

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRICOLAS



**SUPLEMENTACIÓN PROTEICA O ENERGÉTICA EN NOVILLOS BAJO PASTOREO DE  
ZACATE BERMUDA DURANTE EL VERANO**

TESIS

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

PRESENTA

BILL HENRY GUTIÉRREZ NORALES

DIRECTOR DE TESIS

Ph D. ENRIQUE G. ÁLVAREZ ALMORA

La presente tesis titulada “**Suplementación proteica o energética en novillos bajo pastoreo durante el verano**”, realizada por el C. **Bill Henry Gutiérrez Norales**, fue dirigida por el **Ph.D. Enrique Gilberto Álvarez A.** siendo aceptada, revisada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS  
DE PRODUCCION ANIMAL**

**Consejo Particular**

**Presidente** \_\_\_\_\_

**Ph. D. Enrique G. Álvarez Almora**

**Sinodal** \_\_\_\_\_

**M.C Juan Rodríguez García**

**Sinodal** \_\_\_\_\_

**Dr. Noemí Torrentera**

**“POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE”**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios todopoderoso por permitirme cumplir esta meta trazada.

Al consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo financiero brindado, con el cual fue posible la obtención de este Posgrado.

A la Universidad Autónoma de Baja California, al Instituto de Ciencias Agrícolas por permitirme seguir con mi superación profesional.

Al Ph. D. Enrique Álvarez Almora por su amistad, apoyo, paciencia y conocimientos transmitidos durante este tiempo y por ser el director de este proyecto. Gracias

Al M.C. Juan Rodríguez García, por haber confiado en mí para poder permitirme ingresar a este centro educativo y poder realizar esta maestría, quien fue en todo momento un amigo y consejero.

A los profesores del ICA quienes de alguna manera directa o indirecta me apoyaron para lograr este grado académico.

A mi madrina Sandra Rojas por su apoyo y amistad en todo momento. Muchas gracias.

A mi esposa Samantha Perard por su motivación y apoyo en todo momento. Gracias

A la Dra. Esmeralda Rodríguez y Juana Graciela Ortiz por su apoyo para la realización de los análisis de laboratorio de este experimento.

A mis hermanitos Alfredo Villareal, Eudor Vázquez, Abril y Martin y a todos mis amigos y compañeros de quienes siempre recibí motivación y buena vibra para realizar y culminar mis estudios de posgrado. Gracias por haber estado allí conmigo siempre.

## DEDICATORIAS

A Dios por todas las bendiciones que me da

A mis padres por brindarme apoyo incondicional en todo momento, consejos a lo largo de mi vida y por haber confiado en mí siempre.

A Samantha Perard mi socia en el matrimonio quien hace que mi vida sea completa.

A mis hermanos por ese gran cariño que nos une, pero sobre todo por las palabras de ánimo que me impulsaron a lograr esta meta.

## RESUMEN

Las evidencias experimentales respecto a si la suplementación proteica o energética es limitante para el comportamiento de los bovinos a través del ciclo de producción de las praderas no dan suficiente información de la respuesta esperada bajo las condiciones extremas de temperatura en el verano del valle de Mexicali. En este estudio se evaluó simultáneamente el efecto de la suplementación proteica o energética sobre la ganancia de peso en novillos consumiendo pasto Bermuda. Se utilizaron 30 novillos cruzados y Holstein ( $200 \pm 10$  kg) pastoreando una parcela de 4.39 ha de pasto Bermuda Cruza I (*Cynodon dactylon*) distribuidos en un diseño completamente al azar en cinco tratamientos: testigo (**TGO**), baja proteína (**LP; 0.3 g/kg del PV**), alta proteína (**HP; 0.6 g/kg del PV**), baja energía (**LE; 0.4% del PV**) y alta energía (**HE; 0.8% del PV**). Los niveles de suplementación se hicieron basados en los valores recomendados por NRC 2000 para novillos en pastoreo esperando una GDP de 0.8 kg/d. El testigo fue solo pastoreo de zacate Bermuda, la suplementación proteica (**SP**) fue a base de pasta de soya (**PSOY**) y la suplementación energética a base de trigo rolado (**TRV**), ambas se asignaron individualmente dos veces al día y los animales pastorearon en grupos identificados por tratamiento. Los datos se analizaron mediante contrastes ortogonales con el programa estadístico SAS 9.1

**Palabras claves:** *Pasto Bermuda, Suplementación proteica, Suplementación energética*

## ABSTRACT

Experimental evidence regarding whether energy or protein supplementation is limiting behavior of cattle through the production cycle of the prairies do not give enough information for the expected response under extreme temperature conditions in summer Mexicali Valley. This study evaluated the effect of protein or energy supplementation on weight gain in steers consuming bermudagrass. 130 Holstein and crossbred steers ( $200 \pm 10$  kg) were used grazing a plot of 4.39 ha of Bermudagrass Cross I (*Cynodon dactylon*) distributed in a completely randomized design in five treatments: control (TGO), low protein (LP; 0.3 g / kg of BW), high protein (HP, 0.6 g / kg of BW), low energy (LE, 0.4% of PV) and high energy (HE, 0.8% of PV). Supplementation levels were based on the 2000 NRC recommended values for steers grazing expecting a GDP of 0.8 kg/d. The control was just grazing Bermuda grass, protein supplementation (PSOY) was based on soybean meal and energy supplementation of wheat-based rolling (TRV), both were assigned individually twice daily and the animals grazed identified in group by treatment. The data were analyzed using orthogonal contrasts with the statistical program SAS 9.

**Keywords:** *Bermuda grass, Protein supplementation, Energy supplementation*

## CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIOS .....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT .....	v
CONTENIDO .....	vi
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
HIPÓTESIS .....	3
REVISION DE LITERATURA .....	4
Valores de composición nutricional de gramíneas tropicales.....	4
Consumo de forraje en pastoreo.....	7
Factores medioambientales .....	8
Fotoperiodo.....	10
Las Unidades Calor. ....	10
Radiación .....	11
Suplementación .....	11
Suplementación proteica y consumo en pastoreo. ....	11
Suplementación energética y consumo en pastoreo. ....	12
MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
Localización .....	15
Tratamientos .....	15
Unidades experimentales .....	15
Forraje .....	15
Asignación de suplemento .....	15
Colección de muestras .....	15
Variables de respuestas .....	15
Análisis estadístico.....	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	20

Condiciones climáticas .....	20
Ganancia diaria de peso .....	22
Ganancia de pesos acumulado:.....	22
Consumo.....	25
Forraje Disponible.....	28
Digestibilidad in vitro .....	30
Composición Química.....	32
Coefficiente de regresión .....	32
CONCLUSIONES .....	36
LITERATURA CITADA. ....	37



## INDICE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Composición y características químicas de diferentes gramíneas.....	6
<b>Cuadro 2.</b> Ganancias de peso en novillos consumiendo pasto bermuda en pastoreo suplementados con pasta de soya o trigo rolado. ....	23
<b>Cuadro 3.</b> Ganancia de peso promedio acumulado en pastoreo de pasto bermuda. ....	24
<b>Cuadro 4.</b> Consumo de forraje por novillos en pastoreo suplementados con pasta de soya o trigo rolado.....	27
<b>Cuadro 5.</b> Disponibilidad, digestibilidad in vitro y composición química de forraje. ....	31
<b>Cuadro 6.</b> Coeficientes de regresión de variables ambientales y de composición química con mayor influencia sobre la digestibilidad in vitro de la materia seca y materia orgánica. ....	34
<b>Cuadro 7.</b> Coeficiente de regresión de variables ambientales con mayor influencia sobre la disponibilidad, MSP y composición química del forraje. ....	35

## INDICE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Promedio de temperatura mensual registrada durante el periodo de estudio (agosto a octubre 2011).....	21
<b>Figura 2.</b> Relación GDP con días en pastoreo y disponibilidad de forraje.....	29

## INTRODUCCIÓN

La suplementación es una práctica que se lleva a cabo en diferentes granjas del mundo para reunir los requerimientos nutricionales de los animales en pastoreo. La energía es el componente dietético más importante después del agua, porque se deriva de la cantidad y proporción de otros como son los carbohidratos, grasa, proteínas, etc. Muchos estudios plantean que la suplementación proteica es el factor limitante para obtener buenos resultados en ganancia de peso, es por esto que la proteína es normalmente considerado el principal nutriente limitante, pero subsiste el hecho de que el aumento de consumo de forraje que ocasionan con frecuencia los suplementos proteicos da lugar a incrementos en el consumo de energía. Nocek y Russell (2001) establecen que existe una relación entre directa la suplementación proteica y el consumo de energía dado que lo primero favorece la actividad microbiana y se incrementa el consumo de materia seca, de esta forma existe un mayor aporte de productos de la fermentación ruminal disponibles para el animal (proteína microbial y ácidos grasos volátiles) por unidad de materia seca consumida. Una suplementación energética balanceada con otros nutrientes por lo general aumenta el rendimiento del ganado alimentado a base de forraje y si este es de baja calidad suelen aun mostrar una mejor respuesta. Sin embargo, aunque la energía suplementaria a menudo disminuye el consumo de forraje y su utilización (Moore *et al.*, 1999), no existe suficiente evidencia experimental al respecto si la suplementación proteica o energética es el limitante para el comportamiento de los bovinos a través del ciclo de producción de las praderas, específicamente de Bermuda Cruza 1, en una región desértica en que la condición climatológica altera el patrón de requerimientos establecido por los estándares de alimentación. Debido a lo antes señalado y a las fluctuaciones marcadas en el valor nutritivo y disponibilidad de forraje nativo podría esperarse

que la respuesta a la suplementación energética sea más consistente que la proteica cuando se utiliza un forraje de mediana calidad como principal fuente de alimento. El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de la suplementación proteica o energética sobre la ganancia de peso y la digestión total en novillos consumiendo pasto Bermuda en el Valle de Mexicali.

## **HIPÓTESIS**

Es posible que la respuesta productiva a la suplementación energética presente mayor consistencia que la proteica cuando la reciben animales pastoreando una pradera de mediana calidad.

## **OBJETIVO**

Evaluar el efecto de la suplementación proteica o energética sobre la ganancia de peso y la digestión total en novillos consumiendo pasto Bermuda en el Valle de Mexicali.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Valores de composición nutricional de gramíneas tropicales.

Los pastos y forrajes constituyen la principal fuente de alimento natural de los herbívoros por el cual no existe competencia con la alimentación humana. En los últimos años con el crecimiento de la tecnología en la producción ganadera así como de la capacidad productiva animal en el mundo, ha traído como consecuencia una mayor exigencia de conocimientos sobre el valor alimenticio de los forrajes que puedan servir para su alimentación. La producción de bovinos en México se desarrolla mayoritariamente en pastoreo con especies forrajeras nativas o introducidas (Joaquín, 1996). El contenido nutricional y la disponibilidad de los pastos a través del año son factores que limitan la producción animal, por lo tanto; el nivel de respuesta animal dependerá mayormente de su fisiología y su potencial genético (Palma, 1996). 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). La calidad nutricional de los forrajes está influenciada por diferentes factores como ser la temperatura, humedad, especie, etapa fenológica. Es bien conocido que los forrajes tropicales tienen un valor alimenticio menor que los de zonas templadas y se clasifican dentro de la categoría de alimentos toscos o groseros con fuerte proporción de componentes de pared celular (fibra bruta > 30%) y bajos contenidos en elementos nitrogenados; estos dos elementos son los principales factores que restringen su consumo y digestibilidad. Pastos de estación cálida, como el bermuda (*Cynodon dactylon* L.) son generalmente altos en FDN (73%), bajos en ED (56.5%), y PC (9%), de tal forma que limitan su nivel de consumo voluntario, es por eso que los suplementos son a menudo necesarios para satisfacer las necesidades nutricionales de

energía y proteínas del ganado (Goetsch et al., 1991; Poppi et al., 1995 y Moore et al., 1995). El nivel de FDN del forraje no solo impacta los procesos digestivos, sino también sobre el nivel de consumo de energía. El tiempo de permanencia afecta el proceso fibrolítico en el rumen lo cual depende del tamaño inicial de la partícula (Rodríguez et al.; 2001). El nivel de FDN del forraje no solo impacta sobre los procesos digestivos sino también sobre el nivel de consumo de energía. Hill et al. (2000) reportan valores de FDN para pasto bermuda de variedades Coastal, Tifton 78 y Tifton 85 de 71.6, 72.5 y 74.6 % respectivamente. Wheeler et al. (2002) reporta valores de 75.4 % en pasto bermuda, en cambio Van Soest (1982) reporta para alfalfa valores 40 %. El tiempo en que la fibra está expuesta al proceso fibrolítico 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. Rodríguez et al., (2001) encontraron valores de digestibilidad in vitro entre 60 a 78 % en ballico anual mientras que en Bermuda entre 62.5 a 66.9 %.

La proteína es normalmente considerada como el principal nutriente limitante en muchos forrajes debido a que esta es requerida por los microorganismos del rumen, así como por los tejidos del animal (Bowman y Sansón, 1996). Su deficiencia puede afectar negativamente la productividad animal (Bohnert et al., 2011). Diversos autores plantean que un contenido de proteína de aproximadamente 7 % es el nivel mínimo requerido en la dieta de los rumiantes en pastoreo para mantener la función ruminal y un equilibrio positivo del nitrógeno en el organismo. Para contenido de proteína cruda se han reportado valores 12.5 % (Jones et al., 1988) en pasto Bermuda, para ballico anual de 13.8 % (Álvarez et al., 2008) y para alfalfa de 17 % (Van Soest, 1982).

**Cuadro 1. Composición y características químicas de diferentes gramíneas**

Forraje	<sup>a</sup> Nutrientes								
	PC	FDN	FDA	Lignina	Cel	Hemicel	Cenizas	Almidón	Autor
<b>Bermuda</b>	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	4.7	Galloway et al.; 1993
<b>Pangola</b>	11.0	70.0	-	7.0	34.0	29.0	10.0		Van Soest, 1982
<b>Guinea</b>	9.0	70.0	-	8.0	35.0	26.0	9.0		
<b>Timothy</b>	7.0	68.0	-	7.3	31.0	29.0	20.0		
<b>Maíz</b>	7.7	41.2	24.4	2.3	25.8	3.8	30.5		Dann et al.; 2008

<sup>a</sup>Nutrientes: FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente acida, PC: proteína cruda, Cel: celulosa, Hemicel: hemicelulosa.



## **Consumo de forraje en pastoreo**

La cantidad de alimento que ingiere un animal en pastoreo depende de la disponibilidad y calidad del forraje, por tal razón es necesario determinar el consumo aparente en las distintas fases de producción (Aranda y Osorio, 1996). Para Allison (1985) la cantidad de materia seca de forraje ingerida por un animal es considerado como el factor más importante que regula la producción de rumiantes; sin embargo, el valor de un forraje en la producción animal depende más la cantidad consumida más allá de su composición química. Según Montague et al., (1986) y Minson (1990) el consumo y la digestibilidad de forraje en animales en pastoreo son los factores más importantes que determinan el nivel de producción. 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 animal, las condiciones climatológicas y los factores de orden etológico (Mertens, 1987). Para la NRC (1987) en bovinos de carne, se debe conocer o predecir el consumo voluntario para determinar la proporción del requerimiento que puede cubrir el forraje y así poder cubrir el déficit mediante un suplemento. Se sabe que ciertas variables del comportamiento animal en pastoreo pueden limitar el consumo de forraje en pastoreo (Stobbs, 1973). Entre estas variables se pueden mencionar, el tiempo de pastoreo y la tasa de consumo que está determinado por el peso del bocado y el número del mismo por unidad de tiempo. El número y el peso del bocado está relacionado directamente con la altura, cantidad y densidad de forraje disponible. Hasta cierto punto el animal puede compensar una reducción de la tasa de consumo con un incremento en el tiempo en pastoreo (Galli et al., 1996). Cuando una dieta es alta en forrajes, 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. Al disminuir la tasa de digestión de la fibra, la cantidad de materia orgánica lentamente digestible en el rumen aumenta (Zinn et al., 2004). La digestibilidad depende del tiempo de permanencia del alimento en la cavidad retículo-rumen, el tiempo promedio de retención y la digestión de partículas han sido considerados limitantes para el consumo de forraje (Ibrahim et al., 1988). 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). Según Grovum, (1987) los principales factores que afectan el consumo voluntario de los forrajes de baja calidad son: la relación energía-proteína (estatus de N) en los nutrientes absorbidos, la digestión en el retículo-rumen y la gustosidad. Minson (1981) discutió el tema de la información disponible para ese momento y como conclusión propuso tres teorías sobre el consumo del animal, planteando que el consumo es limitado por la distensión ruminal, por mecanismos de ajustes del comportamiento durante el consumo y factores metabólicos, o la interacción de estos factores.

### **Factores medioambientales**

El crecimiento y desarrollo de las plantas están fuertemente controlados por las condiciones ambientales. La cantidad de radiación, el fotoperiodo, la disponibilidad de agua, la nutrición mineral, y temperatura, actúan individualmente o en combinación. La composición química de las plantas y en consecuencia su valor nutritivo, es el resultado del proceso fotosintético y su distribución a los diferentes tejidos que componen la misma.

**Temperatura.** La temperatura afecta la tasa de desarrollo de las plantas a través de sus distintas fases y la producción de hojas, tallos y otros componentes. El desarrollo fenológico de los vegetales depende estrechamente de la temperatura. Es principal factor que afecta la adaptación de las plantas forrajeras en una localidad dada, e influencia en su crecimiento y desarrollo. La fotosíntesis, respiración, crecimiento y el metabolismo en general son procesos enzimáticos que dependen en gran manera de la temperatura ambiental (Hopkins, 2000). Las altas temperaturas promueve una actividad metabólica más rápida lo que disminuye la cantidad de metabolitos en el contenido celular; los productos fotosintéticos son por lo tanto más rápidamente convertidos en componentes estructurales (Van Soest, 1994). Según Duthil (1989) las altas temperaturas traen como consecuencia el incremento de la lignificación de la pared celular de las plantas. Lefsrud et al., (2005), mencionan que los cambios de temperatura afecta notablemente los procesos vitales de la planta como reducción en la fotosíntesis, respiración, absorción de agua, daños en la división y expansión celulares, entre otros siendo mayores a medida que sube la temperatura. La respuesta de las plantas a la temperatura depende de su estado de desarrollo y del ambiente. Según Sage y Kbein, (2007) si la temperatura ambiental es mayor a 45 °C, resulta ya letal, debido a una disminución en la actividad fotosintética, dado que está bien estudiado que este factor ambiental contribuye con 90% del total de MS de la planta. Si la temperatura se encuentra entre 14 y 18 °C sucede un aumento en la producción de MS de 13 kg ha<sup>-1</sup> por cada grado centígrado y 21 kg ha<sup>-1</sup> cuando oscila entre 15 y 20 °C. Sin embargo, cada especie posee su temperatura óptima bien definido. Forrajes de clima cálido como el Bermuda comienza a disminuir su crecimiento cuando la temperatura es menor a 15 °C. Con temperaturas medias anuales de alrededor de 24 °C, la producción de forraje es ya importante. Estimando sus temperaturas ideales entre los 10 y 35

°C (Burton y Hanna, 1995). En condiciones extrema de temperatura afectan en forma directa el comportamiento en pastoreo de los animales; Sakurai y Dohi (1988) reportaron que al alcanzar una temperatura mayor 40 °C en bovinos expuestos a radiación directa del sol por 30 minutos cesa su consumo en pastoreo.

**Fotoperiodo.** El fotoperiodo es definido como la unidad de alternancia entre periodos de luz y oscuridad a que están sometidos los organismos. El conocimiento sobre como el fotoperiodo afecta la el crecimiento vegetativo y la floración de los forrajes permite desarrollar un plan de manejo de las pasturas que se adaptan a las diferentes regiones climáticas (Nelson y Volenec, 1995). La reducción del fotoperiodo influye sobre el crecimiento en mayor o menor grado dependiendo de la especie forrajera; pastos como el bermuda (*Cynodon dactylon*) muestra ser sensible al fotoperiodo (Neuman et al., 2007) Sinclair et al., (2003) observaron que en pasto bermuda aumentos en el fotoperiodo no aumenta la producción de MS así como el porcentaje de la digestibilidad in vitro.

**Las Unidades Calor.** Las Unidades Calor (UC) o Grados Día (GD) se definen como la integración de la curva de temperatura ambiental entre la temperatura crítica máxima y crítica mínima de crecimiento, las cuales definen el rango de temperatura donde el cultivo se desarrolla adecuadamente, fuera de ese rango, el cultivo detiene su crecimiento o muere. La mayoría de las plantas tienen valores fijos ya determinados de Unidades Calor para cada etapa de desarrollo de la planta hasta madurez, lo cual permite estimar la duración de cada estado fenológico de un cultivo como base en la acumulación de Unidades Calor y estimar su fecha

aproximada de madurez fisiológica, lo cual permitirá programar las actividades de cosecha apropiadamente.

**Radiación.** El ambiente lumínico de una cubierta vegetal es normalmente muy heterogéneo: la parte superior del mismo recibe la totalidad de la luz incidente, disminuyendo ésta exponencialmente con la profundidad de los estratos foliares.

Se ha demostrado que la calidad de radiación influye en la iniciación del macollaje en numerosas gramíneas. Alternativamente la relación rojo/rojo lejano puede reducirse por la radiación rojo-lejano reflejada a partir de hojas de plantas vecinas.

## **Suplementación**

**Suplementación proteica y consumo en pastoreo.** La proteína es normalmente considerada como el principal nutriente limitante, sin embargo, el aumento de consumo de forraje con suplementos de proteína da lugar a incrementos adecuados en el consumo de energía (Bowman y Sanson, 1996). Información publicada por Coomer *et al.*, (1993) sugiere que los incrementos en el comportamiento productivo de bovinos son más consistentes cuando la proteína cruda suplementaria es aportada por fuentes ruminalmente degradables vs no degradables. En contraste, Mejía *et al.*, (2003) señalaron que los suplementos de proteína degradable y no degradable en el rumen ofrecidos a los toretes y las vaquillas Salers pastoreando una pradera de ballico-avena, no influyeron sobre la ganancia diaria de peso.

Se ha indicado que al suplementar novillos en pastoreando forrajes inmaduros (bromus, centeno o trigo) de alta calidad con proteína de escape existe una mayor respuesta en la ganancia diaria de peso y conversión alimenticia debido a un suficiente aporte de aminoácidos (Richards et al., 2001). Bodine et al (2001) al suplementar animales con un concentrado que contenía cascarilla de soya-trigo (PDR: 335 g/d, TDN: 74.1) al 1 % de PV contra dieta testigo de solo pasto bermuda, encontró diferencias ( $P < 0.01$ ) en ganancia diaria de peso de 0.47 vs 0.63 kg/d y de 43 vs 61 kg total de ganancia de peso respectivamente. En un estudio desarrollado por Garcés et al., (1997) encontraron diferencias en ganancia diaria de peso en novillos pastoreando pasto bermuda y suplementado con un concentrado de maíz-pasta de soya al 0.83 % de PV (0.75 kg/d) contra no suplementado (0.30 kg/d)

Sin embargo la energía suplementaria a menudo disminuye el consumo de forraje y su utilización (Moore et al., 1999). Clanton (1982) fue de los primeros en sugerir que existe con frecuencia y efecto confundido al interpretar la respuesta de la suplementación proteica principalmente cuando los animales consumen forraje de baja calidad o su nivel de consumo es restringido ya que los residuos carbonados constituyen básicamente un “suplemento energético”

**Suplementación energética y consumo en pastoreo.** La energía es el componente dietético de mayor importancia después del agua, porque esta se deriva de los carbohidratos, grasas, proteínas, y de las reservas corporales del animal para mantener las funciones corporales y facilita el crecimiento y desarrollo, incluyendo la reproducción y lactancia (Robinson et al., 1998). La complejidad de las interacciones de que ocurren durante el proceso del consumo de

rumiantes en pastoreo y la heterogeneidad de la dieta en oferta, en los diferentes ambientes y la vegetación hacen que el animal tenga mecanismos diversos para el control del consumo a corto, mediano y largo plazo. La densidad de masa de forraje existente en la pradera, la densidad de las hojas y la relación hoja/tallo son de gran importancia en el consumo de forrajes tropicales (Hodgson, 1982). Las necesidades energéticas asociadas con ganado en pastoreo varían dependiendo de su producción y el gasto energético relacionados con el pastoreo. La estación del año y la raza del animal pueden además afectar el requerimiento (Caton y Dhuyvetter, 1997). Al suministrar alimento concentrado disminuye el tiempo en pastoreo y consecuentemente disminuye la demanda energética de trabajo asociada al pastoreo (Adams, 1985). Según Caton y Dhuyvetter (1996) La suplementación energética puede alterar las necesidades energéticas en los animales en pastoreo o influenciando en la eficiencia del uso de los nutrientes. La eficiencia de la utilización de la energía metabolizable (EM) para manteamiento y ganancia de la dieta es influenciada por el forraje y la ración concentrada (NRC, 1984), también menciona que la energía de los concentrados se utiliza más eficientemente para las funciones de mantenimiento y ganancia diaria de peso en comparación con la energía aportada por los forrajes, en tanto, la energía suplementaria aumenta, la eficacia de uso de la energía debe aumentar. Nocek y Russell (2001) consideran que existe una relación entre la suplementación proteica y el consumo de energía sobre la base de que favorece la síntesis microbiana por medio de la suplementación proteica al incrementarse el consumo de materia seca y generarse así mayor cantidad de productos de la fermentación ruminal disponibles para el animal como son la proteína bacteriana y la producción de ácidos grasos volátiles. Sales et al., (2008), no observaron efectos de los niveles de suplementación energética sobre la digestibilidad total aparente de los nutrientes, a excepción de PC que

mostraron un efecto cuadrático por el nivel de suplementación. Aunque una suplementación energética balanceada con otros nutrientes por lo general aumenta el rendimiento del ganado alimentado a base de forraje al alimentarlo con forraje de baja calidad suelen mostrar una mejor respuesta.



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El experimento se llevó a cabo en 4.39 ha ubicadas en la Unidad de Bovinos de Engorda del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) de la Universidad Autónoma de Baja California, situado en el Ejido Nuevo León a 50 km al sur de Mexicali, Baja California, México (32°24'44,16"N, 115°11'56,87"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 una temperatura media anual de 22 °C (INEGI, 1993), con Enero como es el mes más frío, con una temperatura media de 13°C y una 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).

### Tratamientos

Se evaluaron dos niveles una fuente de suplemento energético y dos de proteico suministrados a novillos cruzados pastoreando zacate Bermuda Cruza 1 (*Cynodon dactylon*) distribuidos en cinco tratamientos siguientes: Testigo (**TG**), baja proteína (**LP; 0.3 g/kg del PV**), alta proteína (**HP; 0.6 g/kg del PV**), baja energía (**LE; 0.4% del PV**) y alta energía (**HE; 0.8% del PV**). El testigo fue solo pastoreo de zacate Bermuda, la suplementación proteica (**SP**) fue a base de pasta de soya (**PSOY**) y la suplementación energética a base de trigo rolado al vapor (**TRV**), al cual se eliminó la humedad excedente después del rolado. Los niveles de suplementación se hicieron basados en los valores recomendados por NRC 2000 para novillos en pastoreo con una ganancia de peso (**GDP**) esperada de 0.8 kg/d. Los suplementos se asignaron

individualmente dos veces al día (0700 y 1900 horas) y los animales pastorearon continuamente en grupos identificados por tratamiento, de tal forma que cada animal representó una unidad experimental. La prueba tuvo una duración de 90 días entre los meses de agosto a octubre de 2011.

### **Unidades experimentales**

Se utilizaron 30 novillos cruzados ( $280 \pm 4$  kg), distribuidos en un diseño completamente al azar en cinco tratamientos, los cuales fueron vitaminados y desparasitados previo al inicio del estudio. Tres semanas antes del experimento se inició el acostumbramiento de los novillos a la asignación semi-automática de la suplementación individual y la rutina de manejo en la pradera. El pastoreo fue continuo, con un manejo rotacional de las praderas. Durante el día o la noche los animales regresaban esporádicamente a un área común de bebederos y por la mañana de igual manera en la tarde (0700 y 1900 h) se concentrarán para recibir el suplemento. Durante el experimento los animales se pesaron al inicio y cada 30 días, para este procedimiento los animales se confinaban a las 0600 h y se pesaron individualmente. Todo el procedimiento se realizó en aproximadamente 45 minutos. Con el peso registrado, mensualmente se ajustó la cantidad de suplemento ofrecido por tratamiento.

## **Forraje**

Los animales estuvieron pastoreando en forma rotacional una superficie de 4.39 ha de pasto Bermuda Cruza 1 (*Cynodon dactylon*) subdivididas con cerco eléctrico en 11 parcelas. En la víspera de ocupar cada área de pastoreo se estimó la cantidad de forraje disponible por el método de doble muestreo mediante corte directo de 1m<sup>2</sup>/ha distribuido en diez círculos de 0.1m<sup>2</sup>; (Gardner, 1980) y de ahí alícuotas para evaluar su composición química (Goering y Van Soest, 1970). Posteriormente la parcela fue fertilizada e irrigada.

## **Asignación de Suplemento**

La cantidad de suplemento para cada animal se pesó en bolsas de plástico; de acuerdo al peso vivo de cada individuo y se ofrecía al comedero en corrales individuales dos veces al día en horario de 0700 y 1900 h, para esto los animales se dividieron en 3 grupos de 10 individuos y luego se ingresaban a un corral provisto de jaulas individuales provistas de compuertas semiautomáticas para que al momento de ingresar fuese encerrado hasta terminar de consumir lo ofrecido y poder de esta manera evitar que otro animal ingiriera el alimento de otro; cuando un animal rechazaba su ración esta se recogía y guardaba y se ofrecía mezclado con la asignación en el horario de alimentación siguiente. Para llevar a cabo la evaluación de consumo, y se proporcionó de la misma forma que a cada uno de los individuos del experimento.

## **Colección de muestras**

Para la estimación del consumo voluntario de forraje en cada uno de los tres periodos de 30 días en que se dividió el estudio se seleccionaron al azar tres animales por tratamiento para dosificarles individualmente en el suplemento y durante 10 d Oxido de Cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) para alcanzar una concentración de 0.3% de un consumo diario de materia seca esperado de 2.1% del peso vivo. Del día 7 al día 10 de cada periodo de asignación de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  se tomaron dos veces por día muestras individuales de heces, al momento que los animales ingresaban al comedero en horario de: 0700 y 1900 horas. En cada una de las ocho muestras para la colección de heces se tomó aproximadamente 200 g de las heces mediante estimulación rectal de cada novillo. Previo a la recolecta se marcaron las bolsas plásticas donde se introdujo la muestra luego puestas en una hielera con hielo, de allí finalizado el proceso se trasladó hacia un congelador a una temperatura de  $-15^\circ\text{C}$ , hasta el día siguiente de finalizado cada periodo, las heces se descongelaron a temperatura ambiente, se conjuntaron y homogenizaron manualmente las 8 muestras, se hizo una alícuota una cantidad de aproximadamente 250 g se colocaron en forma extendida (aproximadamente 1 cm de grosor) en una bandeja de papel aluminio para desecarse a una temperatura de  $55^\circ\text{C}$  durante 48 h. Una vez desecadas, fueron trituradas y molidas en una licuadora convencional para obtener un tamaño de partícula de aproximadamente 1mm y se guardaron en envases de plástico para su análisis posterior.

### **VARIABLES DE RESPUESTA.**

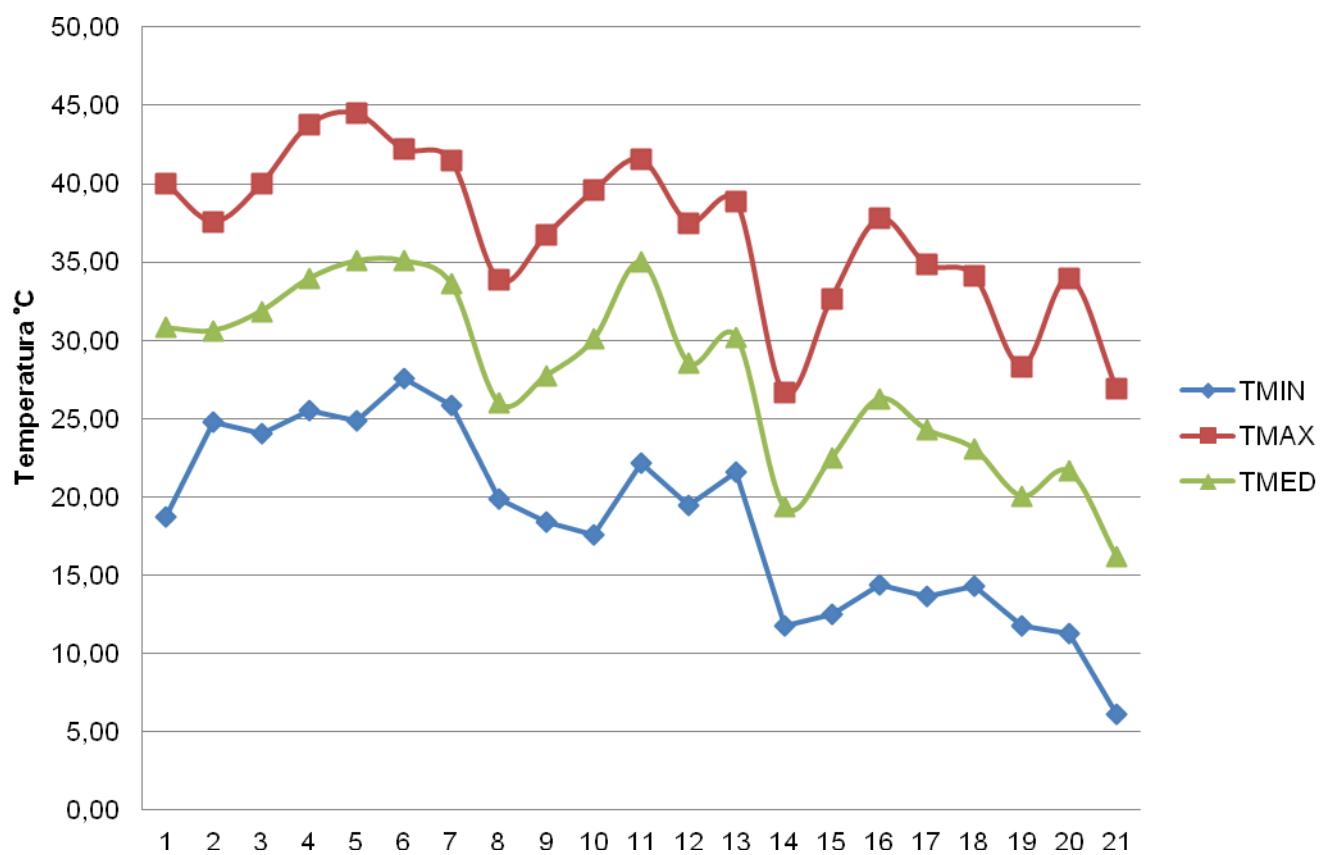
Las variables a medir fueron ganancia diaria de peso (**GDP**), consumo de materia seca (**CMS**), cantidad y composición química del forraje disponible, digestibilidad *In vitro* de la materia orgánica (DIVMO).

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los datos fueron analizados mediante un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA). Cualquier efecto de los factores en estudio se evaluaron a través de contrastes ortogonales de la siguiente manera: C1= testigo vs suplemento proteico, C2= testigo vs suplemento energético y C3= suplemento proteico vs suplemento energético utilizando el programa estadístico SAS 9.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Condiciones climáticas:** Las condiciones climáticas del experimento ocurrieron dentro de un rango de temperatura máxima de 44.5°C y mínima de 6.3 °C, como se observa en la Figura 1. Según lo observado por Sakurai y Dohi (1988) al alcanzar una temperatura mayor 40 °C en el pelaje de bovinos expuestos a radiación directa del sol por 30 minutos cesa su consumo en pastoreo. Sprinkle et al., (2000) no observo diferencias en comportamiento de pastoreo entre vaquillas y vacas lactantes pastoreando una pradera de zacate Klein durante el meses de julio donde registraron temperaturas en sombra superior a 36 °C. Aunque no se evaluó en este estudio el comportamiento en pastoreo, pero se observó que los animales pastoreaban mayormente en las horas frescas del día (7-10 am y 5 -7 pm) y en horas de la noche.



**Figura 1. Promedio de temperatura mensual registrada durante el periodo de estudio (agosto a octubre 2011).**

**Ganancia diaria de peso:** Las ganancias diarias de peso promedio por tratamiento de los animales en estudio y en los diferentes periodos en que se dividió el estudio se presenta en el Cuadro 2 y Figura 2. Los distintos niveles de suplementación energética o proteica no provocaron ( $P < 0.14$ ) diferencias en las ganancias diarias de peso en los primeros 60 días de pastoreo. Sin embargo, a los 98 días, los tratamientos con suplementación energética presentaron mayor GDP ( $P < 0.03$ ), respecto a la suplementación proteica. Cuando se comparó con la suplementación proteica y el testigo, fue la suplementación energética quien presentó la mayor ( $P < 0.01$ ) GDP al considerar el periodo total (98 d) de duración del experimento. Bodine et al. (2001) observó casi similar promedio total de GDP al suplementar novillos pastoreando una pradera de pasto bermuda, pero utilizando como testigo solo forraje (0.47 kg/d), un suplemento proteico (0.60kg/d de semilla de algodón) y uno energético (0.74 kg/d de grano de sorgo). Zinn (1994) obtuvo una GDP de 0.89 kg/d utilizando como suplemento trigo rolado con un valor de ED de 3.34 Mcal/kg.

**Ganancia de pesos acumulado:** Comparados con el testigo (Cuadro 3), los animales de los tratamientos con suplementación energética baja y alta tuvieron un promedio de ganancia de peso total mayor ( $P < 0.05$ ), 19.6 y 29.6 kg respectivamente, comparado con la respuesta a la suplementación proteica baja y alta. Respecto al testigo la diferencia en ganancia total promedio fue de 13.4 y 9.7 kg, respectivamente. Bodine et al (2001) sí encontró diferencia entre el tratamiento testigo, la suplementación proteica y energética pero no encontró entre proteica y la energética. Wheeler et al., (2002) no observó diferencias entre niveles de 0.4 y 0.6 kg/PV de proteína utilizando como fuente de suplementación PSOY pero sí contra el testigo (consumiendo solo forraje de pasto bermuda).



**Cuadro 2. Guanacias de peso en novillos consumiendo pasto bermuda en pastoreo suplementados con pasta de soya o trigo rolado.**

		Tratamientos					C 1		C 2		C 3		C 4		P < F			
Días	TG	LP	HP	LE	HE	EE	TGO	SP	LP	HP	TGO	SE	LE	HE	C1	C2	C3	C4
0-30	0.69	0.66	0.71	0.93	0.94	0.07	0.69	0.69	0.66	0.71	0.69	0.94	0.93	0.94	0.98	0.72	0.09	0.97
31-60	0.77 <sup>ab</sup>	0.45 <sup>b</sup>	0.73 <sup>ab</sup>	0.84 <sup>a</sup>	0.85 <sup>a</sup>	0.08	0.77	0.59	0.45	0.73	0.77	0.85	0.84	0.85	0.25	0.10	0.65	0.95
61-98	0.63 <sup>bc</sup>	0.54 <sup>c</sup>	0.37 <sup>c</sup>	0.89 <sup>ab</sup>	1.14 <sup>a</sup>	0.07	0.79	0.46	0.54	0.37	0.79	1.02	0.89	1.14	0.25	0.27	0.01	0.12
Total	0.69 <sup>b</sup>	0.55 <sup>b</sup>	0.59 <sup>b</sup>	0.89 <sup>a</sup>	0.99 <sup>a</sup>	0.02	0.73	0.57	0.55	0.59	0.73	0.94	0.89	0.99	0.10	0.63	0.00	0.20

, b, c medias con distinta literal en una hilera no son iguales ( $P \leq 0.05$ ). TG: testigo, LP: 0.3 g/kg del PV de pasta de soya, HP: 0.6 g/kg del PV de pasta de soya, LE: 0.4% del PV de trigo rolado, HE: 0.8% del PV de trigo rolado. C1, C2, C3: Contrastes 1, 2, 3 y 4. EE: error estándar.

**Cuadro 3. Ganancia de peso promedio acumulado en pastoreo de pasto bermuda.**

Días	Tratamientos					
	TG	SP			SE	
		LP	HP	LE	HE	
30	318	322	328	332	333	
60	341	336	350	358	358	
90	365	357	364	392	402	
<b>Total</b>	68	54	57.5	87	97	

SP: suplementación proteica, SE: suplementación energética, TG: testigo, LP: baja proteína, HP: alta proteína, LE: baja energía, HE: alta energía.

**Consumo:** En el consumo de MS total (Cuadro 4) se observaron diferencias significativas entre la suplementación proteica baja y suplementación proteica alta ( $P < 0.05$ ) y para la suplementación energética baja ( $P = 0.001$ ) pero no así para la suplementación energética alta. En esto coincide lo reportado por Galloway et al. (1993) quienes observaron entre suplementar novillos en pastoreo con maíz o cascarilla de soya una diferencia de 23 % en consumo de MS. Wheeler et al. (2002) encontró al comparar novillos sin suplementar vs suplementados con 0.6 kg/PV de pasta de soya. En contraste Kartchner (1981) no observó diferencias entre tratamientos testigo y suplementados con proteína o energía en vacas gestantes. Para el consumo de MS por unidad de peso metabólico no se encontraron diferencias entre la SP y la SEL. Lyon et al., (1970) alimentando novillos con paja de cebada encontró que al suplementar con un nivel de 5.82 % de PC aumentó en 23 % el consumo en comparación con aquellos consumiendo 4.83 % de PC. El consumo total de forraje presentó diferencia entre la SP vs SE ( $P < 0.01$ ). Wheeler observó un comportamiento lineal en consumo con respecto a la suplementación proteica en novillos consumiendo forraje. Krysl y Hess (1993 en una revisión para evaluar la influencia de la suplementación en pastoreo, concluyeron que incrementar el nivel de suplementación a base de grano (almidón) disminuye el tiempo de pastoreo. Sanson et al., (1990) demostró que el incremento en el nivel de almidón en maíz como suplemento decrece el consumo de forraje en novillos atribuido al descenso del pH del rumen o al efecto del contenido de carbohidratos. Horn y McCollum (1987), sugieren que un nivel de suplementación energética que afecta mínimamente la utilización del forraje de 30 g/kg de  $BW^{0.75}$ , lo que representa aproximadamente el 0.7% del peso corporal. Por otro lado Pordomingo, et al., (1991) afirma que el uso de SE a base de maíz está ampliamente descrito en la literatura y su uso a menudo tiene como resultado una disminución en el consumo y la digestibilidad de

forrajes especialmente con forrajes de baja calidad donde la concentración de proteína degradable ingerida es inadecuada.

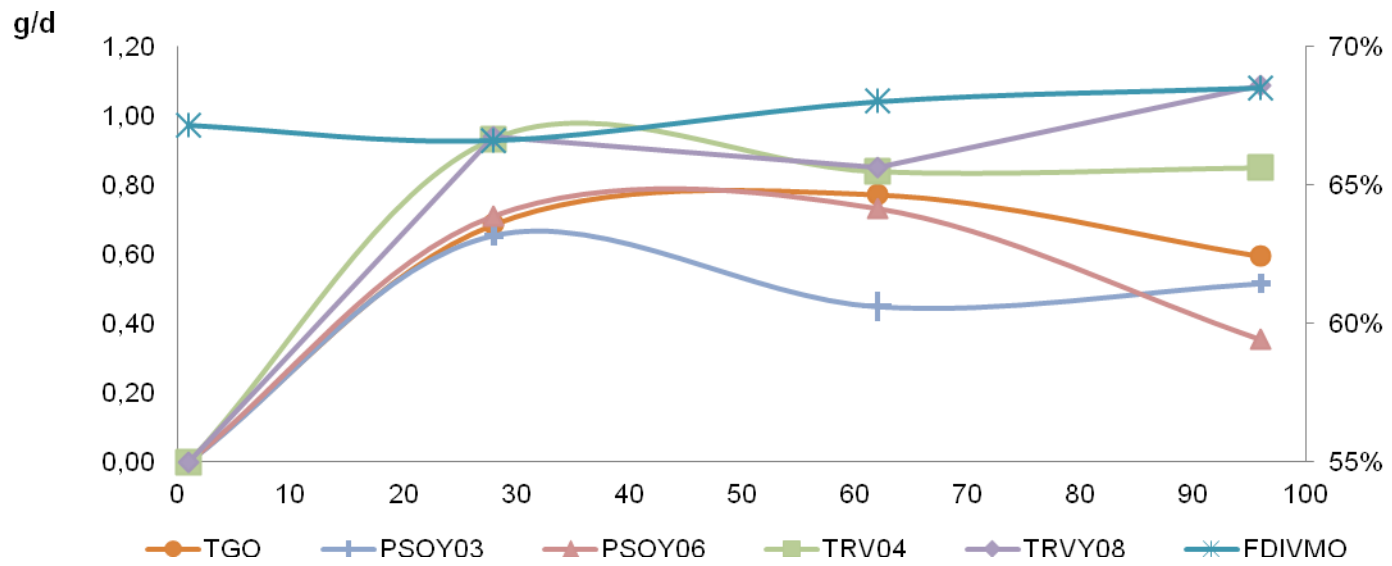
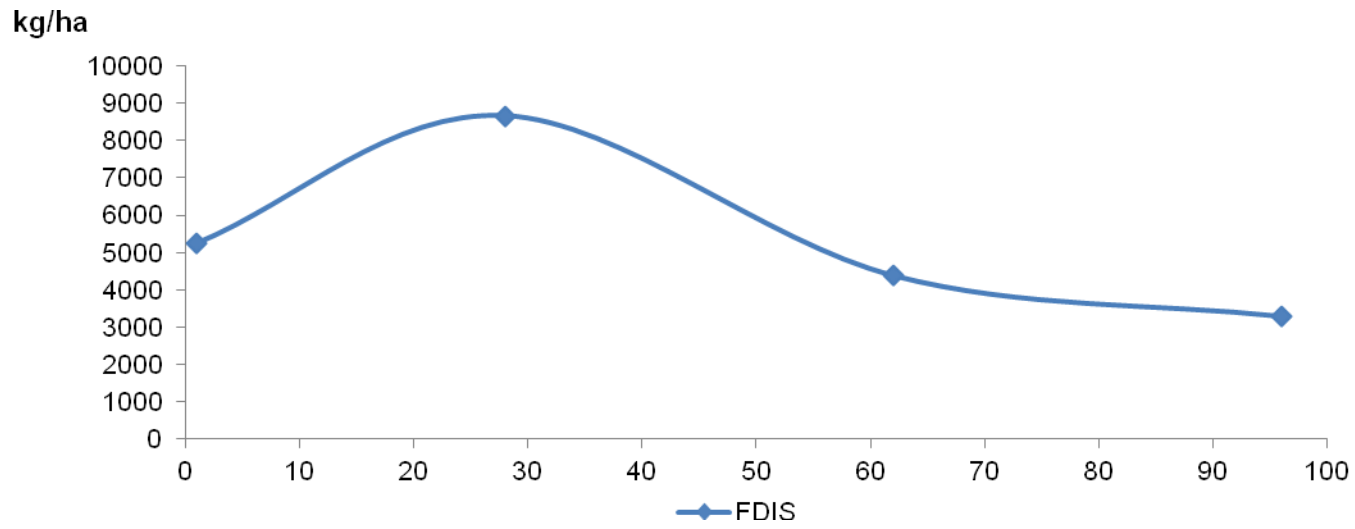
Respecto a la SP, el consumo total de forraje disminuyó ( $P < 0.01$ ) con la SE. Como era de esperarse debido al incremento en el consumo de forraje causada por la SP, el consumo de FDN y FDA tuvo un incremento en 137, 164 y 205 % y 135, 169 y 229 % en SPL, SEL y SEH respectivamente en FDN y FDA, donde se observó diferencia entre la SPL y SPH ( $P = 0.002$ ) y ( $P < 0.0001$ ) entre la SP vs la energética, pero no se encontró diferencia entre los niveles de SE ( $P = 0.20$  y  $P = 0.11$  respectivamente). En un estudio realizado por Olson et al., (1999) al adicionar almidón como suplemento energético en niveles de 0.15 y 0.30% del PV encontró una disminución de 11 y 15 %, respectivamente en el consumo de un heno de baja calidad (4.9 % de PC y 72.3 % de FDN) provenientes de una pradera mixta. Por este mismo efecto sustitutivo sobre el forraje de la dieta, Chase y Hibberd (1987) reportaron también disminuciones en el consumo de FDN al ofrecer una dieta basal de heno de pasto nativo con 4.2 y 72.1 % de PC y FDN suplementado con maíz a un 0.2% de PV. Esto difiere de lo encontrado por Bodine et al., (2001), Jones et al (1988) quienes no observaron diferencias sobre el consumo de FDN entre SP y SE.

**Cuadro 4. Consumo de forraje por novillos en pastoreo suplementados con pasta de soya o trigo rolado.**

	Tratamientos				EE	C 1		C 2		C 3		P < F		
	LP	HP	LE	HE		SP	SE	SPL	SPH	SEL	SHE	C1	C2	C3
CTMS	7.14 <sup>a</sup>	5.41 <sup>b</sup>	5.19 <sup>b</sup>	5.84 <sup>ab</sup>	1.02	6.28	5,52	7.14	5.41	5.19	5.84	0.055	0.002	0.273
CMSPM	84.9	71.2	73.4	65.0	16.1	78.05	69.2	84.9	71.2	73.4	65.0	0.194	0.114	0.414
CTF	6.90 <sup>a</sup>	4.99 <sup>b</sup>	3.99 <sup>bc</sup>	2.63 <sup>c</sup>	1.11	5.95	3.31	6.90	4.99	3.99	2.63	<0.0001	0.003	0.054
CTFDN	4114 <sup>a</sup>	2994 <sup>b</sup>	2505 <sup>bc</sup>	2002 <sup>c</sup>	631	3354	2254	4114	2994	2505	2002	<0.0001	0.002	0.200
CTFDA	1559 <sup>a</sup>	1150 <sup>b</sup>	920 <sup>bc</sup>	6801 <sup>c</sup>	237	1354	800	1559	1150	920	680	<0.0001	0.003	0.114
CTN	681 <sup>a</sup>	607 <sup>ab</sup>	457 <sup>c</sup>	561 <sup>b</sup>	72.3	644	509	681	607	457	561	0.001	0.073	0.042
CTMSD	4076 <sup>ab</sup>	3197 <sup>b</sup>	3267 <sup>b</sup>	4281 <sup>a</sup>	692	3637	3774	4077	3197	3267	4281	0.550	0.007	0.010

a, b, c medias con distinta literal en una hilera no son iguales ( $P \leq 0.05$ ). CTMS: consumo total de materia seca, CMSPM: consumo total de materia seca por unidad de peso metabólico, CTF: consumo total de forraje, CTFDN: consumo total de FDN, CTFDA: consumo total de FDA, CTN: consumo total de N, CTMSD: consumo total de materia seca digestible, LP: 0.3 g/kg del PV de pasta de soya, HP: 0.6 g/kg del PV de pasta de soya, LE: 0.4% del PV de trigo rolado, HE: 0.8% del PV de trigo rolado. C1, C2, C3= Contrastes 1,2 y 3. EE: error estándar.

**Forraje Disponible.** En la tendencia observada por la disponibilidad de forraje (**FDIS**; Figura 2) durante los 98 d del experimento, se presentó un componente cuadrático ( $P < 0.05$ ), con valores mensuales promedio de 5026, 4946 y 4067 kg/ha en agosto, septiembre y octubre respectivamente. El valor máximo de FDIS (8655 kg/ha) ocurrió durante el mes de agosto. Esto pudo deberse a lo acumulado desde el inicio de la estación de crecimiento. Similar comportamiento observó Utley et al., (1974) para Bermuda Coastal durante los meses de mayo a septiembre. Bodine y Purvis (2003) reportaron valores de producción de forraje de 3,797, 4,461 y 4012 kg de MS ha<sup>1</sup> a los 28, 56 y 83 días de su experimento en una pradera de tallgras pastoreada por novillos recibiendo suplemento proteico o energético



**Figura 2. Relación GDP con días en pastoreo y disponibilidad de forraje.**

**Digestibilidad in vitro.** En el Cuadro 5 se observan los cambios en DIVMO del pasto bermuda a lo largo del experimento. En general, y en contraste con diversos reportes, ocurrió que en el primer periodo la DIVMO fue 8% menor ( $P < 0.05$ ) con respecto al último periodo de pastoreo. Entre el segundo y tercer periodo no hubo diferencia significativa. Esto pudo atribuirse a que el contenido de FDN, y LIG tuvo un ligero descenso en el último periodo de pastoreo. Difiere con lo observado por Utley et al., (1974) para la variedad Coastal cosechado a los 28, 56 y 84 días (65, 58 y 46 % respectivamente) durante el verano en esto contrasta con Arthington y Brown (2005) quienes encontraron valores de DIVMO de 55 y 47% en pasto bermuda cosechado a las 4 y 8 semanas.



**Cuadro 5. Disponibilidad, digestibilidad in vitro y composición química de forraje.**

	PERIODO			EE
	1	2	3	
FDISP	55450 <sup>a</sup>	4303 <sup>ab</sup>	4073 <sup>b</sup>	1104
DIVMO	64.5 <sup>b</sup>	68.3 <sup>a</sup>	69.9 <sup>a</sup>	2.4
MSP	48.6 <sup>a</sup>	41.3 <sup>b</sup>	42.7 <sup>b</sup>	2.8
PC	7.7	7.8	6.3	1.4
FDN	61.5 <sup>a</sup>	60.2 <sup>ab</sup>	58.3 <sup>b</sup>	2.4
FDA	24.7	24.6	24.0	1.6
LIG	4.0 <sup>a</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	3.5 <sup>b</sup>	0.5

a, b, c medias con distinta literal en una hilera no son iguales ( $P \leq 0.05$ ). DIVMO: digestibilidad in vitro de la materia orgánica. PC: proteína cruda. FDN: fibra detergente neutra. FDA: fibra detergente acida. LIG : lignina EE= error estándar

**Composición Química.** En el Cuadro 5 se presenta los promedios por periodo del zacate Bermuda pastoreado en los tres periodos de duración del presente estudio. El contenido de MSP disminuyó conforme avanzó el periodo de pastoreo, observándose 17.7% y 13.8% menor en el segundo y tercer periodo respectivamente. Los valores de MSP encontrados en este estudio son superiores a lo reportado por NRC (2000) en 38, 21 y 22% respectivamente para cada periodo. No existieron cambios ( $P > 0.05$ ) en el contenido de PC. Estos valores coinciden con lo reportado por Juárez-Reyes et al. (2009) al evaluar valores nutricionales de diferentes pastos tropicales del noreste de México; pero fueron menores que lo reportado por Jones et al. (1988), Galloway et al. (1993) y Wheeler et al. (2000). El contenido de FDN entre el primero y segundo periodo (61.48% vs 60.18%) no fueron diferentes ( $P > 0.05$ ); sin embargo, en el tercer periodo ocurrió un descenso del 5% respecto al primero (61.5 y 58.3% respectivamente), similares valores reporta Van Soest (1982) para pasto Timothy. Estos resultados contrastan con lo reportado por Juárez-Reyes et al., (2009) quien encontró valores de 76% para FDN; para pasto bermuda. El contenido de LIG fue 17% superior al inicio del experimento con respecto al tercero, no hubo diferencia significativa ( $P > 0.05$ ).

**Coefficiente de regresión.** Se realizó un análisis de regresión múltiple (Stepwise) para determinar que variables ambientales y propias del forraje tienen mayor impacto sobre la DIVMS y DIVMO, la composición química, disponibilidad y producción de materia seca de forraje. En este se pudo observar que las variables ambientales tienen un mayor impacto sobre la producción de MS y la DIVMS para el primer y segundo periodo fueron UC, FN y FDIS ( $R^2 = 0.50$ ) y FNDF, ETO y FLIG ( $R^2 = 0.82$ ) respectivamente, y similar condición se observó para la

DIVMO donde se obtuvieron las variables de UC, FN y FDIS ( $R^2 = 0.87$ ) para el primer periodo y FLIG, HRMIN y FNDF ( $R^2 = 0.87$ ) para el segundo periodo como las de mayor impacto en el primer y segundo periodo respectivamente. Respecto a las variables de mayor peso sobre la composición química, disponibilidad, y producción de materia seca de forraje se obtuvo que en el primer periodo TSOIL, HRMAX, TMED y TMAX ( $R^2 = 0.78$ ) y RSUM, TMAX y HRMIN ( $R^2 = 0.84$ ) en el segundo periodo. Sobre la composición de FDN tuvo como resultado que la TMIN, ETO, TSOIL, HRMAX y HRMIN ( $R^2 = 0.93$  en el primer periodo) y TMAX, HRMIN, RSUN, TMIN y ETO ( $R^2 = 0.78$  en el segundo periodo) fueron las que tuvieron un alto impacto. Respecto al contenido de FN; la TSOIL, UC, HRMAX, ETO y HRMIN ( $R^2 = 0.94$ ) y la RSUN y ETO ( $R^2 = 0.42$ ) para el primer y segundo periodo respectivamente fueron los que influenciaron.

**Cuadro 6. Coeficientes de regresión de variables ambientales y de composición química con mayor influencia sobre la digestibilidad in vitro de la materia seca y materia orgánica.**

DIVMS	PERIODO 1						PERIODO 2					
	Bo	UC	FN	FDIS	R <sup>2</sup>	P>F	Bo	FNDF	ETO	FLIG	R <sup>2</sup>	P>F
B's	-24.7083	-3.8949	7.0671	0.0039	0.50	0.048	15.4256	-0.0974	2.6439	0.3575	0.82	0.073
R <sup>2</sup> parcial		0.3705	0.0631	0.0643			0.4086	0.2184	0.1972			
R <sup>2</sup> modelo		0.3705	0.4336	0.4979			0.4086	0.627	0.8242			
P>F		0.0618	0.4064	0.4143			0.0466	0.0826	0.041			

DIVMO	PERIODO 1						PERIODO 2					
	Bo	UC	FN	FDIS	R <sup>2</sup>	P>F	Bo	FLIG	HRMIN	FNDF	R <sup>2</sup>	P>F
B's	75.3961	-0.7565	1.0692	0.0007	0.44	0.0003	107.5349	8.6858	-0.5006	-1.0224	0.87	0.0003
R <sup>2</sup> parcial		0.2910	0.0713	0.0774				0.3508	0.3911	0.1330		
R <sup>2</sup> modelo		0.2910	0.3623	0.4397				0.3508	0.7419	0.8749		
P>F		0.1075	0.4058	0.3977				0.0712	0.0139	0.045		

UC: unidades calor, FN: nitrógeno del forraje, FDIS: forraje disponible, FNDF: fibra detergente neutra, LIG: lignina, ETO: evapotranspiración, HRMIN: humedad relativa mínima

**Cuadro 7. Coeficiente de regresión de variables ambientales con mayor influencia sobre la disponibilidad, MSP y composición química del forraje**

PERIODO 1									PERIODO 2							
<b>FDIS</b>	Bo	TSOIL	HRMAX	TMED	TMAX	R2	P>F		Bo	RSUM	TMAX	HRMED	HRMAX	R <sup>2</sup>	P>F	
B's	10493	343.533	126.093	874.427	313.834	0.729	0.048		5690.25	12.635	88.768	73.514	-22.979	0.84	0.034	
R <sup>2</sup>		0.347	0.078	0.275	0.029					0.461	0.208	0.154	0.022			
parcial																
R <sup>2</sup>		0.347	0.425	0.700	0.729					0.461	0.669	0.823	0.844			
modelo																
P>F		0.073	0.363	0.058	0.495					0.031	0.074	0.063	0.443			
<b>FDN</b>	Bo	TMIN	ETO	TSOIL	HRMAX	HRMIN	R2	P>F	Bo	TMAX	HRMIN	RSUN	TMIN	ETO	R <sup>2</sup>	P>F
B's	15.24	0.187	-3.752	2.228	-0.236	-0.201	0.93	0.432	8.95	0.874	0.519	0.023	-0.885	3.500	0.78	0.657
R <sup>2</sup>		0.353	0.442	0.039	0.054	0.044				0.346	0.153	0.124	0.044	0.112		
parcial																
R <sup>2</sup>		0.353	0.794	0.833	0.887	0.931				0.346	0.499	0.622	0.666	0.778		
modelo																
P>F		0.070	0.006	0.282	0.182	0.185				0.074	0.187	0.211	0.455	0.229		
<b>FN</b>	Bo	TSOIL	UC	HRMAX	ETO	HRMIN	R <sup>2</sup>	P>F	Bo	RSUN	ETO	R <sup>2</sup>	P>F			
B's	33.60	-1.819	0.328	0.135	1.967	0.121	0.94	0.025	10.94	-0.018	1.226	0.422	0.036			
R <sup>2</sup>		0.157	0.257	0.094	0.060	0.237				0.236	0.186					
parcial																
R <sup>2</sup>		0.157	0.414	0.508	0.568	0.805				0.236	0.422					
modelo																
P>F		0.258	0.123	0.327	0.442	0.093				0.155	0.178					

FDIS: forraje disponible, FDN: fibra detergente neutra, TSOIL: temperatura del suelo, HRMAX, humedad relativa máxima, HRMIN: humedad relativa mínima, TMAX: temperatura máxima, TMIN: temperatura mínima, ETO, Evapotranspiración, UC: unidades calor, RSUN: radiación solar.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló este experimento, se concluye que la suplementación energética en novillos pastoreando una pradera de mediana calidad tuvo una mejor respuesta productiva comparada con la suplementación proteica.

Las diferencias principales entre los tratamientos se manifestaron en el último periodo de pastoreo, cuando disminuyó la disponibilidad de forraje, antes que sus estimadores de calidad, que permanecieron sin mayor cambio hacia el final de experimento.

El efecto sustitutivo de la suplementación sobre el consumo de forraje en la pradera fue mayor con la adición de energía y a la vez directamente proporcional con el nivel de suplemento energético.

Bajo las condiciones y duración del presente estudio durante el primer periodo las variables ambientales como unidades de calor, temperatura del suelo y temperaturas máximas y mínimas aparentemente registraron mayor influencia sobre los estimadores de calidad de la planta. Los estimadores de la composición química tendieron a registrar mayor influencia los periodos últimos de estudio, previo al estado de latencia.

## LITERATURA CITADA.

- Allison, C.D. (1985). Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *J. Range Manage.* 38:305.
- Álvarez E. G., Zinn R. A. (2007) Influence of site of casein infusion on voluntary feed intake and digestive function in steer calves fed a sudangrass-based growing diet. *J. Anim. Vet. Adv.* 6: 249-256.
- Ackerman C. J., H. T. Purvis II, G. W. Horn, S. I. Paisley, R. R. Reuter and T. N. Bodine. 2001. Performance of light vs heavy steers grazing Plains Old World bluestem at three stocking rates. *J. Anim. Sci.* 79:493-499.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis (15th Ed.)*. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Bodine, T. N, H. T. Purvis II, C. J. Ackerman and C. L. Goad. 2000. Effect of supplementing prairie hay with corn and soybean meal on intake, digestion, and ruminal measurements by beef steers. *J. Anim. Sci.* 78:3144-3154.
- 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.
- Bohnert, D. W. T. DelCurto, A. A. Clark, M. L. Merrill, S. J. Falck and D. L. Harmon. 2011. Protein supplementation of ruminants consuming low-quality cool or warm-season forage: Differences in intake and digestibility. *J. Anim. Sci.* 89:3707-3717.
- Bowman, J. G. P., and D. W. Sanson. 1996. Starch- or fiber-based energy supplements for grazing ruminants. Pages 118–135 in *Proc. Grazing Livest. Nutr. Conf.*, Rapid City, SD.

- Caton, J. S. and D. V. Dhuyvetter. 1997. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirement and responses. *J. Anim. Sci.* 75:533-542
- Cook, C. W. and L. E. Harris. 1968. Effect of supplementation on intake and digestibility of range forage. *Utah Agr. Exp. Sta. Bull.* 475.
- Coomer, J. C., H. E. Amos, M. A. Froetschel, K. K. Ragland, and C. C. Williams. 1993. Effects of supplemental protein sources on ruminal fermentation, and amino acid absorption in steers and on growth and feed efficiency in steers and heifers. *J. Anim. Sci.* 71:3078–3086.
- Chai, W., and P. Uden. 1998. An alternative oven method combined with different detergent strengths in analysis of neutral detergent fiber. *Anim. Feed Sci. Technol.* 74:281–288.
- Díaz, O. R. 2007. Utilización de pastizales naturales. ed. Argentina. Editorial Brujas. 456 p.
- Duthil, J. 1989. Producción de forrajes. Ediciones Mundi-Prensa. 3ª edición Madrid España.
- 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.
- Garner, C.J 1980. Diet selection and liveweight performance of steers on *Stylosanthes hamate*-native grass pasture. *Aust. J. Agric. Res.* 31:379-392.
- Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications). *Agric. Handbook* 379. ARS-USDA, Washington, DC.
- Hicks, C. R. 1973. *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Hill, F.W. and D.L. Anderson, 1958. Comparicion of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. *J. Nutr.*, 64: 587-603.



- Hodgson, J. 1982. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. En: Nutritional limits to Animal Production from Pastures. Proceedings of an International Symposium held at St. Lucia, Brisbane, Queensland, Australia. J.B. Hacker (Ed.). pp. 153 – 156.
- Hopkins, A. 2000. Herbage Production. In Grass. Its production and utilization. Trd. Ed. British Grassland Society-Blackwell Science. pp. 90-1001.
- Horn, G. W., and F. T. McCollum. 1987. Energy supplementation of grazing ruminants. Proc. Graz. Nutr. Conf. Jackson Hole, WY. Huston, J. E., P. V. Thompson, and C. A. Taylor, Jr. 1993. Combined effects of stocking rate and supplemental feeding level on adult beef cows grazing native rangeland in Texas. J. Anim. Sci. 71:3458.
- INEGI. 2010. Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Baja California. Aguascalientes, México. pp 3-7.
- Juárez-Reyes, A. S., M. A. Cerrillo-Soto, E. Gutiérrez-Ornelas, E. M. Romero-Treviño, J. Colín-Negrete y H. Bernal-Barragán. 2009. Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas in vitro. Tec. Pecu. Mex. 47:55-67
- Krysl, L. J., M. E. Branine, A. U. Cheema, M. A. Funk, and M. L. Galyean. 1989. Influence of soybean meal and sorghum grain supplementation on intake, digesta kinetics, ruminal fermentation, site and extent of digestion and microbial protein synthesis in beef steers grazing blue grama rangeland. J. Anim. Sci. 67:3040.

- Lefsrud, M. G., D. A. Kopseell and J. Curran-Calentano. 2005. Air temperature affects biomass and carotenoid pigment accumulation in kale and spinach grown in a controlled environment. *Hort. Science* 40:2026-2030.
- Mathis, C. P., R. C. Cochran, J. S. Heldt, B. C. Woods, I. E. Abdelgadir, K. C. Olson, E. C. Titgemeyer, and E. S. Vanzant. 2000. Effects of supplemental degradable intake protein on utilization of medium- to low-quality forages. *J. Anim. Sci.* 78:224–232.
- Mejía-Haro, J., O. Ruiz-Barrera y J. A. Jiménez-Castro. 2003. Efecto de dos fuentes de proteína de degradabilidad ruminal diferente sobre el crecimiento y procesos digestivos en bovinos productores de carne. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 2003. 11(2): 101-110.
- Mertens, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.* 64:1548.
- Minson, D. J. 1981. Forage quality: Assessing the plant animal complex. In: Proceedings of the XIV International Grassland Congress. A . Smith and V. Hays (eds.) Lexington, Kentucky, USA. pp 23-28.
- Minson, J.D. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press. Sta. Lucia. Queensland, Australia. 483 p.
- Montague, W. D.; Laca, E. A. & Greenwood, G. B. 1986. Intake in grazing ruminants: A conceptual framework. In: Feed intake by beef cattle. Symposium Proceedings. Oklahoma State University, USA. p. 208.
- Moreno, C. B. 2005. Increasing levels of energy supplementation on weight gain of grazing steers kept on a natural pasture at the southeastern region of Rio Grande do Sul. *Revista brasileira de zootecnia* (1516-3598), 34 (1), p. 159.

- Muller, L. D. 1996. Nutritional Considerations for Dairy Cattle on Intensive Grazing Systems. Proceedings from the Maryland Grazing Conference.
- Nelson, J. and Volenec, J. 1995. Environmental and physiological aspects of forage management. In: Forages. Volume I. An introduction of Grassland Agriculture. 5a Ed. Iowa State University Press.
- Newman, Y. C., T. R. Sinclair, A. S. Blount, M. L. Lugo, E. Valencia. 2007. Forage production of tropical grasses under extended daylength at subtropical and tropical latitudes. Environmental and Experimental Botany 61: 18 – 24.
- NRC. 1987. Predicting Feed Intake of Food Producing Animals. National Academy Press. Washington, DC.
- NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th Ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Nocek, J. E y J. B. Russell. 2001. La suplementación del Ganado Bovino en el trópico. XIX Simposium de Ganadería Tropical. México. Pag. 345-354.
- Ojeda, F; Pino, Bárbara N.; Lamela, L y Montejo, I. 2010 .Efecto de la suplementación proteínica en la respuesta productiva de toros alimentados con dietas mixtas basadas en hollejo de cítrico. Pastos y Forrajes [online]. 2010, vol.33, n.3, pp. 0-0. ISSN 0864-0394.
- Poppi, D. P., and S. R. McLennan. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. J. Anim. Sci. 73:278-290.
- Pordomingo, A. J., J. D. Wallace, A. S. Freeman, and M. L. Galyean. 1991. Supplemental corn grain for steers grazing native rangeland during summer. J. Anim. Sci. 69:1678.

- Robinson, Peter, Dan Putnam, and Shannon Mueller. 1998. Interpreting Your Forage Test Report, in Calif. Alfalfa and Forage Review, Vol 1, No 2. Univ. of Calif.
- Rodríguez, G. J., A. López L., D. Calderón M., J. Cortes N., J. F. Ponce M., J. E. Guerra L y B. A. Partida R. 2001. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición química y digestibilidad in vitro del ballico anual en el valle de Mexicali. Memorias de la XI reunión sobre producción de carne y leche en climas cálidos. Mexicali. B.C.
- Sakurai, M., and H. Dohi. 1988. Thermoregulatory behaviour of grazing cattle. 1. The relationships between hair temperature and thermoregulatory behaviour in a hot environment. Bull. Natl. Grassl. Res. Inst. 38:1-13.
- Sales, MFL. Couto, VRM; Acedo, TS; Porto, Mo; Valadares, SD; y Paulino MF. 2008. Energy levels in multiple supplements for finishing beef cattle grazing palisade grass pasture during the rainy to dry transition season. Revista brasileira de zootecnia (1516-3598), 37 (4), p. 724.
- Sanson, D. W., D. C. Clanton, and I. G. Rush. 1990. Intake and digestion of low-quality meadow hay by steers and performance of cows on native range when fed protein supplements containing various levels of corn. J. Anim. Sci. 68:595.
- Sinclair, T. R., Jeferry, D. Ray, P. I Mislevy y L. Monica Premazzi. 2003. Growth of subtropical Forage Grasses under extended Photoperiod during Short-Daylength Months. Crops Sci. 43: 618 – 623.
- Sprinkle, J. E., J. W. Holloway, B. G. Warrington, W. C. Ellist, J. W Stuth, T. D. Forbes and L. W. Greene. 2000. Digesta kinetic, energy intake, grazing behavior, and body

- temperature of grazing beef cattle differing in adaptation to heat. *J. Anim. Sci.* 78:1608-1624.
- Utley, P. R., H. D. Chapman, W. G. Monson, W. H. Marchant, and W. C. McCormick. 1974. Coastcross bermudagrass, coastal bermudagrass and pensacola bahiagrass as summer pasture for steers. *J. Anim. Sci.* 38:490-495
- Van Soest, P. J., Robertson J. B & Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74, 3583–3597.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Second Ed. Cornell University Press. Ithaca, N.Y
- 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. 80:780-789.
- Zinn, R. A. and J. Salinas. 1999. Influence of Fibrozyme on digestive function and growth performance of feedlot steers fed a 78% concentrate growing diet. In: *Biotechnology in the feed industry 15<sup>th</sup> annual symposium*. United Kingdom. Nottingham university press. pp. 313-319.
- Zinn, R. A. 1991. Comparative feeding value of steam-flaked corn and sorghum in finishing diets supplemented with or without sodium bicarbonate. *J. Anim. Sci.* 69:905–916.