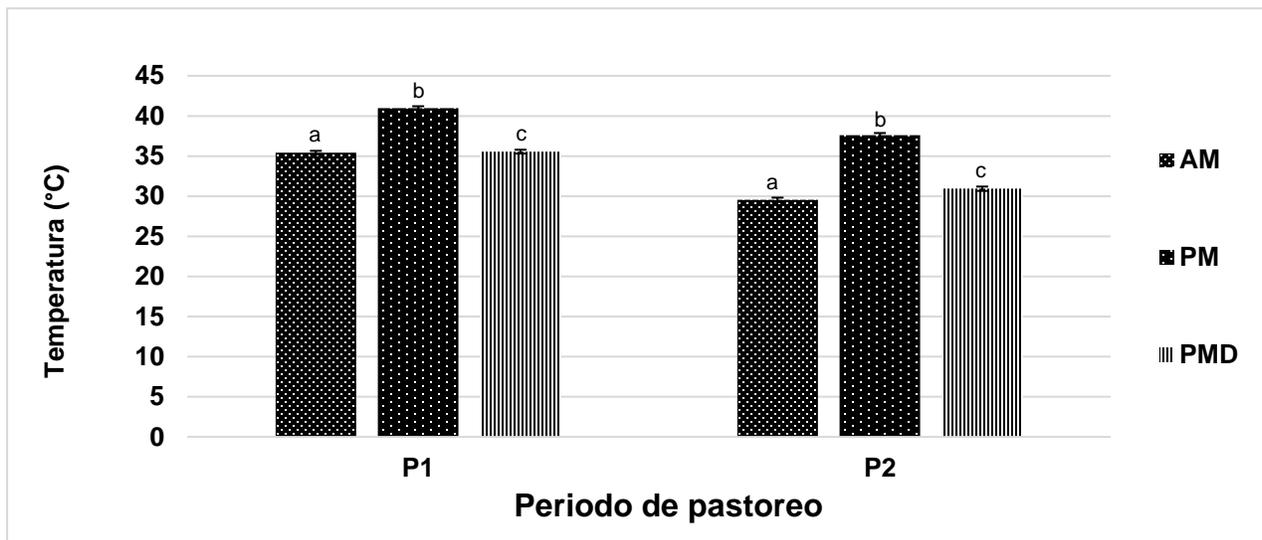
**Figura 10.** Interacción del periodo y hora de muestreo sobre la temperatura del ojo de novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali. **AM:** 07:00 a.m., **PM:** 01:00 p.m., **PMD:** 07:00 p.m., **P1:** Periodo 1 (junio-agosto), **P2:** Periodo 2 (agosto-octubre). <sup>a, b, c</sup> Medias con distinta literal difieren ( $P < 0.05$ ).

La interacción entre periodos de pastoreo y horas de muestreo fue significativa ( $P < 0.05$ ) para temperatura del anca (TA), lomo (TL), morro (TM) y vientre (TV), y se presenta en las Figuras 11, 12, 13 y 14, respectivamente. No existió influencia de la interacción periodos de pastoreo y variedades de Bermuda ( $P > 0.05$ ) sobre TA, TL, TM y TV; sin embargo, sí existió influencia ( $P < 0.05$ ) de la interacción entre periodos de pastoreo y horas del día (AM, PM y PMD) sobre las variables antes mencionadas en novillos Holstein durante el pastoreo de Bermuda. En consecuencia, cuando se consideraron las mediciones después del mediodía, la TV de los novillos Holstein pastoreando BG fue de 40.8 °C, mientras que para el otoño fue de solo 37 °C; así también, con el mismo horario de medición, en el primer periodo de pastoreo TA y TL fueron superiores al segundo periodo 4.29 y 42.89 °C, respectivamente. Velázquez (2010) realizó un estudio con ovinos en condiciones climáticas similares y encontró que la TV presentó un comportamiento cuadrático en el periodo de las 0700 a las 1900 h. En los periodos de pastoreo del presente estudio existió una reducción en la TA al disminuir la FR de los animales. De la misma forma, Sandoval (2012), trabajando con vaquillas Holstein en condiciones climáticas similares, reportó que al disminuir la FR (88 y 80 rpm) disminuyó 2.4% la TA (43 y 42 °C respectivamente). Echeverri-Echeverri et al. (2018) reportaron mayor TL que

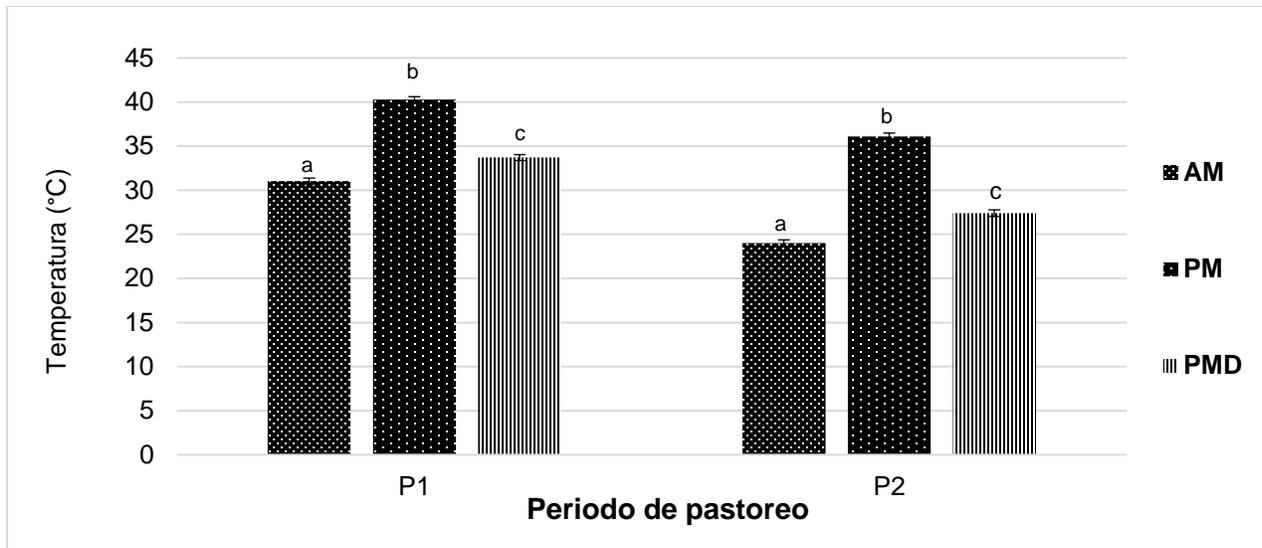
TA, lo que fue atribuido a que esta región anatómica está ubicada cerca del rumen, por lo que se combinan efectos de la fisiología animal al calor metabólico producido.



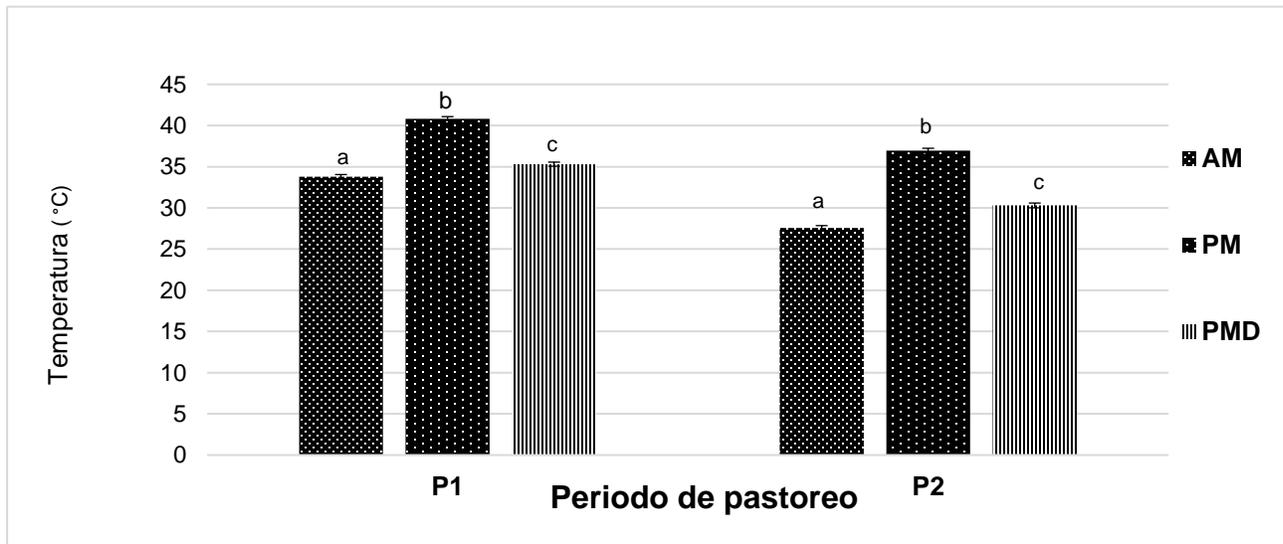
**Figura 11.** Interacción del periodo y hora de muestreo sobre la temperatura del anca de novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali. **AM:** 07:00 a.m., **PM:** 01:00 p.m., **PMD:** 07:00 p.m., **P1:** Periodo 1 (junio-agosto), **P2:** Periodo 2 (agosto-octubre). <sup>a, b, c</sup> Media con distintas literales no son iguales ( $p < 0.05$ ).



**Figura 12.** Interacción del periodo y hora de muestreo sobre la temperatura del lomo de novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali. **AM:** 07:00 a.m., **PM:** 01:00 p.m., **PMD:** 07:00 p.m., **P1:** Periodo 1 (junio-agosto), **P2:** Periodo 2 (agosto-octubre). <sup>a, b, c</sup> Media con distintas literales no son iguales ( $p < 0.05$ ).



**Figura 13.** Interacción del periodo y hora de muestreo sobre la temperatura del Morro de novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali. **AM:** 07:00 a.m., **PM:** 01:00 p.m., **PMD:** 07:00 p.m., **P1:** Periodo 1 (junio-agosto), **P2:** Periodo 2 (agosto-octubre). <sup>a, b, c</sup> Media con distintas literales no son iguales ( $p < 0.05$ ).



**Figura 14:** Interacción del periodo y la hora de muestreo sobre la temperatura del Viente de novillos Holstein en pastoreo durante el verano en el valle de Mexicali. **AM:** 07:00 a.m., **PM:** 01:00 p.m., **PMD:** 07:00 p.m., **P1:** Periodo 1 (junio-agosto), **P2:** Periodo 2 (agosto-octubre). <sup>a, b, c</sup> Media con distintas literales no son iguales ( $p < 0.05$ ).

#### 4.4. Variables de conducta en pastoreo

##### 4.4.1. Hábitos de pastoreo

En el cuadro 8 se observa el efecto de la interacción periodos de pastoreo y variedades de Bermuda sobre los distintos hábitos de pastoreo. Scaglia y Boland (2014) evaluaron tres híbridos de pasto bermuda (Alicia, Jiggs, Tifton-85) y no reportaron efecto de estas variedades sobre hábitos de pastoreo, pero si hubo efecto de los períodos de pastoreo sobre la conducta de los animales. En el presente estudio existió interacción ( $P < 0.05$ ) entre periodos de pastoreo y variedades sobre el tiempo de pastoreo (PTDO), tiempo total de rumina (RUMT) y tiempo en que el animal rumió echado (RUME). Específicamente, se observa que en el periodo 1, cuando las temperaturas ambientales fueron más elevadas, los animales en BG presentaron mayor RUME y RUMT, aunque menor PTDO, comparado con el pasto BC1 (Cuadro 8). También se observa que en esa época del año las altas temperaturas (Cuadro 1) provocan mayor estrés por calor, en este caso al asociarse un elevado ITH con la variedad BG. En contraste, Scaglia and Boland (2014) no encontraron influencia de la interacción entre los periodos de pastoreo y las variedades de Bermuda (Alicia, Jiggs y Tifton-85) sobre la conducta de novillos en pastoreo (pastoreando y rumiando). De igual manera, Scaglia et al. (2009) y Cisneros-Estrada (2015) no encontraron diferencia en 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.

Cuadro 8. Interacción de variedades de Bermuda y el periodo de pastoreo sobre la conducta en pastoreo de novillos Holstein durante el verano en el valle de Mexicali.

Conducta(%*d) <sup>‡</sup>	Variedad*Periodo <sup>§</sup>				EE	Valor-P
	BC1P <sub>1</sub>	BG P <sub>1</sub>	BC1P <sub>2</sub>	BGP <sub>2</sub>		
PTDO	18.05 <sup>c</sup>	17.37 <sup>d</sup>	37.76 <sup>b</sup>	47.32 <sup>a</sup>	0.01	< .0001
RUMT	24.04 <sup>b</sup>	29.96 <sup>a</sup>	20.14 <sup>c</sup>	13.84 <sup>d</sup>	0.01	< .0001
RUME	17.27 <sup>b</sup>	23.51 <sup>a</sup>	17.53 <sup>b</sup>	12.52 <sup>c</sup>	0.01	< .0001

<sup>a b c d</sup> Media con distintas literales no son iguales ( $p < 0.05$ ). <sup>‡</sup> **Variables de conducta:** (PTDO), pastoreando; (RUMT), rumia total; (RUME), rumiando echado <sup>§</sup>**Tratamiento\*Periodo:** Interacción entre los tratamientos y periodo de muestreo, **BC1P<sub>1</sub>**: periodo 1 y Bermuda Cruza 1 (75 días), **BC1P<sub>2</sub>**: periodo 2 y Bermuda Cruza 1 (150 días), **BG P<sub>1</sub>**: periodo1 y Bermuda Gigante (75 días), **BG P<sub>2</sub>**: periodo 2 y Bermuda Gigante (150 días), **EE:** Error estándar de las medias.

En el Cuadro 9 se observa la influencia de la interacción entre periodos de pastoreo y horas del día sobre la conducta de novillos Holstein durante el verano en el valle de Mexicali. La interacción entre las variedades de Bermuda y las horas de muestreo fue significativa ( $P < 0.05$ ) para las variables de conducta PTDO, RUMT, tiempo de rumia parado (RUMP), tiempo de descanso echado (DESE) y tiempo unicamente caminando, sin pastorear (CMDO) cuadro 9. Particularmente, se observó que, al presentarse la condición de calor extremo, los animales dedicaron mayor tiempo de pastoreo por las tardes para ambas variedades de Bermuda. El ITH en los 5 meses de pastoreo fue mayor que 72 unidades durante el mediodía. Por el valor de ITH como un indicativo del grado de estrés calórico, y en agosto los animales se encontraban en un estado crítico, de tal forma que a medio día (MD) el pastoreo fue de menor intensidad comparado con AM y PM. La mayoría de los estudios de conducta en pastoreo muestran similitud con el presente estudio, esto es, con un periodo importante de pastoreo temprano en la mañana y otro por la tarde (Gregorini et al., 2006a; Cisneros-Estrada 2015). Varios autores como Kendall et al. (2006) y Tucker et al. (2008), han demostrado que la temperatura ambiental puede modificar el tiempo de pastoreo de las vacas, coincidiendo con los resultados observados en el presente estudio. Los resultados de este estudio también coinciden con Purroy (2003) y Schlecht et al. (2006), quienes mencionan que los animales dedican un tiempo para la ingestión de alimento de entre cinco a diez horas diarias y el resto del tiempo dedicado a descansar. Las horas de mayor radiación solar (1300 h) limitaron la actividad de caminar de los novillos pastoreando en las dos variedades de Bermuda, observándose que en BC1 se presentó menor porcentaje de la actividad caminando comparado con BG (0.65 vs 2.65%, respectivamente). Esto claramente se combina con la hora en que el ganado de carne alcanza la máxima temperatura corporal durante el verano (Mader y Kreikemeier, 2006). En condiciones climáticas similares, Cisneros-Estrada (2015) con novillos pastoreando Bermuda, encontró que los animales utilizaron mayor tiempo para caminar durante la mañana. Una variable de comportamiento frecuentemente estimada es DESE porque varios autores (Cisneros-Estrada, 2015; Fisher et al., 2003; Allen et al., 2013) la consideran correlacionada negativamente con las altas temperaturas ambientales. En el presente estudio se observó que, a mayor temperatura ambiental al MD, los animales tuvieron mayor DESE.

Cuadro 9. Interacción de variedades de Bermuda y las horas del día sobre la conducta en pastoreo de novillos Holstein durante el verano en el valle de Mexicali.

Conducta (%*d) <sup>‡</sup>	Variedad*Hora						EE	Valor-P
	Bermuda Cruza 1			Bermuda Gigante				
	AM	MD	PM	AM	MD	PM		
PTDO	27.08 <sup>d</sup>	0.65 <sup>e</sup>	55.99 <sup>a</sup>	36.46 <sup>c</sup>	1.06 <sup>ef</sup>	50.52 <sup>b</sup>	0.01	< .0001
RUMT	23.44 <sup>c</sup>	38.02 <sup>ab</sup>	4.82 <sup>a</sup>	20.44 <sup>cd</sup>	35.10 <sup>b</sup>	10.16 <sup>e</sup>	0.01	0.0029
RUMP	7.68 <sup>a</sup>	5.60 <sup>b</sup>	0.78 <sup>d</sup>	5.34 <sup>bc</sup>	3.44 <sup>c</sup>	2.86 <sup>c</sup>	0.00	0.0024
DESE	18.88 <sup>c</sup>	44.27 <sup>b</sup>	13.67 <sup>d</sup>	14.58 <sup>d</sup>	49.14 <sup>a</sup>	12.89 <sup>d</sup>	0.01	0.0070
CMDO	6.64 <sup>ab</sup>	0.65 <sup>c</sup>	5.99 <sup>ab</sup>	2.47 <sup>c</sup>	2.65 <sup>c</sup>	4.95 <sup>b</sup>	0.00	0.0001

a, b, c, d, eMedia con distintas literales no son iguales ( $P < 0.05$ ). <sup>‡</sup> **Variables de conducta:** (PTDO), pastoreando; (RUMT), rumia total; (RUMP), rumiando parado; (DESE), descanso echado y (CMDO), caminando, <sup>§</sup>**Tratamiento\*Periodo:** Interacción entre los tratamientos y periodo de muestreo, **AM:** mañana (09:00-10:45 a.m) **MD:** Medio día (12:00-13:45 p.m.) **PM:** tarde (15:00-16:45 p.m.), **EE:** Error estándar de las medias.

En el cuadro 10 presenta el efecto de la interacción ( $P < 0.05$ ) entre periodos de pastoreo y hora del día sobre las variables PTDO, RUMT, tiempo rumiando parado (RUMP), RUME, tiempo total de descanso (DEST) y DESE. Particularmente, se observó que en Periodo 1 los novillos dedicaron menor ( $P < 0.01$ ) tiempo de pastoreo al mediodía (MD) comparado con AM y PM. Esta reducción de tiempo al MD puede deberse a la condición climática adversa, mayor de 40°C y 72 unidades de ITH. En contraste, Scaglia and Boland (2014) no encontraron interacción entre periodos de pastoreo y horas del día en las variedades Alicia, Jiggs y Tifton-85, sobre la conducta de novillos en pastoreo. Brosh et al. (1998) y Gregorini et al. (2006b) consideran que el incremento del calor corporal en el animal disminuye su tiempo de pastoreo, limitándole únicamente a la mañana y tarde, para el resto descansar y rumiar en horas frescas. En el presente estudio se observó que durante P1 los animales utilizaron mayor tiempo para descanso total, mientras que durante P2 se mantuvieron pastoreando durante casi todas las horas de día. Por otro lado, se observó en P1 y en las diferentes horas del día, los animales rumiaron más tiempo echados que parados; mientras que en P2 este diferencial se mantuvo únicamente al medio día, cuando las temperaturas son más calientes. Similarmente, Tapki y Sahin (2006) encontraron que cuando las temperaturas ambientales fluctuaban de 25 a 40°C, el ganado disminuye su conducta de rumia en 22%,

y al mismo tiempo elevan hasta en 34% el tiempo en que permanecen parados. En coincidencia con varios autores (Scaglia y Boland, 2014; Erlinger et al., 1990; Champion et al., 1994), el período de pastoreo en la tarde fue más largo que en la mañana. Grant (2012) indican que las vacas generalmente prefieren rumiarse echadas un lapso de tiempo durante la mañana, pero en el caso de este estudio, solo cuando ocurrieron bajas temperaturas ambientales los novillos presentaron mayor frecuencia de esta conducta. También se puede observar que a mayores temperaturas ambientales los animales principalmente descansaron echados.

Cuadro 10. Interacción periodos de pastoreo y horas del día sobre la conducta en pastoreo de novillos Holstein durante el verano en el valle de Mexicali.

Conducta (%*d) <sup>‡</sup>	Periodos*Hora <sup>§</sup>						Valor-P	
	Periodo 1			Periodo 2			EE	P-Valor
	AM	MD	PM	AM	MD	PM		
PTDO	11.72 <sup>d</sup>	0.65 <sup>e</sup>	31.77 <sup>c</sup>	51.82 <sup>bc</sup>	106 <sup>c</sup>	74.73 <sup>a</sup>	0.01	< .0001
RUMT	33.46 <sup>c</sup>	34.00 <sup>c</sup>	13.54 <sup>b</sup>	10.42 <sup>b</sup>	39.12 <sup>a</sup>	1.43 <sup>d</sup>	0.01	< .0001
RUMP	10.94 <sup>a</sup>	5.51 <sup>b</sup>	3.39 <sup>c</sup>	2.08 <sup>cd</sup>	3.53 <sup>bc</sup>	0.26 <sup>d</sup>	0.01	< .0001
RUME	22.53 <sup>c</sup>	28.49 <sup>b</sup>	10.16 <sup>d</sup>	8.33 <sup>d</sup>	35.58 <sup>a</sup>	1.17 <sup>e</sup>	0.01	< .0001
DEST	51.56 <sup>c</sup>	64.83 <sup>a</sup>	47.79 <sup>c</sup>	31.90	59.95 <sup>b</sup>	20.70 <sup>d</sup>	0.01	< .0001
DESE	19.14 <sup>c</sup>	45.16 <sup>a</sup>	21.74 <sup>b</sup>	14.32 <sup>d</sup>	48.26 <sup>a</sup>	4.82 <sup>e</sup>	0.01	< .0001
CMDO	3.26 <sup>d</sup>	1.44 <sup>d</sup>	7.03 <sup>a</sup>	5.86 <sup>ab</sup>	1.86 <sup>d</sup>	3.90 <sup>bcd</sup>	0.01	0.0003

<sup>a b c d e</sup> Media con distintas literales no son iguales ( $p < 0.05$ ). <sup>‡</sup> **Variables de conducta:** (PTDO), pastoreando; (RUMT), rumia total; (RUMP), rumiando parado; (RUME), rumiando echado; (DESE), descanso echado, (DEST), descanso total; y (CMDO), caminando <sup>§</sup> **Periodo\* Hora:** Interacción entre los periodos y Horas de muestreo, **AM:** mañana (09:00-10:45 a.m) **MD:** Medio día (12:00-13:45 p.m.) **PM:** tarde (15:00-16:45 p.m.); **EE:** Error estándar de las medias.

#### 4.4.2. Comportamiento en pastoreo

En el Cuadro 11 se muestra el efecto de la interacción variedades de Bermuda y periodos de pastoreo sobre la distancia recorrida y tiempo total de desplazamiento de novillos Holstein durante el verano en el valle de Mexicali. Se observa claramente un incremento (18.4%;  $P < 0.01$ ) de la distancia total de desplazamiento (TYT) al disminuir la intensidad de los factores climáticos adversos como las temperaturas y el ITH. Esta interacción también afectó ( $P < 0.01$ ) a los kilómetros por hora de desplazamiento en la pradera (MM) y minutos totales en movimiento (TM) de los novillos Holstein. Se observó que los animales pastoreando en condiciones de estrés por calor en la variedad BC1

superaron en 24.3% en TYT, lo que representa una diferencia 0.36 km con respecto al grupo en BG. Esto indica que cuando los novillos pastoreaban en la variedad de BG bajo condiciones estrés por calor, fueron más afectados comparado con la variedad BC1. En contraste con lo anterior, Brandyberry et al. (1991) no encontraron diferencia en la distancia recorrida, aún al evaluar algunos métodos de suplementación en novillos en pastoreo. Durante el P1, con temperatura >40°C e ITH >72 unidades, en BG existió ( $P < 0.01$ ) un incremento en MM de los novillos en pastoreo, lo que puede atribuirse a que el animal trata de permanecer menor tiempo expuesto a los rayos del sol y aunque se desplaza menos distancia, utiliza menos tiempo en hacerlo. Polania et al. (2013) reportaron que los animales recorrieron mayor distancia en días frescos (7.4 km) que en días calurosos (6.1 km). Las variedades de pasto Bermuda y los periodos de pastoreo provocaron cambios ( $P < 0.01$ ) sobre TM, observándose que cuando los animales en BC1 son menos afectados por el estrés calórico, presentaron mayor TM. Cisneros-Estrada (2015) realizó un estudio con novillos cruzados en condiciones climáticas similares, pero no observaron ningún cambio en TM. Ganskopp (2001), en un estudio realizado para identificar el movimiento de vacas Hereford x Angus, encontró que solo utilizaron 39.4% del área total (825 ha). En el presente experimento existió influencia de la interacción ( $P < 0.01$ ) entre periodos de pastoreo y variedades de Bermuda sobre el TYT y MM de los novillos Holstein bajo condiciones estrés por calor en clima desértico, mientras que para el TM no observó efecto de la interacción ( $P > 0.05$ ).

Cuadro 11. Efecto de variedades de Bermuda y periodos de pastoreo sobre el comportamiento registrada con dispositivo GPS con novillos Holstein durante el verano en el valle de Mexicali.

Actividad <sup>‡</sup>	Tratamiento <sup>‡</sup>		Periodo <sup>®</sup>				Valor-P	
	BC1	BG	P1	P2	EE	VAR	PER	VAR*PER
TYT, Km	1.84 <sup>a</sup>	1.48 <sup>b</sup>	1.52 <sup>b</sup>	1.80 <sup>a</sup>	0.05	< .0001	< .0001	0.0084
MM, Km*hora <sup>-1</sup>	1.86 <sup>b</sup>	2.11 <sup>a</sup>	2.14 <sup>a</sup>	1.83 <sup>b</sup>	0.06	0.0040	0.0004	0.0033
TM, minuto	71.1 <sup>a</sup>	49.7 <sup>b</sup>	50.1 <sup>b</sup>	70.7 <sup>a</sup>	2.69	< .0001	< .0001	0.2766

<sup>a b</sup> Media con distintas literales no son iguales ( $p < 0.05$ ). <sup>‡</sup> **Actividad:** (TYT), Trayecto total en kilómetros; (MM), Media de movimiento en kilómetro por hora; (TM), Tiempo total de movimiento en minuto; <sup>‡</sup> Tratamiento: **BC1**, Bermuda Cruza 1; **BG**, Bermuda Gigante; <sup>®</sup> Periodos de muestreo: **P1**, Periodo 1 (75 días), **P2**, Periodo 2 (150 días); EE: Error estándar de las medias. TMT: tratamiento, PER: periodo, TMT\*PER: Tratamiento\*Periodo.

## CONCLUSIONES

La variedad Gigante de pasto Bermuda presentó mayor calidad nutricional en el periodo evaluado, lo cual se reflejó en una mayor digestibilidad *in situ*, pero no cuando se realizó la digestibilidad *in vitro*. Las variedades de pasto Bermuda y los periodos de pastoreo no afectaron el consumo de materia seca ni la mayoría de los nutrientes. Los animales tuvieron mayor ganancia de peso cuando pastorearon BC1, así también durante el segundo periodo de pastoreo.

Se observó mayor tiempo de pastoreo en variedades de pasto Bermuda durante el segundo periodo, aunque mayor tiempo de rumia en el primer periodo. El trayecto total recorrido fue mayor en la variedad BC1, pero el tiempo de movimiento fue mayor en la variedad BG. Por otro lado, en el periodo 2 recorrieron mayor trayecto y en periodo 1 registraron mayor movimiento.

Los periodos de pastoreo y variedades de Bermuda influyeron en la frecuencia respiratoria, mientras que la mayoría de las temperaturas de la superficie de la piel mostraron su valor más alto a las 13:00 h. En general, las respuestas fisiológicas fueron afectadas por las condiciones de estrés calórico como consecuencia del ITH observado en el primer periodo y el mayor contenido de FDN del pasto Bermuda Gigante.

## LITERATURA CITADA

- Aello, M. S. and P.O. Gomez.1982. Tiempo y momento de pastoreo de novillos Hereford en una pastura de *Agropyron elongatum*. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4: 533-546.
- Aizpuru, E. 1979. Manejo de Pastizales I (Ecología de Pastizales). 1ª Parte del Programa Nacional de Formación de Profesores. SEP - UACH. Escuela Superior de Zootecnia. Chihuahua, Chih.
- Allen, M.S. 1996. Physical constrains on voluntary intake of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 74:3063-3075.
- Allen, T.E. 1962. Responses of Zebu, Jersey and Zebu x Jersey crossbred heifers to rising temperature, with particular reference to sweating. *Aust. J. Agric. Res.* 13:165-179.
- Allison, C.D. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *J. Range Manage.* 38:305.
- Álvarez, E., J. Rodríguez, R. E. Rodríguez, G. Carrillo, R. Zinn, A. Plascencia, M. Montaña, V. González, S. Espinoza y U. Aguilar. 2008. Valor alimenticio comparativo del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, var. *Whittet*) en dos estaciones de crecimiento con Ryegrass (*Lolium multifloron*) y Sudán (*Sorghum sudanense*) ofrecido a novillos Holstein. *Interciencia* 33(2): 135-139.
- Anzures-Olvera F., U. Macías-Cruz, F. D. Álvarez-Valenzuela, A. Correa-Calderón, R. Díaz-Molina, J. A. Hernández-Rivera and L. Avendaño-Reyes. 2015. Efecto de época del año (verano vs. invierno) en variables fisiológicas, producción de leche y capacidad antioxidante de vacas Holstein en una zona árida del noroeste de México. *Arch. Med. Vet.* 47:15-20.
- AOAC.1990. Official Methods of Analysis. (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Araujo, R. 2011. Estres calórico en vacas lecheras, el Salvador. Publicado el 22/05/2011.

- 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.
- Arias, R.A. 2006. Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots. Master Thesis. University of Nebraska-Lincoln, Nebraska, USA.
- Arreaza, L. C., D. E. Sanchez y B. Abadia. 2005. Degradabilidad ruminal de fracciones de carbohidratos en forrajes tropicales determinada por métodos *in vitro* e *in situ*. *Rev. CARPOICA.* 6: 52-56.
- Augustine, D.J. and J.D. Derner. 2013. Assessing herbivore foraging behavior with GPS collars in a semiarid grassland. *Sensors.* 13:3711-3723.
- Avendaño, L., F.D. Álvarez, A. Correa, N.G. Torrentera, V. Torres and D.E. Ray.2001. Frecuencia de alimentación e iluminación nocturna y productividad de vaquillas para engorda en verano. *Arch. Zootec.* 60 (232): 1247-1254.
- Avendaño-Reyes, L., F. D. Álvarez-Valenzuela, A. Correa-Calderón, A. Algáandar-Sandoval, E. Rodríguez- González, R. Pérez-Velázquez, U. Macías-Cruz, R. Díaz-Molina, P. H. Robinson, and J. G. Fadel. 2010. Comparison of three cooling management systems to reduce heat stress in lactating Holstein cows during hot and dry ambient conditions. *Livest. Sci.*, 132: 48-52.
- Ávila, C. J. M., C. C. Antonio and G. V. A. Eduardo.2009. Crecimiento y Desarrollo de Becerras en Pastoreo con Suplementación en Tamaulipas. Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental las Huastecas México. Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto para Productores No. MX-0-310402-06-03-14-10-14. pp 1-26.
- Bailey, D.W. and R. Welling .1999. Modification of cattle grazing distribution with dehydrated molasses supplement. *J. Range Manage.* 52:575-582.
- Ball, D. and B. Pinkerton. 2002. Varieties of Bermudagrass. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University. Circular ANR-1015. Disponible en: <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-1015/>.

- Barahona, R. y S. Sánchez. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Rev. CORPOICA*. 6:69-82.
- Bárcena-Gama, R., Swingle, S., Moore, J. and Poore, M. 2002. Effect of roughage source on ruminal kinetics and passage of mixed diets for steers. *Agrociencia*. 36 (6): 655-665.
- Barrett, P.D., A.S. Laidlaw, C.S. Mayne and H. Christie. 2001 Pattern of herbage intake rate and bite dimensions of rotationally grazed dairy cows as sward height declines. *Grass Forage Sci*. 56:362-373.
- Baruch, Z. and M. J. Fisher. 1991. Factores climáticos de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el crecimiento. En: Establecimiento y renovación de pasturas. Conceptos, experiencia y enfoques de la investigación, Red de Investigación y Evaluación de Pastos Tropicales. *CIAT. Colombia* pp.103-142.
- Bavera, G.A. 2004. Comportamiento etológico de bovinos de carne. Curso de producción bovina de carne. Cap. IV. Fac. Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba, Argentina. [www.produccionanimal.com.ar](http://www.produccionanimal.com.ar)
- Beretta, V., A. Simeone, O. Bentancur, I. Adami, R. Bentancur and 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.
- Berman, A. 2006. Extending the potential of evaporative cooling for heat-stress relief. *J. Dairy Sci*. 89: 3817-3825.
- Berman, A., Y. Folman, M. Kaim, M. Mamen, Z. Herz, D. Wolfenson, A. Arieli, and Y. Graber. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *J. Dairy Sci*. 68: 1488–1495.
- Berrío, A. M. and H. J. Correa. 1992. Diseño de un dispositivo mecánico para medir cambios de peso en bovinos bajo pastoreo. Tesis de Licenciatura en Zootecnia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Bianca, W. 1965. Reviews of the progress of dairy science. Physiology. Cattle in hot environment. *J. Dairy Sci*. 32: 291–328.

- Bicudo, J.R. and R.S. Gates. 2002. Water consumption, air and water temperature issues related to portable water systems for grazing cattle. *ASAE, Annual International Meeting/CIGR XV<sup>th</sup> World Congress*. Chicago, Illinois, USA.
- Blackshaw, J. and A.W. Blackshaw. 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Aust. J. Exp. Agric.* 34: 285-295.
- Blanco, R. 2009. Momento actual del estrés calórico. Docente de la Universidad Comunera. Disponible en: <http://www.Engormix.com/MA-ganaderia-leche/manejo/articulos/estres-en-vacas-t3385/124-p0.htm>.
- Bodine, T. N., H. T. Purvis II and D. L. Lalman. 2001. Effects of supplement type on animal performance forage intake, digestion and ruminal measurement of growing cattle. *J. Anim. Sci.* 79:1041-1051.
- Bogdan, A. V. 1977. Tropical pastures and fodder plants. Grasses and Legumes. Edit Logman, USA. pp. 475.
- Boonprong, S., A. Choothesa, C. Sribhen, N. Parvizi, and C. Vajrabukka. 2008. Productivity of Thai Brahman and Simmental-Brahman crossbred (Kabinburi) cattle in central Thailand *Int. J. Biometeorol.* 52:409-15.
- Borjas, E. 2002. Establecimiento y validación de curvas de calibración NIRS para determinar la calidad química del jamón Virginia. Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana. Francisco Morazán, Honduras.
- Bowman, J.G.P. and D.W. Sanson. 1996. Starch- or fiber-based energy supplements for grazing ruminants, pp 118–135. In: Proc. Grazing Livest. Nutr. Conf. Rapid City, SD.
- 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.

- Broom, D. and C. Molento. 2004. Bem-estar Animal: Conceito e Questões Relacionadas—Revisão (Animal welfare: concept and related issues—Review). *Arch. of Vet. Sci.* 9(2): 1-11.
- 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.
- Brown-Brandl, T., R. Eigenberg, J. Nienaber, and G.L. Hahn. 2005. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, Part 1: Analyses of indicators. *Biosyst. Eng.* 90:451-462.
- Brown-Brandl, T.M., J.A. Nienaber, R.A. Eigenberg, G.L. Hahn and H.C. Freetly .2003. Thermoregulatory responses of feeder cattle. *J. Therm. Biol.* 28, 149 – 157.
- Brown-Brandl, T.M., J.A. Nienaber, R.A. Eigenberg, T.L. Mader, J.L. Morrow and J.W. Dailey. 2006b. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livest Sci* 105:19-26.
- Brown-Brandl, T.M., R.A. Eigenberg, J.A. Nienaber and G.L. Hahn. 2004. Indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle. ASAE/CSAE Annual International Meeting, Ottawa, Ontario, Canada. Paper number 044037.
- Bruni, de los M. A. y P. Chilibroste. 2001. Simulación de la digestión ruminal por el método de la producción de gas. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, ALPA. 9: 43-51.
- Burns, J.C., K.R. Pond and D.S. Fisher.1994. Measurement of forage intake. Fahey Jr., G.C. (Ed). 1994. Forage quality, evaluation and utilization. American society of agronomy Inc., Crop science society of America Inc., Soil science of America Inc. Madison, Wisconsin. U.S.A.

- Burton, G. W. 1976. El pasto Bermuda. En: Forrajes. Hughes et al. 1976. 6ª impresión. C.E.C.S.A. D.F. México. pp 305-314.
- Burton, G. W. and W. W. Hanna. 1995. Bermudagrass. In: R. F. Barnes, D. A. Miller, and C. J. Nelson (ed.) Forages – An introduction to grassland agriculture. Iowa State University Press, Ames. pp 421.
- Burton, G., and W. Hanna. 1985. Bermudagrass. In M. Heath, R. Barnes, and D. Metcalfe ed. Forages the science of grassland agriculture. Iowa State University Press, Ames, Iowa. pp 643.
- Burton, G.W., R.H. Hart and R.S. Lowrey. 1967. Improving forage quality in Bermudagrass by breeding. *CROPOICA Sci.* 7:329.
- Cabanillas C.R., G.D.D. Ibarra, F.R. C. Burboa, M. A. M. Zapata and T. M. Cervantes. 2017. Evaluación de ocho variedades de pasto Bermuda en Sonora, México. CECH. CIR-Noroeste. INIFAP, pp 1-6.
- Cain, J.W., P.R. Krausman, S. Rosenstock and J.C. Turner. 2006. Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates. *Wild. Soc. Bull.* 34:570-581.
- Cameron, D.G., H.G. Bishop, P.J. Weeks and A.A. Webb. 1990. Effects of irrigation, defoliation, associated grass and nitrogen on Lucerne (*Medicago sativa*) as a component of pastures in sub-coastal central Queensland. *Trop. Grasslands.* 24:75-80.
- Carrasco, N., M. Zamora and A. Melin. 2011. Manual de Sorgo. 1ª ed.- Chacra experimental Integrada Barrow: Ediciones INTA.
- Castle, M.E., Mc. D. Elizabeth and J.N. Watson. 1975. The automatic recording of the grazing behavior of dairy cows. *J. Br. Grassland. Soc.* 30: 162-163.
- Castro, R. R., G.B. Aguilar y M.M.O. Solís .2017. Acumulación de Biomasa y Respuesta a la Frecuencia de defoliación del pasto Bermuda (*Cynodon Dactyon L.*). *Rev. Mex. Agroec.* 4(2): 138-151.

- Champion, R. A., S. M. Rutter, P. D. Penning, and A. J. Rook. 1994. Temporal variation in grazing behaviour of sheep and the reliability of sampling periods. *Appl. Anim. Beh. Sci.* 42:99–108.
- Chávez, S.A.H., G.A. Pérez y G.E.J. Sánchez. 2000. Intensidad de pastoreo y esquema de utilización en la selección de la dieta del ganado bovino durante la sequía. *Téc. Pec. Méx.* 8(1): 19-34.
- Cisneros-Estrada, M. A. 2015. Influencia del horario y nivel de suplementación sobre la conducta en pastoreo y respuesta fisiológica en novillos pastoreando durante el verano. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México. pp 1- 68.
- Clavijo, J. A. 2009. Harvest management of Tifton-85 Bermudagrass. Master Thesis. University of Florida. Gainesville, FL, USA. pp.1-125.
- Collier, R.J., G.E. Dahl and M.J. Vanbaale. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:1244-1253.
- Córdova-Izquierdo, A., A.L.M. Murillo y H.J. Castillo. 2010. Efecto de factores climáticos sobre la conducta reproductiva bovina en los trópicos: Una revisión. *Rev. Electr. Vet.* 11(1): 1-12.
- CORPOICA, 2013. Sistema de toma de decisión para la selección de especies forrajes. Disponible en :<http://www.corpoica.org.co/NettCorpoicaMVC/STF/Especie/Details/69>.
- Correa, H. J. 2011. Efecto del manejo del pastoreo y la suplementación alimenticia en vacas lactantes de sistemas especializados sobre su metabolismo energético y proteico y el contenido de proteína en la leche universidad nacional de colombia. Tesis de Doctor en Ciencias de la Producción Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Bogotá, Colombia.
- Correa-Calderón, A., L. Avendaño-Reyes, A. Rubio-Villanueva, D.V. Armstrong, J.F. Smith and S.K. Denise. 2002. Efecto de un sistema de enfriamiento en la productividad de vacas lecheras bajo estrés calórico. *Agrociencia.* 36(5).

- Champion, R. A., S. M. Rutter, P. D. Penning, and A. J. Rook. 1994. Temporal variation in grazing behaviour of sheep and the reliability of sampling periods. *Appl. Anim. Beh. Sci.* 42:99–108.
- Corriber, V. A. and A. R. Larry .2009. Bermudagrass Varieties, Hybrids and Blends for Texas. Extension Forage Specialist Overton and College Station, TX. Disponible en: [http://publications.tamu.edu/FORAGE/PUB\\_forage\\_Bermudagrass%20Varietiespdf](http://publications.tamu.edu/FORAGE/PUB_forage_Bermudagrass%20Varietiespdf).
- Cuestas, A. 2005. Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico. Recuperado de [http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Revista/1\\_FundManejoPraderas\\_v6n2\\_pp513.PDF](http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Revista/1_FundManejoPraderas_v6n2_pp513.PDF)
- Cunningham, J.G. 2002. Textbook of Veterinary Physiology. 3th Ed. Saunders. Philadelphia, USA.
- Da Silva, R.G. 2006. Weather and climate and animal production. In: Update of the guide to agricultural meteorological practices. WMO-No.134 published in 1982.
- Da Silva, R.G. and A.S.C. Maia. 2011. Evaporative cooling and cutaneous surface temperature of Holstein cows in tropical conditions. *R. Bras. Zootec.* 40: 11431147.
- Da Silva, R.G., A.S.C. Maia, L. L.M. Costa and J.P.A.F. de Queiroz. 2012. Latent heat loss of dairy cows in an equatorial semi-arid environment. *Int. J. Biometeorol.* 56: 927–932.
- De Azevedo M., M. Ávila, H Mattana, Â. Quintão, I. Barboza, J. Neves and L. Esteves. 2005. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras  $1/2$ ,  $3/4$  e  $7/8$  Holandês-Zebu em lactação. *R. Bras. Zootec.* 34:2000-2008.
- Decruyenaere, V., P.H. Lecomte, C. Demarquilly, J. Aufrere, P. Dardenen, D. Stilmant and A. Buldgen.2009b. Evaluation of green forage intake and digestibility in ruminants using near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): developing a global calibration. *Anim. Feed Sci. Technol.* 148: 138-156.

- Días, G. G., G. T. dos Santos, U. Cecato, C. C. Jobim, J. C. Damasceno and A. F. B. Faria. 2002. Produção e valor nutritivo de gramíneas do gênero *Cynodon* em diferentes idades ao corte durante o ano. *Maringá*. 24:1163-1174.
- Duthil, J. 1989. Producción de Forrajes. Ediciones Mundi-Prensa. 3a edición. Madrid, España.
- Echeverri-Echeverri, D. M., L. F. Galeano-Vasco, J. P. Ramírez-Arias, M. F. Cerón-Muñoz and S. M. Márquez-Girón. 2018. Efecto de la temperatura ambiente en la temperatura superficial de zonas negras y blancas del pelaje de un hato de vacas Holstein en el departamento de Antioquia, Colombia. *Rev. Med. Vet.* (36):97-107.
- Eguiarte, V.J.A., A.S. González, R.P. Martínez y R.R. Rodríguez. 1995. Estudio comparativo de la producción y calidad forrajera del Bermuda Callie vs Estrella Africana en terrenos húmedos. Resúmenes. XI Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales (SOMMAP). Saltillo, Coahuila. Pp.39.
- Erlinger, L. L., D. R. Tolleson, and C. J. Brown. 1990. Comparison of bite size, biting rate and grazing time of beef heifers from herds distinguished by mature size and rate of maturity. *J. Anim. Sci.* 68:3578–3587.
- Escalante, B. J. 2007. Tasa de crecimiento, Componentes químicos y morfológicos bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada en ballico anual (*Lolium multiflorum*) diploide vs tetraploide en el Valle de Mexicali, B. C. Tesis de Maestría en Sistemas de Producción Animal. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, México.
- Evers, G.W., M. J. Parsons and T. J. Butler. 2001. Production of seeded Bermudagrasses. *Proc. Amer. Forage Grassland Council.* Springdale, AR. 10:207-211.
- Ferreira, F., M. F. A. Pires, M. L. Martinez, S. G. Coelho, A. U. Carvalho, P. M. Ferreira, E. J. Facury Filho and W. E. Campos. 2006. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. *Arquivo. Bras. Med. Vet. Zootecn.* 58: 732-738.
- Finch, V. A. 1986. Body temperature in beef cattle: Its control and relevance to production in the tropics. *J. Anim. Sci.* 62: 531–542.

- Fisher, H.S., R.R. Swaisgood and H. Fitch Snyder. 2003. Counter marking by male pygmy lorises (*Nycticebus pygmaeus*): do females use odour cues to select mates with high competitive ability? *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 53: 123-130.
- Flores, C.A., A.A. González, G.J. Castro, G.P. Castro, C.M. Cardelle, L.B. Fernández y A.J. Valladares. 2003. Evaluación de métodos de laboratorio para la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de ensilajes de hierba y planta entera de maíz. *Past.* 33(1): 5-26
- Flores, M.J.A. 1993. Manual de Alimentación Animal. Vol. 2. Primera edición. Editorial Ciencia y Técnica Grupo Noriega Editores. México D. F.
- Flores, R.G., N.O. Torrentera, E. A. Álvarez, J.C. Santillano, J.G. Rodríguez and D.M. Calderón. 2017. Influencia del horario y nivel de suplementación sobre el comportamiento productivo de novillos cruzados pastoreando Bermuda Gigante (*Cynodon Dactylon* (L.) Pers) en el Valle de Mexicali. Memorias: XXVII Reunión sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos. Mexicali. B.C.
- Fox, D.G., T.P. Tylutki, L.O. Tedeschi, M.E. Van Amburgh, L.E. Chase, A.N. Pell, T.R. Overton and J.B. Russell. 2000. The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion: Model Documentation. Mimeo No. 213, Animal Science Department, Cornell University, Ithaca, NY.
- Gallardo, N.J.L., Luna M. E. and D.M. Albarrán 2006. Situación actual y perspectivas de la producción de carne de bovino en México. Coordinación general de ganadería / SAGARPA. México, D.F.
- Galli, J.R., C.A. Cangiano y H. H. Hernández .1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. *Rev. Agr. Prod. Anim.* 16:119-42.
- Galloway, D.L., A. L. Goetsch, L. A. Forster, A. C. Brake, and Z. B. Johnson. 1993. Digestion, feed intake, and live weight gain by cattle consuming Bermudagrass and supplemented with different grains. *J. Anim. Sci.* 71:1288–1297.
- Ganskopp, D.2001. Manipulating cattle distribution with salt and water in large arid-land pastures: a GPS/GIS assessment. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 73:251–62.

- Gaughan J.B. and L.A. Tait. 2005. Effectiveness of evaporative cooling of beef cattle housed in confinement. In: *Livestock Environment VII. Proceedings of the Seventh International Symposium*, Beijing, China, Pp 105-114.
- 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., T. L. Mader, S. M. Holt, M. J. Josey, and K.J. Rowan. 1999. Heat tolerance of boran and tuli crossbred steers. *J. Anim. Sci.* 77: 2398 - 2405.
- Gaughan, J.B., T.L. Mader, S.M. Holt and A. Lisle. 2007. A new heat load index for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 86: 226–234
- Giraldo, A., M.S. Zoot, A. Gutiérrez and C. Rúa. 2007. Comparison between *in vitro* and *in situ* protocols for estimating true digestibility of several tropical forages. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 20 (3):269-279.
- Girón, C. J. A., G. P. Rocha, J. C. Pinto, J. A. Muniz and E. M. Gomide. 2003. Efeito da idade de corte na performance de três forrageiras do gênero cynodon. *Ciênc. Agrotec. Lavras.* 27:462-470.
- Goetsch, A.L., Murphy, E. W. Grant, L.A. Foster Jr, D.L. Galloway Sr, C.P. West and Z. B. Johnson. 1991. Effects of animal and supplement characteristics on average daily gain of grazing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 69:433-442.
- González, R.H.L. and 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 Sinú. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Sucre. Sincelejo, Colombia.
- Grant, M.M. (2012). Beck Anxiety Inventory. In S. Goldstein & J. Naglieri (Eds.), *Encyclopedia of Child Behavior and Development*. New York: Springer. Retrieved from <http://www.coastalcognitive.com/Publications.html>.
- 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.
- Gutiérrez, A.J.L. 1991. Hábitos de pastoreo. En: Nutrición de rumiantes en pastoreo. Universidad Autónoma de Chihuahua. pp 229–239.
- Gutiérrez, B.H.N. 2013. Suplementación proteica o energética en novillos bajo pastoreo de zacate Bermuda durante el verano. Tesis de Maestría en Ciencias en Sistemas de Producción Animal. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, Mexico.
- Hahn G.L. and T.L. Mader.1997. Heat waves and their relation to thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle. *Proc 5<sup>th</sup> Int Livestock Environ Symp*, Minneapolis, USA, *American Society of Agricultural Engineers (ASAE)*, St. Joseph, MO, pp 563-567.
- Hahn G.L., T.L. Mader, R.A. Eigenberg. 2003. Perspectives on development of thermal indices for animal studies and management. *Proc Symp Interactions between climate and animal production*, EAAP Technical series N° 7, pp 31- 44.
- Hahn, G. L., A. M. Parkhurst and J. B. Gaughan. 1997. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. Pres. ASAE Mid-Central Mtg. April 11-12.
- Hahn, G.L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Dairy Sci.* 82: 10-20.
- Halgerson, J. L., C. C. Sheaffer, N. P. Martin, P. R. Peterson and S. J. Weston. 2004. Near-infrared reflectance spectroscopy prediction of leaf and mineral concentrations in alfalfa. *Agron. J.* 96: 344-351.
- Harlan, J. R. and J. M. J. de Wet. 1969. Some variation in *Cynodon dactylon* (L) Pers. *Crop. Sci.* 97:74-78.
- Harris, P.J. 1990. Plant Cell Wall Structure and Development. Elsevier Sci. Publ. Co. pp71-90.

- Heike, V. 2009. Malezas de México. *Cynodon dactylon* (L.) Pers. zacate Bermuda Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/cynodondactylon/fichas/ficha.htm>.
- Hernández, M.H. 2012. Rendimiento, Tasas de Crecimiento y Componentes Morfológicos de tres Variedades de Zacate Bermuda [*Cynodon Dactylon* (L.) Pers]. Tesis de Maestro en Ciencias en Sistemas de Producción Animal. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, México.
- Hernández-Garay, A., L. E. Sollenberger, D. C. McDonald, G. J. Rueggsegger, R. S. Kalmbacher, and P. Mislevy. 2004. Nitrogen fertilization and stocking rate affect stargrass pasture and cattle performance. *Crop. Sci.* 44: 1348-1354.
- Herrera, R.S. 2003. Principios básicos de fisiología, métodos de muestreo y la calidad de los pastos. En: Primer módulo sobre fisiología vegetal, establecimiento de pastos y producción de biomasa. Memoria del Curso, FIRA. Instituto de Ciencia Animal. p. 61
- Hill, G. M., R. N. Gates and J. W. West. 2001. Advances in Bermudagrass research involving new cultivars for beef and dairy production. *J. Anim. Sci.* 79:48-58.
- Hoffman, G.O., J.D. Rogers, R.J. Ragsdale and R.V. Miller. 1997. <http://texnat.tamu.edu/cmplants/B-182/grass22.htm>. <http://texnat.tamu.edu/cmplants/B-182/grass-11.htm>
- Holm-Hansen, O., S.Z. El-Sayed, G.A. Franceschini and R.L. Cuhel. 1977. Primary production and the factors controlling phytoplankton growth in the Southern Ocean. In: Llano GA (ed.) Adaptation within antarctic ecosystems, Proc. 3d SCAR Symp. Antarct, Biol 11-50.
- Hughes, H.D., M. E. Heath and D. S. Metcalfe. 1984. Forrajes. Editorial CECSA. México. pp.306-319.
- Huss, D.L. and E.L. Aguirre. 1974. Fundamentos del Manejo de Pastizales ITESM. Monterrey, N.L. México.
- Hussain F. and D.M. Jan. 2009. Seasonal availability, palatability and animal preferences of forage plants in harboi arid range land, kalat, Pakistan. *Pak. J. Bot.* 41:539-554.

- Illius, A.W. and N.S. Jessop. 1996. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. *J. Anim. Sci.* 74:3052-3062.
- INEGI, 2010. Atlas de Riesgo del Municipio de Mexicali: peligros hidrometeorológicos. Pp. 62.
- Jensen, K. B., B. L. Waldron, K. H. Asy., D. A. Johnson and T. A. Monaco. 2003. Forage nutritional characteristics of Orchardgrass and perennial Ryegrass at five irrigation levels. *Agron. J.* 95:668-675.
- Jeter, M.B. 2001. Drinking water intake by finishing yearling beef steers. Master Thesis. West Texas A & M University, Canyon Texas, USA.
- Jones, A.L., A.L. Goetch and S.R. Stokes.1988. Intake and digestion in cattle fed warm-or cool-season grass hay with or without supplemental grain. *J. Anim. Sci.* 66:194
- Juárez-Reyes, A.S., M.A. Cerrillo-Sotoa, E.G. Ornelas, E.M. Romero-Treviño, J.C. Negrete and H.B. Barragán .2009. Assessment of the nutritional value of tropical grasses obtained from conventional analyses and in vitro gas production. *Téc. Pecu. Méx.* 47(1):55-67.
- Kadzere, C.T, M.R. Murphy, N. Silanikove and E. Maltz. 2002. Heat stress in lactating cows: A Review. *Livest. Prod. Sci.* 77: 59-91.
- Kendall, P.E., P.P. Nielsen, J.R. Webster, G.A. Verkerk, R.P. Littlejohn and L.R. Matthews.2006. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livest. Sci.*103(1/2):148-157.
- Kennedy E., M. McEvoy, J. P. Murphy and M. O'Donovan. (2009). Effect of restricted access time to pasture on dairy cow milk production, grazing behavior and dry matter intake. *J. Dairy Sci.* 92:168–176.
- Khalifa, H.H. 2003. Bioclimatology and adaptation of farm animals in a changing climate. In: *Interactions between climate and animal production. Proc Symp*, EAAP Technical series N° 7, pp 15-29.
- Krysl, L.J. and B.W. Hess.1993. Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. *J. Anim. Sci.* 71:2546-2555.

- Lascano, C. E., P. Ávila y Ramírez, G. 1996. Aspectos metodológicos en la evaluación de pasturas en fincas con ganado de doble propósito. *Past. Trop.* 18(3): 65- 70.
- Lascano, C.E. 2000. Selective Grazing on Grass–Legume Mixtures in Tropical Pastures. In: Lemaire G, Hodgson J, Moraes de A, Nabinger C, Carvalho PC de F, editors. *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Wallingford UK: CABI Publishing. pp.249-263.
- Lascano, C.E. y P. Ávila .1991. Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. *Past. Trop.* 13(3):2-10.
- Leaño, L.L.C. 2008. Influencia climática sobre la producción bovina. Tesis de Licenciatura. Universidad del Sucre, Sincelejo, Colombia.
- Leng, R.A.1990. Factors affecting the utilization of 'poor-quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutr. Res. Rev.* 3:277-303.
- Leuck, D.B., C.M. Taliaferro, G.W. Burton, L.R. Burton and M.C. Bowman.1969. Resistance in Bermuda grass to the fall armyworm. *J. Econ. Ent.* 61:13-21.
- Lima, I. A., M. Azevedo, C. R. A. Borges, M. A. Ferreira, A. Guim and G. L. P. Almeida. 2013. Thermoregulation of Girolando cows during summertime, in Pernambuco State, Brazil. *Acta Sci. Anim. Sci.* 35: 193-199.
- Lippke, H. 2002. Estimation of Forage Intake by Ruminants on Pasture. *Crop. Sci.* 42: 869–872 <http://crop.scijournals.org/cgi/reprint/42/3/869.pdf>
- Lizárraga del C, G., F. J. Peñuñuri, y R. Cabanillas. 1986. Comportamiento bajo pastoreo de tres variedades del género *Cynodon* en la región central de Sonora. Resúmenes del II Congreso Nacional Sobre Manejo de Pastizales (SOMMAP). UAAAN. 21-22 de agosto. Buenavista Saltillo, Coahuila. México. pp. 51.
- Loneragan GH, JJ Wagner, DH Gould, FB Garry, MA Thoren. 2001. Effects of water sulfate concentration on performance, water intake, and carcass characteristics of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 79:2941-2948.

- 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 lacting dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73:325-332.
- Lowrey, R.S.; Johnson, J.C.; Burton, C.W.; Marchant, W.H. & McCormick, W.C. 1968. In vivo studies with Coastcross-1 and other Bermudas. Res. Bull 55. *Ca. Agric. Exp. Sta.* pp. 22.
- Lundberga P. and M. Åströma. 1990. Functional response of optimally foraging herbivores. *J Theor Biol.* 144:367-377.
- Luypaert, J., D.L. Massart and Y. V. Heyden. 2007. Nearinfrared spectroscopy applications in pharmaceutical analysis. *Talanta.* 72:865-883.
- Macias, J.A. L.1984. El Establecimiento Del Pasto Bermuda Cruza 1 y su Utilizacion en Tomatlan, Jalisco. tesis profesional para obtener el titulo de Ingeniero Agronomo Zootecnista.Facultad de Agricultura.Universidad de Guadalajara.Jalisco. Mexico.pp 1-68.
- Mader TL, MS Davis, JB Gaughan, TM Brown-Brandl. 2005. Wind speed and solar radiation adjustments for the temperature-humidity index. *Meeting abstract. 16<sup>th</sup> Conference on Biometeorology and Aerobiology.* Vancouver, British Columbia, Canada B3. Cdrom.
- Mader TL, WM Kreikemeier. 2006. Growth promoting agents and season effects on blood metabolite and body temperature. *Nebraska Beef Report* MP88-A, pp 79-82.
- Mader, T. L., M. S. Davis, and T. M. Brown-Brandl. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84: 712-719.
- Mader, T.L., Holt, S.M., Hahn, G.L., Davis, M.S. and Spiers, D.E. 2002. Feeding strategies for managing heat load in cattle. *J. Anim. Sci.* 80: 2373-2382.
- Maia, A. S. C., R. G. Da Silva and C. M. B. Loureiro. 2005. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. *Int. J. Biometeorol.* 50: 17–22.
- Manzoor, M. N., J. I. Sultan, M. U. Nisa. and M. Q. Bilal .2015. Nutrietiive Evaluation and *In-Situ* Digestibility of Irrigated Grasses. *J. Anim. Plant Sci.* 23(5): 1223-1227.

- Marai, I. F. M. and A. A. M. Haezeb. 2010. Buffalo's biological functions as affected by heat stress — A review. *Livest. Sci.* 127: 89–109
- Marai, I.F.M., A. A. El-Darawany, A. Fadiel and M. A. M. Abdel-Hafez. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep—A review. *Small. Rumin. Res.* 71: 1-12.
- Marko, R. C., B. Belić, B. Toholj, M. Stevančević, A. Potkonjak, and P. Lako. 2011. Influence of respiration rate and rectal temperature in Holstein cows to milk production during heat stress. *Serb. J. Agri. Sci.* 60: 183-189.
- Marsalis, M. A. 2004. Adaptation of forage Bermudagrasses (*Cynodon dactylon (L). Pers.*) to the texas high plains grown under saline and limited irrigation conditions. Dissertation in Agronomy. Doctor of Philosophy. Faculty of Texas. Texas Tech University. Texas, USA. pp.1- 207.
- Marsalis, M. A., V. G. Allen, C. P. Brown and C. J. Green. 2007. Yield and nutritive value of forage bermudagrasses grown using subsurface drip irrigation in the southern high plains. *Crop Sci.* 47:1246-1254.
- Martello, L. S., J. H. Savastano, S. L. Silva and J. C. C. Balieiro. 2010. Alternative body sites for heat stress measurement in milking cows under tropical conditions and their relationship to the thermal discomfort of the animals. *Int. J. Biometeorol* 54: 647-652.
- McGovern, R. E., and J. M. Bruce. 2000. A model of the thermal balance for cattle in hot conditions. *J. Agric. Engng. Res.* 77: 81-92.
- Meléan G., 2014. Algunos tipos de pasto Bermuda para forraje. Disponible en <http://www.ambioconsult.com.?>
- Mendoza, M.G., V.R. Ricalde, P.F. Plata, V.H. León, G.P.F. Macías. 2003a . Utilización de subproductos agroindustriales en la alimentación de rumiantes. Libro de texto, Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez. 205 pp.
- Mertens, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.* 64:1548.

- Mertens, D.R. 1994. In: Forage Quality, Evaluation, and Utilization. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, USA. pp 450-493.
- Meyer, U., M. Everinghoff, D. Gädeken and G. Flachowsky. 2004. Investigations on the water intake of lactating cows. *Livest. Prod. Sci.* 90:117-121.
- Minson, J.D. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press. Sta. Lucia. Queensland, Australia. pp 483.
- Miranda, F., D.V. Junior, F.S. Wechsler, P. Rossi, V. M. Oliveira, P. Schmidt. 2010. Ingestive behavior of Nellore cows and their straightbred or crossbred calves. *Rev. Bras. Zoot.* 39:648-655.
- Misra, A. and G. Tyler. 2000. Effect of wet and dry cycles in calcareous soil on mineral uptake of two grasses, *Agrostis stolonifera* L. and *Festuca ovina* L. *Plant Soil.* 224: 297-303.
- Molano, G.M.L. 2012. Caracterización nutricional de forrajes tropicales usando espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS). Tesis de Magister en Ciencias Agropecuarias. Línea Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional De Colombia. Bogotá, Colombia.
- Montague, W. D., E. A. Laca and G. B. Greenwood .1986. Intake in grazing ruminants: A conceptual framework. In: Feed intake by beef cattle. Symposium Proceedings. Oklahoma State University, USA. pp 208.
- Moreira, A.L., G. P. Odilon, G. Rasmø, C. Sebastião, F. Valadares, S. C. José Maurício, M. Salete Alves and T. Z. Joanis.2001. Intake and apparent digestibility of nutrients of the corn silage and alfalfa and *coastcross* Bermudagrass hays, fed to sheep. *Rev. Bras. Zootec.* 30(3):1099-1105.
- Moreira, F. B. I. N. Prado, U. Cecato, F. Wada, and I. Mizubuti. 2004. Forage evaluation, chemical composition, and in vitro digestibility of continuously grazed star grass. *Anim. Feed Sci. Techn.* 113:239–249.
- Mott, G.O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: Proc. VIII Int. Grassld. Congr. Reading, England: 606-611.

- Mount, L. E. 1979. Adaptation to thermal environment: man, and his productive animals. University Park Press, Baltimore, MD.
- Nardone, A., B. Ronchi, N. Lacetera, M. S. Ranieri and U. Bernabucci. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 130: 57-69.
- Nelson, J. and J. Volenec. 1995. Environmental and physiological aspects of forage management. In: Forages. Volume I. And introduction of Grassland Agriculture. 5a Ed. Iowa State University Press.
- Newman, Y. C., T. R. Sinclair, A. S. Blount, M. L. Lugo and E. Valencia. 2007. Forage production of tropical grasses under extended daylength at subtropical and tropical latitudes. *Environ. Exper. Bot.* 61: 18 – 24.
- Newman, Y., L. Sollenberger, K. Boote, L. Allen and R. Littell. 2001. Carbon and temperature effects on forage dry matter production. *Crop Sci.* 41:399-406.
- Newman, Y., L. Sollenberger, K. Boote, L. Allen and R. Littell. 2001. Carbon and temperature effects on forage dry matter production. *Crop Sci.* 41:399-406.
- Nienaber, J.A. and G.L. Hahn. 2007. Livestock production system management responses to thermal challenges. *Int. J. Biom.* 52:149-157.
- NRC (National Research Council). 1981. Effect of environment on nutrient requirement of domestic animals. Nat. Acad.Press. Washington DC, USA.
- NRC (National Research Council). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th revised ed. Washington: National Academy Press.
- NRC (National Research Council). 2016. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 8th ed. Nat.Acad. Press, Washington, DC.
- NRC (National Research Council). 1987. Predicting feed intake of food-producing animals. Board on Agriculture, Nat. Acad. Press, Washington DC, USA.
- O'Brien, M.D., R.P. Rhoads, S.R. Sanders, G.C. Duff, L.H. Baumgard. 2010. Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle. *Domest. Anim. Endocrinol.* 38:86–94.

- Olivera, Y., L. Hernández, D. R. Cruz, W. Ramírez y J. C. Lazcano. 2010. Caracterización morfológica de accesiones de la especie *Cynodon dactylon*. *Pastos y Forrajes*. 33:2-10.
- Ørskov, K.R. 2000. The *in situ* technique for the estimation of forage degradability in ruminants, in: Givens, D.I., Owen, E., Axford, R.F.E., Omed, H.M. (Ed.), *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*, CABI Publishing, USA, pp. 175-188.
- Ørskov, E. R., F. D. De, Hovell, B. F. Mould. 1980. The use of nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5: 195-213.
- Paulo, A. J., N. M. Abbado, C. D. Dalazen, M. L. Maciel, C. Ducati, J. C. Cabrera and T. T. Taís. 2014. Dry matter production, chemical composition, dry matter digestibility and occurrence of fungi in Bermuda grass hay (*Cynodon dactylon*) under different fertilization system or associated with pea plantings in winter. *Cienc. Invest. Agr.* 41(2): 163-174.
- Pérez-Ramírez, E., J. L. Peyraud and R. Delagarde. (2009). Restricting daily time at pasture at low and high pasture allowance: Effects on pasture intake and behavioral adaptation of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92:3331–3340.
- Peters, M., R. Van der Hoek, R. Schultze-Kraft, L. H. Franco, A. Schmidt and I. M. Rao. 2010. Los pastos y forrajes en el trópico: retos en el marco de un desarrollo sostenible: III Congreso de Producción Animal Tropical (15-19, 2010, Habana, Cuba). Memorias. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Pirela, F. M. 2005. Valor Nutritivo de los pastos Tropicales. Manual de ganadería de doble propósito. Instituto Nacional I de Investigaciones Agrícolas. GIRARZ, Grupo de Investigadores de la Reproducción Animal en la Región Zuliana. pp.176-182.
- Pittroff, W. and M.M. Kothmann. 2001. Quantitative prediction of feed intake in ruminants, I. Conceptual and mathematical analysis of models for sheep. *Livest Prod. Sci.* 71:131-150.
- Plasse, D., O. Verde, J. Beltrán, A. Hernandez, N. Marquez, A. Capriles, L. Arriojas, N. Braschi and A. Benavides. 1995. Tendencias anuales de producción e influencias genéticas y ambientales en un rebaño Brahman genéticamente cerrado. 4. Porcentaje de preñez,

nacimiento, destete, disponibilidad a 18 meses y producción por vaca. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 3(2):113-130.

Pollard, B. C., M. D. Estheimer, M. E. Dwyer, P. C. Gentry, W. J. Weber, E. Lemke, L. H. Baumgard, D. A. Henderson, B. A. Crooker and R. J. Collier. 2005. The influence of parity, acclimatization to season, and recombinant bovine somatotropin (rbST) on diurnal patterns of prolactin and growth hormone in Holsteins exposed to heat stress. *J. Dairy Sci.* 88 (suppl. 1): 121.

Poppi, D. P. and S. R. McLennan. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci.* 73:278-290.

Premazzi, L. M., F. A. Monteiro, J. E. Corrente. 2003. Tillering of Tifton 85 Bermudagrass in response to nitrogen rates and time of application after cutting. *Sci. Agr.* 60:565-571.

Purroy, U.A. 2003. Comportamiento del toro de lidia: en el campo, en el ruedo. Pamplona, Navarra (ES): Universidad Pública de Navarra, España.

Reich, G. (2005). Near infrared spectroscopy and imaging: Basic principles and applications. *Adv. Drug Del. Rev.* 57: 1109-1143.

Renaudeau, D. 2005. Effects of short-term exposure to high ambient temperature and relative humidity on thermoregulatory responses of European (Large White) and Caribbean (Creole) restrictively-fed growing pigs. *Anim. Res.* 54:81-93.

Richards, S.A.1973. Temperature regulation. Wykeham Publications, London, Great Britain. pp 212.

Rosero, J. R. 2002. Estudo químico, "*in situ*", "*in vitro*" e microscópico da parede celular de cinco genótipos de sorgo colhidos em três épocas de corte. Ph. D. Thesis. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Brasil.

Rosero, N. R. and O. S. L. Posada. 2007. Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Rev. Colomb. Cienc. Pec.* 20:174-182.

- Roth, L. D., F. M. Rouquette, Jr., and W. C. Ellis. 1990. Effects of herbage allowance on herbage and dietary attributes of Coastal Bermudagrass. *J. Anim. Sci.* 68:193-205.
- Rovira, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp.288
- Ruiz, J., C. Ariel, G. Medina, A. D. Báez, J. D. Manríquez, H. Astengo and J. Uresti. 2009. Evaluación de la vulnerabilidad y ropuesta de medidas de adaptación a nivel Regional de algunos cultivos básicos y Frutales ante escenarios de cambio climático. Informe Final. Guadalajara, Jalisco.
- Rzedowski, G. C. and J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México. pp.975-1250
- Sage, R. F. and D. S. Kubien. 2007. The temperature response of C3 and C4 photosynthesis. *Plant Cell Environ.*30:1086-1106.
- Salazar T. 2003. Efecto de la Fertilización Orgánica y Química sobre el Rendimiento de Materia seca de Cuatro Cultivares de *Cynodon* Spp. en Bosque muy seco Tropical. Trabajo de Grado. Decanato de Agronomía de la UCLA.
- Salisbury, F. B. and C. W. Ross, 1992b. Fisiología de las plantas 2. Bioquímica vegetal. Ed. Paraninfo, Thomson Learning. España.
- Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1992a. Fisiología de las Plantas 3. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Bioquímica vegetal. Ed. Paraninfo, Thomson Learning. España.
- Sandoval, L.A., F.J. Bueso-Uclés and M. Vélez-Nauer (2008). Predicción nutricional para pastos tropicales por espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano. Universidad de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 19 (2): 221-225.
- Santillano, C. J. 2003. Respuesta del pasto Bermuda a la frecuencia y altura de cortes. Tesis de Maestría en Ciencias en Producción Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Marín, Nuevo León, México.

- SAS Institute INC. 2004. SAS/STAT User's Guide: Version 9.4. SAS Institute Inc., Cary, North Caroline.
- Scaglia, G. and H. T. Boland. 2014. The effect of Bermudagrass hybrid on forage characteristics, animal performance, and grazing behavior of beef steers. *J. Anim. Sci.* 92:1228–1238.
- 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.
- Schlecht, E., P. Hiernaux, I. Kadaoure, C. Hulsebusch and F. Mahler. 2006. A spatio-temporal analysis of forage availability and grazing and excretion behaviour of herded and free grazing cattle, sheep and goats in Western Niger. *Agric. Ecosyst. Environ.* 226–42.
- Serna, S.P.A.1986. Evaluacion de dos Métodos de siembra bajo diferentes niveles de Fertilizacion Nitrogenada y Fosforada en Zacate Bermuda (*Cynodon dactylon*). Tesis de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Marín, Nuevo León, México.
- Shenk, J. and M. Werterhaus.1993. Analysis of agriculture and food products by near infrared spectroscopy. Infrasoftware international. Pennsylvania, USA. pp116.
- SIAP. 2009. Servicio de Información Agroalimentario y Pesquera. SAGARPA. [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=361](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=361)  
Consultada el 9 de enero del 2019.
- Sinclair, T. R., D. R. Jeffery, P. Mislevy and L. M. Premazzi. 2003. Growth of subtropical forage grasses under extended photoperiod during short-daylength months. *Crop. Sci.* 43:618-623.
- Smith, E. V. 1960. Bermudagrass for forage in Alabama. Agricultural Experiment Station Auburn University. Boletín. 328 pp.22.

- Smith, T. N., G. M. Pesti, R. I. Bakalli, J. Kilburn and H. M. Edwards. 2001. The use of near-infrared reflectance spectroscopy to predict the moisture, nitrogen, calcium, total phosphorus, gross energy, and phytate phosphorus contents of broiler excreta. *Poult. Sci.* 80:314–319.
- Sollenberger, L. E. 2008. Sustainable production systems for cynodon species in the subtropics and tropics. *R. Bras. Zootec.* 37:85-100.
- Sporndly, E. 1996. Herbage intake of dairy cows. Swedish University of Agricultural Science, Department of Animal Nutrition and Management, Sweden. Pp 139.
- Stephens, D.W. and J.R. Krebs. 1986. Foraging Theory. Princeton: Princeton University Press.
- Stephens, D.W., J.S. Brown and R.C. Ydenberg. 2007. Foraging: Behavior and Ecology. Chicago: University of Chicago Press.
- St-Pierre, N., V. Covanob and G. Schmitkey. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci.* 86(E. Suppl.): E52–E77.
- Swanton, C. J., J. Z. Huang, A. Shrestha, M. Tollenaar, W. Deen and H. Rahimian. 2000. Effects of temperature and photoperiod on the phenological development of Barnyardgrass. *Agron. J.* 92:1125-1134.
- Taliaferro, C.M., F.M. Roquette and J.R. P. Misleavy. 2004. Bermudagrass and Stargrass. In: Warm-season (C4) Grasses (Eds Moser LE, Burson BL, Sollenberger LE), ASA, CSSA, and SSSA, *Agr. Monogr.* 45:417–475.
- Tapki, I. & Sahin, A. 2006. Comparison of the thermoregulatory behaviours of low and high producing dairy cows in a hot environment. *App. Anim. Behav. Sci.* 99:11
- Terrazas, P. G. y I. F. Báez. 2004. Rendimiento de forraje de pastos del género *Cynodon spp.* con riego y pastoreo en el desierto Chihuahuense. *Téc. Pec. Mex.* pp.16-27.
- Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland Soc.*, 18: 104-111.

- Torres, G., Arbaiza, T., Carcelén, F. and Orlando, A. 2009. Comparison of the *in situ*, *in vitro* and enzymatic (cellulase) techniques for digestibility estimation of forages in sheep. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 20(1): 5-9.
- 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.
- Urbano, D. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tres gramíneas tropicales. *Rev. Fac. Agron* 14:129-139.
- Valencia, K. N. 2015. Adición de semilla entera de algodón sobre las características digestivas en becerros Holstein alimentados con una dieta a base de Ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam.) fresco o henificado. Tesis de Maestro en Ciencias en Sistemas de Producción Animal. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. México.
- Van Keulen, J. and B. A. Young. 1977. Evaluation of Acid-Insoluble Ash as a Natural Marker in Ruminant Digestibility Studies I , 2. University of Alberta, Edmonton, T6G 2E3, Canada.
- Van Soest, J.P.1996. Allometry and ecology of feeding behavior and digestive capacity in herbivores: A review. *Zoo. Biol.*15: 455-479.
- Van Soest, P. J. 1970. The chemical basis for nutritive evaluation of forages. Proc. Nat. Conf. on Forage Quality Evaluation and Utilization. Lincoln, Nebraska, USA. pp 78.
- Vargas, N. J. and G. I. B. Yáñez.1996. Rendimiento y composición química de cinco variedades de zacate Bermuda en el Valle de Mexicali. Tesis para obtener el grado de Ing. Agro. Zootecnista. Instituto Ciencias Agrícolas. Universidad Autonoma de Baja California. Mexico. pp. 1-56.
- Vargas, N. J. and G.I.B. Yáñez. 2000. Variación en la producción forrajera de cinco variedades de zacate Bermuda (*Cynodon dactylon*) en el Valle de Mexicali, B.C. memorias de la X Reunión Sobre Producción De Carne y Leche En Climas Cálidos. Mexicali. B.C. México.

- Velásquez, P. A. 2010. Evaluación morfoagronómica y nutricional de cinco variedades de ryegrass bianual en lugares representativos de las zonas de producción de leche de las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha. Tesis de Ingeniero Agroindustrial. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Vendramini, J. M., L. E. Sollenberger, J. C. Dubeux, Jr. S. Interrante, R. L. Stewart and Jr. J. Arthington. 2008. Sward management effects on forage component responses in a production system for early weaned calves. *Agron. J.* 100:1781-1786.
- Wang, Z., Q. Xu and B. Huang. 2004. Endogenous cytokinin levels and growth responses to extended photoperiods for creeping bentgrass under heat stress. *Crop. Sci.* 44:209-213.
- West, J. W. 2003. Effects of heat stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86: 2131–2144.
- Wheeler, J. S., D. L. Lalman, G. W. Horn, L. A. Redmon and C. A. Lents. 2002. Effects of supplementation on intake, digestion, and performance of beef cattle consuming fertilized, stockpiled Bermudagrass forage. *J. Anim. Sci.* 80:780-789.
- Whyte, R. O., T. R. G. Moir y J. P. Cooper. 1975. Las gramíneas en la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 4ta reimpresión. Roma, Italia. pp. 364, 367-368, 392.
- Wu, Z., O. Skjelvag y H. Baadshaug. 2004. Quantification of photoperiodic effects on growth of *Phleum pratense*. *Ann. Botany.* 94:535-543.
- Young, B.A. 1985. Physiological responses and adaptations of cattle. In: Yousef MK (ed). *Stress physiology in livestock Volume II Ungulates*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Zinn, R.A., L. Corona, and R.A. Ware. 2004. Forage quality: impacts on cattle performance and economics. In: Proceeding, National Alfalfa Symposium, 13-15 December 2004, San Diego, CA.