



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA,
INVESTIGACIÓN Y SERVICIO EN ZOOTECNIA**

POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**ESTADO NUTRICIONAL DEL GANADO Y ACUMULACIÓN DE
FORRAJE EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE BECERROS**

TESIS

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



**PRESENTA
VICTOR ARTEAGA CABRERA**

DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEL TO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Bajo la supervisión de: MAXIMINO HUERTA BRAVO, Ph D



Junio, 2014
Chapingo, Estado de México

ESTADO NUTRICIONAL DEL GANADO Y ACUMULACIÓN DE FORRAJE EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE BECERROS

Tesis realizada por **VICTOR ARTEAGA CABRERA**, bajo la supervisión del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

DIRECTOR:



Ph. D. Maximino Huerta Bravo

ASESOR:



Dr. José Luis Zaragoza Ramírez

ASESOR:



M.C Constantino Romero Márquez

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
AGRADECIMIENTOS	ix
DATOS BIOGRÁFICOS.....	x
1 INTRODUCCIÓN GENERAL	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Producción de becerros en el trópico mexicano	5
2.3. Importancia y función de los minerales en animales en pastoreo	6
2.4. Requerimientos de minerales en la dieta de los bovinos	9
2.5. Componentes del estado mineral del ganado productor de carne	10
2.5.1. Perfil mineral en suelo.....	11
2.5.2. Perfil mineral en agua	13
2.5.3. Perfil mineral en forraje	14
2.5.4. Perfil mineral en suero sanguíneo	18
2.5.5. Perfil de infestación parasitaria y condición corporal en bovinos.....	22
2.6. Valor nutritivo y productividad del forraje.....	23
2.6.1. Técnicas de muestreo	23
2.6.2. Tasa de crecimiento del forraje	24
2.6.3. Producción de forraje	25
2.6.4. Calidad nutritiva del forraje	26
2.7. Literatura citada	28
3 ESTADO NUTRICIONAL DEL GANADO BOVINO EN PASTOREO EN EL ORIENTE DE PUEBLA.....	35
3.1. Resumen.....	35
3.2. Abstract.....	36
3.3. Introducción	37
3.4. Materiales y métodos	38
3.4.1. Localización y época de muestreo	38
3.4.2. Descripción de la unidad de producción	38
3.4.3. Colecta y procesamiento de muestras	39
3.4.4. Análisis de laboratorio.....	41
3.4.5. Análisis estadístico.....	42
3.5. Resultados y Discusión	44
3.5.1. Concentración mineral en suelo.....	44
3.5.2. Concentración mineral en agua	45
3.5.3. Concentración mineral en forraje	46
3.5.4. Concentración mineral en suero sanguíneo	48
3.5.5. Contenido de proteína y fibra del forraje	54
3.5.6. Infestación parasitaria	55

3.6.	Conclusiones-----	56
3.7.	Literatura citada -----	56
4	PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FORRAJE, Y CONDICIÓN CORPORAL DEL GANADO BOVINO DE CARNE -----	61
4.1.	Resumen-----	61
4.2.	Abstract-----	62
4.3.	Introducción -----	63
4.4.	Materiales y métodos -----	64
4.4.1.	Localización-----	64
4.4.2.	Descripción de la unidad de producción -----	65
4.4.3.	Mediciones en campo-----	65
4.4.3.1.	En los potreros -----	65
4.4.3.2.	Condición corporal en el ganado bovino-----	67
4.4.4.	Variables calculadas -----	67
4.4.4.1.	Acumulación mensual del forraje -----	67
4.4.4.2.	Tasa de crecimiento del forraje-----	68
4.4.5.	Análisis de laboratorio-----	68
4.4.6.	Análisis estadístico-----	68
4.5.	Resultados y Discusión -----	69
4.5.1.	Acumulación mensual del forraje-----	69
4.5.2.	Tasa de crecimiento y producción anual del forraje -----	71
4.5.3.	Proteína cruda en praderas y en el forraje de jaulas-----	73
4.5.4.	Tasa de crecimiento del forraje y condición corporal-----	76
4.6.	Conclusiones-----	78
4.7.	Literatura citada -----	79

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Los minerales y sus funciones en el organismo. Adaptado de McDowell y Arthington (2005).....	8
Cuadro 2. Niveles mínimos para cubrir requerimientos, rango adecuado y máximos tolerables de minerales en alimento para ganado bovino.....	9
Cuadro 3. Signos de deficiencias de minerales en el ganado bovino (Adaptado de Merck Veterinaria Manual, 2011).	11
Cuadro 4. Principales funciones de los micronutrientes esenciales para las plantas (Tomado de Kirkby y Römheld, 2004).	15
Cuadro 5. Variación en las concentraciones de minerales en forraje obtenidas en estudios en el trópico mexicano.....	16
Cuadro 6. Criterios para la clasificación del estado de los minerales (mg L^{-1}) en suero de bovinos: deficiente, adecuada y alta.	19
Cuadro 7. Concentración (mg L^{-1}) de minerales en suero sanguíneo por tipo de animal en nueve estudios realizados en el trópico mexicano.	21
Cuadro 8. Gramíneas forrajeras comunes en el trópico mexicano y producción anual de materia seca.....	26
Cuadro 9. Valor nutritivo de diferentes especies de gramíneas.....	27
Cuadro 10. Concentración de minerales (mg kg^{-1}) extraíbles y pH en los suelos, en una unidad de producción de becerros, en tres épocas del año.....	44
Cuadro 11. Concentración de minerales (mg L^{-1}) en agua disponible para el ganado, en una unidad de producción de becerros, en tres épocas del año....	46
Cuadro 12. Concentración mineral (base seca) en el forraje colectado con la técnica de “hand plucking”, en tres épocas del año.	46
Cuadro 13. Nivel de significancia (probabilidad) para las variables época y tipo de animal con respecto a la concentración mineral de Ca, P, Mg, Na, K, Cu, Fe, Zn, Relación Ca:P y Na:K.	52

Cuadro 14. Concentración mineral (mg L^{-1}) en suero de animales jóvenes y adultos en tres épocas del año, en una unidad de producción de becerros, en el Oriente de Puebla.	52
Cuadro 15. Contenido de proteína cruda y fibra (base seca) en el forraje colectado por la técnica de hand plucking, en tres épocas del año.	55
Cuadro 16. Nivel de infestación parasitaria (%) de animales adultos y jóvenes en tres épocas del año.....	56
Cuadro 17. Tasa de crecimiento mensual ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) y producción anual de MS (kg ha^{-1}) de especies forrajeras presentes en los potreros experimentales.	72
Cuadro 18. Altura, tasa de crecimiento y peso seco acumulado, en tres épocas del año, en el oriente de Puebla.	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Efecto del pH en la disponibilidad de nutrientes.	12
Figura 2. Efecto de época sobre las concentraciones séricas (medias de cuadrados mínimos $\pm$ error estándar) de calcio $\pm$ 5.01, sodio $\pm$ 275 y relación Ca:P $\pm$ 0.13 de animales adultos y jóvenes en el trópico poblano.	53
Figura 3. Efecto de época sobre las concentraciones séricas (medias de cuadrados mínimos $\pm$ error estándar) de potasio $\pm$ 8.34, relación Na:K, cobre $\pm$ 0.04 y hierro $\pm$ 0.10 de animales adultos y jóvenes en el trópico poblano.	54
Figura 4. Plano y distribución de jaulas de exclusión en los potreros experimentales.....	66
Figura 5. Acumulación de forraje mensual (kg MS ha ⁻¹) en jaulas de exclusión y presente en los potreros del sistema de producción vaca-becerras del Oriente de Puebla.....	69
Figura 6. Producción de forraje acumulado en los potreros experimentales....	71
Figura 7. Porcentaje de proteína cruda (PC, base seca) del forraje acumulado mensualmente y presente en praderas en el trópico poblano.	74
Figura 8. Contenido de proteína cruda (PC) en el forraje acumulado en jaulas de exclusión y en el forraje disponible para el apacentamiento.	76
Figura 9. Relación entre la tasa de crecimiento (TC) del forraje y la condición corporal del ganado bovino de carne en pastoreo, en el Oriente de Puebla. ...	77

DEDICATORIAS

A mis padres Victoriano Arteaga Ortigoza y Carmen Gloria Cabrera Bretón por sus sabios consejos, por su amor, cariño y su apoyo incondicional, gracias por compartirme su experiencia.

A mis hermanos Celerino Rafael, Zonia, Angélica, Celenita y Daniel por su apoyo, su constancia e insistencia hacia mí en superación y crecimiento como persona profesional.

En especial a mi novia Guille por su paciencia y amor, apoyo invaluable y por ser una de mis razones de vivir.

*Sinceramente dedico a todas las personas que confiaron siempre en mí.
Arteaga Cabrera Victor.*

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y a los profesores del Posgrado en Producción Animal por ser parte vital en mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), que a través de la asignación de becas ha contribuido a mi desarrollo profesional.

Al comité de Fomento y Salud Animal del Estado de Puebla A.C. Por el apoyo brindado en los análisis coproparásitoscópicos.

Al PhD Maximino Huerta Bravo por sus sabios consejos, paciencia y por su inmenso apoyo en la realización de esta Tesis.

Al Dr. José Luis Zaragoza Ramírez por su apoyo invaluable e incondicional, y por las facilidades brindadas en el Laboratorio de Forrajes del Departamento de Zootecnia.

Al MC Constantino Romero Márquez por la colaboración y edición de este trabajo de investigación.

Al MC Paulina Vázquez Mendoza y MC José Luis Zepeda por su apoyo durante mi estancia en el Posgrado. A los CC. José Luis Bravo y Fiaban Aguilera por su amistad y su apoyo extraordinario en Laboratorio.

A todos mis compañeros de la Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera Gen. 2012-2013, con quienes conviví durante dos años.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre	Victor Arteaga Cabrera
Fecha de nacimiento:	04 de Enero de 1985
Lugar de nacimiento:	Tetelilla de Islas, Tuzamapan de Galeana, Puebla
CURP	AECV850104HPLRBC02
Cartilla de SMN:	C-8212911
Cédula profesional:	7319462

Desarrollo académico

Licenciatura	Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, México. En el periodo de 2000-2007.
Maestría	Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo.

RESUMEN GENERAL

El objetivo de este trabajo fue analizar la nutrición mineral entre los componentes del sistema agua, suelo, forraje, animal; el perfil de infestación parasitaria; la acumulación mensual, la tasa de crecimiento (TC) y el contenido de proteína cruda (PC) en forraje; y la condición corporal (CC) de los bovinos en pastoreo. En tres épocas (lluvias, nortes y seca) del año se colectaron muestras de suelo, agua, forraje disponible para el ganado, suero sanguíneo y muestras de heces. En forraje también se colectaron muestras mensuales provenientes de jaulas de exclusión para determinar la acumulación y tasa de crecimiento. En el suero sanguíneo y agua, las concentraciones de cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn), calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K) fueron analizados; para el caso de suelo y forraje se determinó adicionalmente manganeso (Mn). Además se determinó proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) en el forraje. En heces se determinó el nivel de infestación parasitaria. El contenido de minerales no fue diferente ($p>0.05$) entre época del año para Cu, Zn y Mn en suelo; y Ca y Na en el agua. Las concentraciones de minerales analizados en forraje entre épocas de año fueron diferentes ($p<0.05$). Se encontraron diferencias entre épocas ($p<0.05$) para el contenido de FDN y PC. Los animales jóvenes tuvieron mayor ($p<0.05$) carga parasitaria que adultos. Las concentraciones séricas mostraron diferencias ($p<0.05$) entre épocas del año en las concentraciones de Na, K, Cu y Fe. Así mismo entre tipo de animal se encontraron diferencias ($p<0.05$) en P, Mg y K. La interacción tipo de animal por época en Ca, Na, K, Cu y Fe. Se encontraron diferencias ($p<0.05$) entre potreros, meses y época del año en los parámetros de las praderas asociados a la producción de forraje. En el ganado existen desbalances minerales, con excesos de P, Mg y Na en el suero sanguíneo, deficiencias de Cu y Zn, y en algunos casos de potasio y hierro. Las épocas de nortes y seca son los periodos críticos para el crecimiento, en lluvias el contenido de proteína es limitante en los forrajes.

Palabras claves: suelo, agua, forraje, suero sanguíneo, época

Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Víctor Arteaga Cabrera
Director de Tesis: Ph.D. Maximino Huerta Bravo

GENERAL SUMMARY

The objective of this study was to analyze the mineral nutrition among the system components: water, soil, forage and animal; the parasite infestation profile; the monthly accumulation, growth rate (TC) and crude protein content (PC) in forage; and body condition score (BCS) of grazing cattle. In three seasons (rainy, “nortes” and dry) of the year, samples of soil, water, forage available for livestock, blood serum and fecal samples were collected. Monthly forage samples from exclusion cages were also collected to determine the accumulation and growth rate. In blood serum and water, copper (Cu), iron (Fe), zinc (Zn), calcium (Ca), phosphorus (P), magnesium (Mg), sodium (Na) and potassium (K) concentrations were analyzed. Manganese (Mn) was also analyzed in soil and feeds. Crude protein (CP) content, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) were also determined in forage. Feces were used to determine parasite infestation. The mineral content was not different ($P>0.05$) between season for Cu, Zn and Mn in soil, Ca and Na in water and K for forage. Mineral concentrations in forage analyzed between seasons of year were different ($p < 0.05$). There were differences between seasons ($p < 0.05$) for NDF and PC. Young animals had a higher parasite burden ($p < 0.05$) than adults. The serum concentrations were different ($p < 0.05$) between seasons for Na, K, Cu and Fe, different in P, Mg and K for type of animal, and there was an interaction season x animal type in Ca, Na, K, Cu and Fe. Differences ($p < 0.05$) between paddocks, months and season were found. In cattle, mineral imbalances existed, with excess P, Mg and Na in blood serum, Cu and Zn deficiencies, and in some cases, potassium and iron. “Nortes” and dry periods are critical for growth. The rainy season limits the protein content in forages.

Key words: soil, water, forage, blood serum, season

Master of Science Thesis, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Victor Arteaga Cabrera
Advisor: Ph.D. Maximino Huerta Bravo

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

El inventario ganadero de México en 2012 fue de 29.5 millones de cabezas de bovinos para carne aproximadamente (SIAP 2014). La zona tropical ha sido una de las regiones ecológicas importantes en la producción de ganado bovino y donde el trópico mexicano representa el 27% del territorio nacional (SAGARPA, 2002).

En los trópicos hay grandes fluctuaciones en calidad y cantidad de los forrajes, debido a la presencia de tres épocas definidas: “lluvias” de junio a octubre, con alta precipitación y alta temperatura; los “nortes”, de noviembre a febrero, con temperaturas relativamente bajas en enero y febrero; y el periodo seco de marzo a mayo. El aumento de peso, o como indica Ku (1999) crecimiento rápido de los bovinos, es durante la temporada de lluvias. Mientras que durante los nortes (Alonso-Díaz *et al.*, 2007) y periodo seco Ku (1999) existe pérdida de peso.

Gray *et al.* (1987) mencionaron que el conocimiento de la distribución de la producción de los forrajes durante el año, es una herramienta para planear su utilización, además (Ferreira *et al.*, 2009) indican que se debe contar con información de la calidad mínima de nutrientes del forraje para su manejo.

Mientras que la cantidad total de forraje disponible establecerá principalmente la capacidad de pastoreo, la calidad del forraje en gran medida determina su eficacia para promover el rendimiento del animal; donde la medición de proteína bruta, valor energético y minerales como probable mejor combinación para determinar la calidad del forraje (Vallentine, 2001).

Los elementos minerales en forrajes dependen de la interacción de un número de factores, incluyendo el suelo, las especies de plantas, la etapa de madurez, rendimiento, manejo de los pastos y el clima (McDowell, 2005).

McDowell *et al.* (1989) reportaron que la época del año afecta considerablemente la concentración de minerales en el suelo y forrajes de las zonas tropicales. La evaluación del estado mineral en el ganado y de las fuentes de donde los adquiere: agua, suelo, forraje y suplementos, permitirá proponer alternativas para la corrección de las deficiencias minerales (McDowell, 2005).

La medición del estado nutricional de los animales en pastoreo es un problema complejo, debido a la variación en la ingesta diaria total y el contenido nutricional de material ingerido por los animales (Vallentine, 2001).

En consideración con lo anterior, el objetivo de este trabajo fue analizar el comportamiento de la nutrición mineral en la producción de becerros, con el fin de determinar niveles e interrelaciones entre los componentes del sistema agua, suelo, forraje, animal, así como aquellos factores que afectan los requerimientos de minerales en los animales.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Producción de becerros en el trópico mexicano

En el país existen tres principales regiones agroecológicas: templada, árida y semiárida, y trópico (seco y húmedo). El trópico húmedo mexicano considerando las cuencas hidrográficas que caracterizan el medio físico, geográfico y administrativo comprende a Tabasco y Colima y partes de San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Campeche, Quintana Roo, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán de Ocampo, Jalisco y Nayarit (Olvera, 2011).

Empresas del sistema vaca-becerro en el trópico húmedo con promedio de 91 vacas, con una carga animal de 0.52 vacas/ha, porcentajes de parición de 57% y producción de 157 kg de carne por ha/año (Améndola *et al.*, 2005). Estos sistemas vaca-becerro en México están basados en pastoreo continuo sin fertilización (Magaña y Segura-Correa, 2006), alimentación limitada a la estacionalidad climática y disponibilidad de recursos económicos, donde el crecimiento de los forrajes es variable durante el año (Newman *et al.*, 2007).

El Sistema Nacional de Información e Integración de Mercado (SNIIM, 2013) reportó un volumen acumulado de ganado en pie exportado a los E.U.A. de 321.1 millones de cabezas, de las cuales 266.2 mil fueron becerros y el resto 54.8 mil fueron vaquillas.

Las zonas tropicales se han consolidado como una zona proveedora de becerros para repasto (media ceba) o finalización en corrales nacionales y de carne para el abasto del Distrito Federal y área Metropolitana de la ciudad de México (SAGARPA, 2006).

2.3. Importancia y función de los minerales en animales en pastoreo

La importancia de los minerales reside en que más del 50% de las enzimas con estructura conocida requieren de algún mineral específico para su funcionamiento (Waldron *et al.*, 2009), en el cual los elementos traza son esenciales para la salud, crecimiento, producción y reproducción, así como estos son esenciales para el funcionamiento de componentes en el sistema inmune (Álvarez, 2001; Mohd, 2013).

Los elementos minerales existen en las células y tejidos del organismo animal en diversas combinaciones funcionales y químicas y concentraciones características dependientes del elemento y tejido (Suttle, 2010).

Cada uno de los minerales esenciales realiza diversas funciones, que pueden ser predominantemente de naturaleza física, química o biológica, de acuerdo con la forma o combinación química del mineral y su situación en los tejidos y fluidos orgánicos.

Los minerales se clasifican en dos grupos de acuerdo con las cantidades requeridas por los animales:

El primero denominado **minerales principales o macrominerales** cuya concentración es mayor a 100 mg/kg de materia seca, por lo que generalmente se expresa en porcentaje: Calcio (Ca), Fósforo (P), Potasio (K), Sodio (Na), Cloro (Cl), Magnesio (Mg), y el Azufre (S). El segundo grupo es el de los **microminerales** o elementos traza, son necesarios en cantidades inferiores a 100 mg/kg de materia seca de la ración, por lo que se recomienda expresarlos en ppm, compuesto por 15 elementos minerales, Hierro (Fe), Yodo (I), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Cobalto (Co), Molibdeno (Mo), Selenio (Se), Cromo (Cr), Estaño (Sn), Vanadio (V), Flúor (F), Silicio (Si), Níquel (Ni) y Arsénico (As).

Suttle (2010) clasifica el desempeño de los minerales en cuatro grandes funciones en los animales:

Reguladora. Los minerales regulan la replicación y diferenciación celular; por ejemplo, iones calcio influyen en las señales de transducción y selenocisteína influencia la transcripción de genes.

Catalítica. Los minerales pueden actuar como catalizadores de sistemas enzimáticos y endocrinos, como componentes integrales y específicos de la estructura de metaloenzimas o como activadores menos específicos de dichos sistemas. Las actividades pueden ser anabólicas o catabólicas, originadoras de vida (oxidante) o protectoras de vida (antioxidantes).

Fisiológica. Los minerales se presentan en tejidos y fluidos corporales, como electrolitos encargados de mantener la presión osmótica, del balance ácido-base, de la permeabilidad de la membrana y de la transmisión de impulsos nerviosos. Por ejemplo: elementos tales como sodio, potasio, cloro, calcio y magnesio en sangre, líquido cefalorraquídeo y jugo gástrico.

Estructural. Los minerales pueden formar componentes estructurales de órganos y tejidos del cuerpo, tal como sucede con el calcio, fósforo, magnesio, flúor y silicio en huesos y dientes, el fósforo y azufre en las proteínas musculares. Los minerales como el zinc y el fósforo contribuyen a la estabilidad estructural de las moléculas y membranas de las cuales forman parte.

El ganado bovino necesita minerales para mantenerse productivo y saludable. Necesitan algunos minerales en mayores cantidades que otros. En el Cuadro 1 se muestra algunos minerales esenciales, sus funciones y las fuentes de donde las obtiene el ganado bovino.

Cuadro 1. Los minerales y sus funciones en el organismo. Adaptado de McDowell y Arthington (2005).

Mineral	Macrominerales: necesarios en cantidades mayores	Fuente
Calcio	Formación de huesos y dientes, función muscular y nerviosa.	CaHPO ₄ ·H ₂ O Forrajes y leguminosas
Fósforo	Formación de huesos y dientes, fosforilación, compuestos de fosfato de alta energía y componente de ARN y ADN, y muchos sistemas enzimáticos.	CaHPO ₄ ·H ₂ O, NaH ₂ PO ₄ Granos
Magnesio	Desarrollo normal del esqueleto, crecimiento, reproducción y funciones enzimáticas, desarrollo de huesos, contracción muscular.	Óxido, sulfato y carbonato de magnesio
Sodio	Involucrado en la regulación de la presión osmótica y el balance ácido-base, transmisión del impulso nervioso, permeabilidad celular.	NaCl
Cloro	Principal anión involucrado en la presión osmótica y el balance ácido-base. Anión principal de los jugos gástricos como parte del ácido clorhídrico.	NaCl
Potasio	Funciones metabólicas, regulación de la presión osmótica y el balance ácido-base, contracción muscular cardíaca, fosforilación de la creatina.	Cloruro y sulfato de K, y forrajes
Azufre	Funciones metabólicas, formación de amino ácidos en el rumen.	Sulfatos y forrajes
	Microminerales: necesarios en cantidades menores	
Cromo*	Respuesta inmune y factor de tolerancia a la glucosa.	Granos de cereales
Cobalto	Componente de la vitamina B ₁₂ , de la adenosilcobalamina y metilcobalamina.	CO ₃ , SO ₄ y Cl de Co
Cobre	Cofactor de varios sistemas enzimáticos de reducción-oxidación, síntesis de la hemoglobina, formación ósea y metabolismo tisular, pigmentación del pelo.	Sulfato, carbonato, cloruro, óxido y nitrato cúprico
Iodo	Producción de la hormona tiroidea y participa en el metabolismo de la energía.	NaCl iodizada
Manganeso	Formación ósea, activador y constituyente de sistemas enzimáticos.	Sulfato u óxido de Mn
Selenio	Componente de la glutatión peroxidasa, funciona como antioxidante.	Selenato y selenito de Na
Zinc	Cofactor de varios sistemas enzimáticos, en peptidasas y anhidrasa carbónica; necesaria para el hueso, la síntesis y metabolismo de proteína.	Carbonato, cloruro, sulfato u óxido de Zn

2.4. Requerimientos de minerales en la dieta de los bovinos

En el Cuadro 2 se presenta la información acerca de los niveles mínimos para cubrir requerimientos del ganado bovino de acuerdo a McDowell y Arthington (2005), rango adecuado con información de (NRC, 2000) y Puls (1994) y niveles máximos tolerables (NRC, 2005), de algunos minerales esenciales en el alimento para el ganado bovino.

Cuadro 2. Niveles mínimos para cubrir requerimientos, rango adecuado y máximos tolerables de minerales en alimento para ganado bovino.

Bovino	Minerales									Relación Ca:P
	Ca	P	Mg	Na	K	Cu	Fe	Zn	Mn	
	-----%					-----ppm-----				
			-					-		
^z NM	0.3	0.25	0.20	0.06	0.8	10	30	30	40	2.0:1.0
^y RA	0.3-0.81	0.25-0.45	0.25-0.35	0.18-0.67	0.6-2.0	10-18	30-300	100-500	40-200	1.2:2.0
^x NMT	1.5	0.7	0.60	1.2-1.8	2.0	40	500	500	2000	3.3:1.0

^zNivel mínimo para cubrir requerimientos del ganado bovino (McDowell y Arthington, 2005).

^yRango Adecuado, según NRC (2000) y Puls (1994).

^xNiveles máximos tolerables de minerales en el alimento (NRC, 2005).

Para poder establecer los requerimientos de minerales, es necesario tener conocimiento previo de cuáles son las principales fuentes del nutriente, y conocer los niveles en aguas, suelos y plantas, así como los factores que pueden influenciar la disponibilidad de los mismos. Por ejemplo el requisito de cobre para cubrir las necesidades del bovino se encuentran en 10 ppm y puede ser deficiente en función de las concentraciones de molibdeno, azufre, hierro, calcio, zinc y selenio en la dieta de los bovinos, factores capaces de interferir con su metabolismo. Por lo tanto, es recomendable realizar diagnósticos del estado mineral del suelo, agua, forraje y animal, así como de fuentes considerados de aportes de minerales para el animal.

2.5. Componentes del estado mineral del ganado productor de carne

Algunas investigaciones destacan la importancia del diagnóstico mineral para identificar los desbalances de minerales y su interrelación. Este diagnóstico puede estar conformado por tantos componentes se consideren aportadores de minerales al ganado (Castañeda, 2012). De acuerdo con Huerta (1999a) el diagnóstico del estado mineral del ganado en explotaciones bovinas comprende lo siguiente:

- Determinación de la composición mineral de las fuentes que el animal consume o que influyen sobre su composición: suelo, agua y alimentos.
- Signos clínicos
- Contenido mineral o actividad enzimática en tejidos o fluidos del animal.
- Suplementación para corregir la(s) deficiencia(s) mineral(es).

Debido a que los análisis minerales son complicados y caros, es importante seleccionar y analizar el mínimo de número de tejidos de plantas y animales que sean los más indicativos del estado mineral (McDowell y Arthington, 2005; Khan *et al.*, 2004), además el análisis de la dieta debe proporcionar datos útiles cuando se obtienen muestras representativas de todos los alimentos (Kincaid, 2000).

En la detección de deficiencias de minerales de animales en pastoreo es complicada por la presencia de otros problemas nutricionales (proteína, energía, vitaminas) y enfermedades (metabólicas, parasitarias e infecciosas) Huerta (1997).

Es importante la observación cautelosa del experimentador de los signos clínicos que presentan los rumiantes en pastoreo, en la detección de deficiencias o excesos de minerales.

En el Cuadro 3 se indican los signos clínicos asociados a deficiencias de minerales, son muy variables y dependen del mineral en cuestión.

Cuadro 3. Signos de deficiencias de minerales en el ganado bovino (Adaptado de Merck Veterinaria Manual, 2011).

Mineral	Signos de Deficiencia
Ca	Raquitismo, crecimiento lento, debilidad en los huesos y fracturas, reducción de la producción de leche y fiebre de leche.
P	Huesos frágiles y débiles, crecimiento pobre, disminución del apetito y comportamiento reproductivo deteriorado.
Mg	Irritabilidad, nerviosismo, tetania - aumento de la excitabilidad, contracciones musculares y convulsiones.
Na	Ansia de sal, disminución del apetito, alteraciones del crecimiento, falta de coordinación, debilidad y escalofríos.
K	Disminución en el consumo de alimento, pérdida de la condición del pelo, alteraciones en el crecimiento, emaciación e incapacidad para coordinar los movimientos musculares.
S	Crecimiento lento, disminución de la producción de leche y disminución de la eficiencia alimenticia.
Cu	Diarrea grave, apetito anormal, crecimiento deficiente, pelaje grueso y decolorado.
Fe	Anemia nutricional, mucosas pálidas, crecimiento pobre, apatía, agrandamiento del corazón, hígado graso agrandado.
Zn	Disminución de la ganancia de peso, reducción de la eficiencia de alimenticia, mastitis, problemas de la piel/heridas.
Co	Falta de apetito, anemia, disminución de la producción de leche, pelo áspero y emaciación.
I	Bocio, “gran cuello” en terneros, sustancias bociogénicas en la dieta pueden causar la deficiencia.
Mn	Retraso o disminución de los signos de estro, mala concepción, crecimiento esquelético anormal.
Se	Enfermedad del músculo blanco, abortos, retención de placenta, alteraciones en la reproducción, falta de desarrollo y reducción de la inmunidad.

2.5.1. Perfil mineral en suelo

La cantidad de microelementos presentes en el suelo depende, en principio, de la naturaleza del material parental. A medida que el suelo evoluciona y actúan, la lixiviación y el reciclado de nutrientes a través de las plantas, algunos elementos tienden a acumularse en determinados horizontes del suelo, mientras otros irán perdiéndose progresivamente en el agua de drenaje, al mismo tiempo, algunos elementos se incorporaran a partir de la contaminación atmosférica, de aportes naturales (como emisiones volcánicas o la deposición de polvo) y por la aguas de escorrentía procedentes de suelos situados en cota más elevada (Wild, 1992).

Las concentraciones de minerales disponibles para la planta varían en función de la génesis y formación geológica del suelo y de la humedad, temperatura, pH, y el contenido de materia orgánica, López (1991). La absorción de minerales por la planta es influenciada principalmente por el pH del suelo (McDonald *et al.*, 2011).

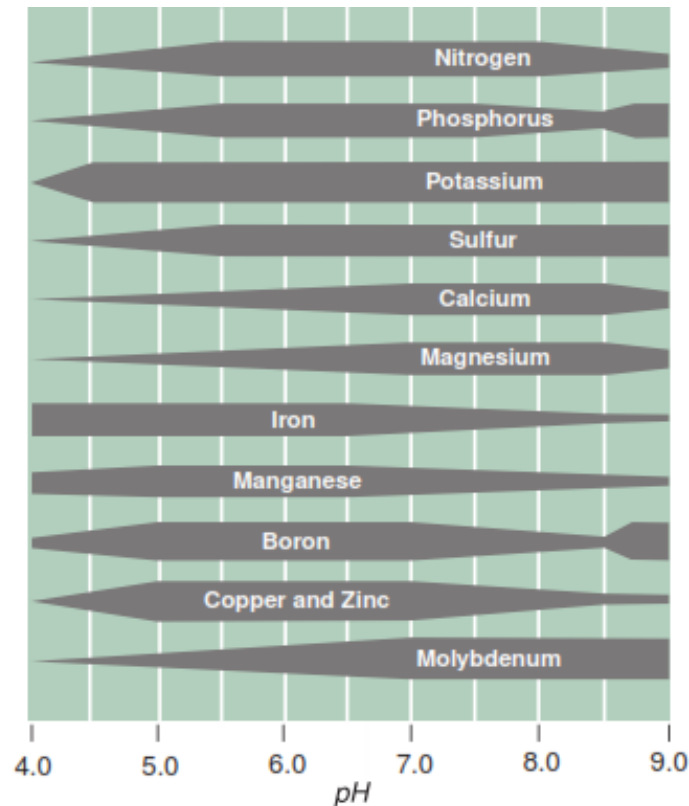


Figura 1. Efecto del pH en la disponibilidad de nutrientes.

Fuente: Hoefft *et al.* (2000). Las barras más anchas indican una mayor disponibilidad de nutrientes, al variar el pH del suelo.

En la Figura 1 se puede observar que a medida que el pH del suelo disminuye, la disponibilidad y la absorción de los elementos Fe, Mn, Cu y Zn para el forraje aumenta, mientras que la concentración de Mo disponible para el forraje disminuye. Los efectos perjudiciales del pH ácido no son a menudo por sí solo, sino con altas concentraciones de Al^{3+} y Mn^{2+} en la solución del suelo tienen efectos tóxicos sobre las plantas o una reducida disponibilidad de P (Whitehead, 2000).

2.5.2. Perfil mineral en agua

El forraje es una importante fuente de agua para los herbívoros y el ganado en pastoreo satisface su demanda de agua, principalmente por el agua de bebida y agua obtenida de la humedad presente en el forraje (Sun *et al.*, 2014). Las necesidades de agua de los rumiantes se proporcionan esencialmente de tres fuentes: 1) agua de bebida, 2) agua presente en alimentos, y 3) agua metabólica, que se forma por la oxidación de los nutrientes y los tejidos del cuerpo (Olkowski, 2009; Minson, 1990).

En la nutrición de los animales, el agua debe considerarse como una fuente de aportación de nutrientes (Castillo *et al.*, 2007). Según Beede (2012), el agua es el nutriente más importante para todas las formas de vida y el NRC (2005) indicó que puede encontrarse en alimentos de origen animal minerales potencialmente tóxicos consumidos a través del agua y presentes en los tejidos que consumen los humanos. Por ello, en la identificación de desbalances minerales en los bovinos se debe considerar el análisis del contenido mineral en el agua.

El agua en el organismo es medio en el cual se llevan a cabo las reacciones bioquímicas del metabolismo y es el solvente en el que se transportan los nutrientes semisólidos de la ingesta al tracto digestivo, para varios solutos en sangre, células dentro del cuerpo, como para las excreciones los desechos hacia afuera del cuerpo, actúa como el principal factor de control de la temperatura corporal, debido a su alto calor específico, alto calor latente de evaporación y alta conductividad térmica (McDonald *et al.*, 2011; Pond *et al.*, 2005).

El consumo de agua por los animales puede expresarse como el porcentaje de su peso vivo. Pond *et al.* (2005) indicaron que el consumo diario de agua por ganado bovino es el 6% del peso vivo (PV), aunque este porcentaje puede aumentar hasta 12% durante condiciones de estrés por calor. También mencionan que a 38 °C el animal consume 5 L de agua por kg de materia seca consumido, como sucede en la época seca, que se registran temperaturas por arriba de 38 °C y el animal eleva su consumo de agua.

Es importante identificar en el agua los posibles efectos sobre el rendimiento de los animales (producción, la reproducción y la salud) y la contaminación de las aguas con minerales incrementa la problemática de la nutrición mineral.

Dentro de la contaminación de aguas con minerales se destaca que la concentración de P máxima tolerable en agua es de 0.7 mg L^{-1} (Puls, 1994). En diversos estudios en el trópico mexicano (Castañeda, 2012; Ramos, 2009) reportaron valores de fósforo en agua superiores a la concentración máxima recomendada. Es de suma importancia considerar el aporte de minerales en la formulación de raciones, para evitar desbalances nutricionales (Beede, 2009), así como el manejo de las deyecciones de los animales (Castillo *et al.*, 2007), para evitar la contaminación animal.

Wright (2007) mencionó que el agua suele contener varios solutos y partículas suspendidas que pueden influir en su aspecto, olor, sabor y propiedades físicas y química, los animales a menudo reaccionan a tales impurezas del agua al disminuir la ingesta de agua, y por lo tanto el consumo de alimento, lo que disminuye el rendimiento del animal. Otro problema común es niveles excesivos de minerales que interfieren con la absorción normal de minerales y conducen a deficiencias. Esto es más común con altos niveles de hierro (Wright, 2007; Beede, 2005) y sulfato que se unen y evitan la absorción de cobre y zinc (Smart *et al.*, 1986).

2.5.3. Perfil mineral en forraje

Marschner (2012) divide a los nutrientes en macronutrientes, aquellos que son necesarios y están presentes en concentraciones relativamente altas en las plantas, y los micronutrientes que son igualmente esenciales, pero en concentraciones mucho más bajas. Para las plantas, la esencialidad de 14 elementos está establecida, aunque el requisito de los micronutrientes Cl y Ni está todavía restringido a un número limitado de especies de plantas.

Kirkby y Römheld, (2004) indican que en los tejidos de las plantas, cada uno de estos grupos de nutrientes tiene diferente papel en el crecimiento y metabolismo de las plantas. Las concentraciones más bajas de los micronutrientes se reflejan en su función como constituyentes de los grupos prostéticos en las metaloproteínas y como activadores de reacciones enzimáticas. En el Cuadro 4 se resumen las principales funciones de los micronutrientes esenciales para las plantas.

Cuadro 4. Principales funciones de los micronutrientes esenciales para las plantas (Tomado de Kirkby y Römheld, 2004).

Micronutrientes	Función
Fe, Mn, Cu, Ni	Constituyente de enzimas (metaloproteínas)
Mn, Zn	Activación de enzimas
Fe, Cu, Mn, Cl	Involucrados en el transporte de electrones en la fotosíntesis
Mn, Zn, Mo	Involucrado en la tolerancia al estrés
Cu, Mn, Zn, B	Involucrado en el crecimiento reproductivo (Inducción de la floración, polinización, establecimiento de fruto)
B, Zn	Constituyente de paredes y membranas

El ganado obtiene de los alimentos y forrajes que consumen, la mayor parte de sus minerales. Las concentraciones de todos los minerales en las plantas dependen en gran medida del genotipo de la planta, ambiente del suelo, el clima y la etapa de madurez (Suttle, 2010), así como las condiciones estacionales (McDonald *et al.*, 2011).

El consumo de forraje por los animales en pastoreo normalmente es limitado por la voluminosidad de los mismos y las prácticas de manejo de los animales y forrajes, estas prácticas pueden ocasionar menor oportunidad de selección, baja disponibilidad, poca altura, y baja calidad de los forrajes, donde aun cuando muchos problemas ocasionados por deficiencias minerales son reversibles, varios no lo son y afectan toda la vida del animal, especialmente cuando suceden durante la gestación (Huerta, 2010).

Generalmente, el valor nutricional de una especie no es estable, sino que varía con las condiciones edafoclimáticas (suelo, precipitación, temperatura, radiación,

etc.) y con el manejo y la variedad o accesión que se está evaluando (Hess, 1998).

Se presenta en el Cuadro 5 un resumen de las concentraciones minerales en forraje para observar la variación de la composición mineral de los forrajes de la zona de trópico de investigaciones realizadas en México.

Cuadro 5. Variación en las concentraciones de minerales en forraje obtenidas en estudios en el trópico mexicano.

Mineral ^w	Media	DE	CV	NM ^y	Deficiente ^x	Adecuado ^x	Exceso ^x	MT ^z
Ca (40)*	0.35	0.09	26	0.30	20.0	80.0	0	1.5
P (40)*	0.23	0.08	36	0.03	57.5	42.5	0	0.8
Mg (40)*	0.19	0.08	43	0.20	62.5	37.5	0	0.7
Na (40)*	0.04	0.03	59	0.06	75.0	25.0	0	1.2
K (40)*	1.70	0.68	40	0.08	7.5	57.5	35	2
Cu (38)**	4.99	2.20	44	10.00	97.4	2.6	0	40
Fe (40)**	425	471	111	30.00	0.0	80.0	20	500
Zn (40)**	24	10.38	43	30.00	82.5	17.5	0	500
Mn (39)**	118	65.36	55	40.00	12.8	87.2	0	2000

DE = Desviación estándar, y CV = Coeficiente de variación

^wLos valores entre paréntesis se refiere al número de medias

^xPorcentajes respecto de la concentración mínima para cubrir requerimientos y máxima tolerable para el ganado bovino.

^yNivel crítico (McDowell y Arthington, 2005); ^zNivel Máximo recomendado (NRC, 2005).

*Concentraciones en %; **Concentraciones en mg kg⁻¹; Referencias usadas;

Aladro (1996) Castañeda (2012) Martínez (2006)

Alvear (2003) Gámez (2009) Ramos (2009)

Cabrera (2009) Hernández y Alvarado (1996) Vieyra-Alberto *et al.* (2013)

La cuantificación de elementos minerales realizada en los forrajes, sin distinción de especie, en el trópico mexicano muestra que la concentración promedio de Ca en el forraje se encuentra ligeramente por arriba del nivel crítico para cumplir los requerimientos del ganado bovino (McDowell y Arthington, 2005), aunque se puede apreciar que existe un 20% de forrajes deficientes. Mientras que las concentraciones de P son deficientes en 57.5% de los forrajes. Huerta (1999b) indicó que la deficiencia de este elemento es predominante en la región semiárida del Norte y en las regiones tropicales del Golfo y Península de Yucatán. McDowell (2003) mencionó que la deficiencia de este mineral puede ser considerada como la más generalizada e importante de todos los minerales que afectan al ganado

en pastoreo. Especialmente en las zonas donde los pastizales no reciben fertilización de P (Whitehead, 2000).

Los niveles de Mg en el forraje disponible para los animales en trópico presentaron deficiencia en un 62.5%. Huerta (1999a) indicó que para prevenir la hipomagnesemia en vacas lecheras el nivel adecuado de Mg en el forraje deberá ser mayor a 0.2%. No se presentaron excesos de Mg en el forraje de las concentraciones reportadas en estudios en el trópico mexicano.

En general, 75% de todas las muestras de forraje reportadas mostraron un contenido inferior del nivel crítico (0.06%) de Na requerido por bovinos, ninguna sobrepaso el máximo tolerable. McDowell (2003) indicó que la mayoría de los forrajes son deficientes en este mineral, pero que es fácilmente resuelto el problema con la suplementación de Na de cloruro de sodio *ad libitum*. Respecto al contenido de K reportado estuvo (57.5%) por encima del nivel crítico requerido por los animales (0.80%), y por arriba de la concentración máxima tolerable en un 35% de la muestras. Por lo tanto el nivel de K no es limitante tal como lo indica Huerta (1999b) que la mayoría de los forrajes son adecuados en este mineral.

La concentración de minerales traza Cu y Zn reportadas en el forraje son deficientes en el 97.4 y 82.5% respectivamente. El bajo contenido de estos minerales indiscutiblemente puede repercutir en la concentración sérica de los animales que consumen estos forrajes.

El contenido de Fe presenta grandes variaciones, pero el 20% de los casos fue superior al máximo tolerable, concentraciones que en presencia de S, puede unirse y afectar la absorción de Cu en el animal. Esto se puede agregar por, ingestión de suelo, que es rico en Fe, y puede ser en parte responsable de la caída estacional en la absorción de Cu, y por la alta incidencia de la curvatura de la espalda e hipocuprosis (Suttle, 2010).

Se puede apreciar que la concentración de Mn se encuentra en el rango adecuado para satisfacer las demandas de este mineral por el ganado bovino en

pastoreo, solo un 12.8% de las muestras de forraje presentaron deficiencia de este elemento en las concentraciones reportadas.

2.5.4. Perfil mineral en suero sanguíneo

El análisis de la concentración mineral de tejidos corporales, fluidos y otros tejidos son los mejores indicadores del estado mineral, son los que evidencian si los aportes dietéticos satisfacen los requerimientos de minerales para el ganado (Álvarez, 2001; McDowell, 2005).

Para determinar el estado mineral de un animal; la sangre, la orina, la saliva, la leche, las heces y el pelo pueden ser fácilmente muestreados para la medición de su contenido mineral, e incluso el hígado y los huesos pueden hacerle una biopsia de rutina con un mínimo de tiempo y peligro para el animal (Khan *et al.*, 2004). La medición de las concentraciones de minerales en sangre se utilizan con frecuencia en la evaluación del estado mineral debido a que se correlacionan significativamente con el estado nutricional de algunos elementos traza y a la facilidad relativa de muestreo (Kincaid, 2000).

Los factores responsables de elevación de minerales en suero incluyen el estrés, el ejercicio, la hemólisis, la temperatura y el tiempo de separación de suero (Fick *et al.*, 1979). Por ello, es importante controlar estos factores para la correcta interpretación de los datos obtenidos.

Según Herdt y Hoff (2011) cuando se considera que los minerales traza son adecuados en la dieta, pero en los animales se observen deficiencias, se debe investigar los efectos antagónicos interactivos de otros componentes de la dieta.

Cuando los aportes en la dieta cubren los requerimientos de minerales para el ganado bovino se refleja en concentraciones adecuadas en suero sanguíneo las cuales se indican en Cuadro 6, también se indican en este concentraciones de minerales consideradas deficientes y altas.

Cuadro 6. Criterios para la clasificación del estado de los minerales (mg L⁻¹) en suero de bovinos: deficiente, adecuada y alta.

Mineral	Deficiente ^a	Adecuada ^a	Alta ^a
Calcio	< 60	80 a 110	120 a 300
Fósforo	< 45 ^x	45 a 60	80 a 200
	< 50 ^y	60 a 90	80 a 120
Magnesio	< 10 a 11	17 a 30	40 a 65
Sodio	< 2300 a 2852	3105 a 3450	3450 a 5750
Potasio	< 98	160 a 200	234 a 390 ^b
Cobre	< 0.2 a 0.5	0.8 a 1.5	>2.5 ^c
Hierro	< 0.15 a 1.3	1.3 a 2.5	4 a 6
Cinc	< 0.2 a 0.4	0.8 a 1.4	2 a 5

^xAnimales adultos; ^yAnimales jóvenes

^aPuls (1994); ^bSuttle (2010); ^cHuerta, 1999a

Según Khan *et al.* (2004), los requerimientos, así como los límites de deficiencia y toxicidad varían con la edad, sexo, nivel de producción, el nivel de actividad, las especies y línea genética del animal.

El metabolismo, las cantidades necesarias y los niveles de seguridad de los elementos se ven afectados por los demás elementos de la dieta y las interrelaciones deben tenerse en cuenta en muchas circunstancias de la alimentación práctica (Ciria *et al.*, 2005). Un ejemplo es cuando se realizan estudios acerca de fósforo, en la que se recomienda determinar la concentración de Ca y la relación Ca:P, debido a que la deficiencia de Ca en la dieta puede incrementar la concentración de P en suero (Huerta, 1999a).

En el Cuadro 7 se presenta los promedios de las concentraciones de minerales en ganado adulto y crías en estudios realizados en el trópico mexicano. Se puede apreciar que en el contenido de Ca en adultos y crías se encuentra en el rango adecuado, a excepción del 22 y 11% respectivamente que se encuentran en exceso de las concentraciones reportadas. Para el nivel de P reportado, éste se encuentra deficiente en 22% para las crías, con excesos de 78 y 44% para el ganado adulto y crías respectivamente. Álvarez (2001) indica que las variaciones en concentraciones de Ca y P se encuentran principalmente por la forma química

y su distribución en el organismo, la homeostasis y la estabilidad de sus concentraciones sanguíneas. La relación Ca:P se reporta en un 77% fuera del rango normal, y se explica a la variación en la concentración sérica que existe entre estos dos elementos.

El nivel de Mg se encuentra en niveles adecuados en el 88% de los promedios reportados para suero sanguíneo de vacas y crías, con 22% de excesos. La deficiencia de este mineral ha sido poco reportada en bovinos en pastoreo con potreros no irrigados y sin fertilización. El estatus sérico de Na reportado fue deficiente en 67% de las crías y 56% en el ganado adulto y se presentó exceso en un estudio realizado en la Huasteca Alta, Veracruz y Tamaulipas para ambos tipos de animal. La concentración de K fue deficiente en las medias reportadas por Gámez (2009), mientras que el 61% se encontró por arriba del intervalo adecuado.

El estado mineral del Cu fue deficiente en la mayoría de los valores reportados, excepto para la concentración de suero de vacas (Ramos, 2009), Huerta (1999b) indica que la deficiencia de cobre en los bovinos existe en las regiones de México. En general existen excesos de Fe en un 83% y deficiencias en el 22% de las medias publicadas. La concentración de Zn fue excesiva en 39%, mientras que la deficiencia fue en 11% en estudios del trópico mexicano.

De acuerdo a los valores reportados de las concentraciones de minerales, en estudios realizados en el trópico mexicano se observa que existen desbalances de minerales en el ganado bovino en pastoreo y que muchos de los minerales esenciales se encuentran generalmente en concentraciones insuficientes en pastos tropicales, y la suplementación es necesaria para optimizar el rendimiento de los animales y la salud (McDowell y Arthington, 2005).

Cuadro 7. Concentración (mg L⁻¹) de minerales en suero sanguíneo por tipo de animal en nueve estudios realizados en el trópico mexicano.

Lugar	Tipo de animal	Minerales								Relación	
		Ca	P	Mg	Na	K	Cu	Fe	Zn	Ca:P	Na:K
Catazajá, Chiapas ¹	Vaca	95	49	51	1650	167	0.47	1.71	0.62	1.94	9.90
	Cría	98	43	47	1906	173	0.55	2.41	0.67	2.26	11.01
Huasteca Alta, Veracruz y Tamps ²	Vaca	82	72	26	3814	224	0.72	3.60	0.71	1.15	18.00
	Cría	99	108	25	4009	289	0.85	4.70	0.71	0.93	15.80
Juan Rodríguez Clara, Veracruz ³	Vaca	95	75	19	2575	1120	0.65	1.50	4.80	1.26	2.30
	Cría	95	84	19	2395	1116	0.65	1.70	4.90	1.14	2.15
Tomatlán, Jalisco ⁴	Vaca	102	70	33	3112	209	0.51	4.33	1.01	1.74	15.20
	Cría	115	100	31	3264	239	0.64	4.46	1.13	1.17	14.00
San José Acateno, Puebla, ⁵	Novillo	101	71	26	2751	173	0.59	2.20	0.99	1.42	1.57
	Cría	98	56	26	2813	169	0.51	2.00	0.97	1.75	16.64
San Juan del Río, Choapam, Oaxaca ⁶	Vaca	145	64	29	2678	147	0.33	1.40	0.39	2.27	18.22
	Cría	162	89	30	2809	155	0.40	1.88	0.34	1.82	18.12
Suroeste de Veracruz ⁷	Vaca	82	124	25	3387	221	0.59	0.36	2.07	0.72	16.40
	Cría	86	145	22	3101	222	0.43	0.42	2.29	0.63	14.46
Venustiano Carranza, Puebla ⁸	Vaca	88	110	26	3167	233	0.56	2.97	0.87	0.80	16.70
	Cría	95	145	23	3404	252	0.78	3.94	1.06	0.66	14.80
Zirándaro, Guerrero ⁹	Vaca	86	60	20	2690	240	0.25	5.00	0.77	1.43	11.21
	Cría	97	85	19	2810	280	0.34	5.50	0.85	1.14	10.04

¹Muñoz, *et al.*, 2013; ²Ramos, 2009; ³Martínez, 2006; ⁴Chávez y Casas, 2003; ⁵Hernández y Alvarado, 1996; ⁶Gámez, 2009;

⁷Castañeda, 2012; ⁸Aladro, 1996; ⁹Alvear, 2003.

2.5.5. Perfil de infestación parasitaria y condición corporal en bovinos

Los requerimientos de minerales se ven afectados por parásitos, al grado de reducir a nivel intestinal la absorción mineral e incrementar su requerimiento, los parásitos son un mayor problema para el ganado en climas cálidos, ya que la reproducción y crecimientos de estos organismos son favorecidos por la humedad y altas temperaturas de estos climas (McDowell y Arthington, 2005). Encalada-Mena *et al.* (2009) concluyó que la prevalencia de nematodos gastroentéricos es afectada por la edad de los becerros.

Mejía-Bautista *et al.* (2010) indicaron que el crecimiento de los becerros depende de la disponibilidad de pastos para la producción de leche de la madre y de los efectos directos del medio ambiente e indirectos debido a la presencia de enfermedades infecciosas y parasitarias en la época de lluvias.

Existe un reconocimiento general de que la Condición Corporal (CC) proporciona una medida bruta pero razonablemente precisa de las reservas corporales de una vaca, aunque su uso es limitado en vacas muy delgadas y muy gordas (Roche *et al.*, 2009). La evaluación de la CC permite estimar las reservas corporales de grasa y músculo de una vaca mediante la observación de costillas, columna vertebral, huesos de la cadera e inserción de la cola (Wagner *et al.*, 1988), es una estimación económica y sencilla.

La escala utilizada para medir CC difiere entre los países, pero los valores bajos siempre refleja emaciación y valores altos equivalen a la obesidad (Roche *et al.*, 2009). La evaluación de la CC en bovinos de carne se realiza por medio de la asignación de un índice en una escala de 1 a 9 (Wagner *et al.*, 1988), donde 1 es un animal emaciado y 9 es una animal obeso.

Los tiempos críticos recomendados para evaluar la CC en la vaca son 30 días antes del empadre, 90 días post empadre, 100 días antes del parto, al momento del parto y al destete (Scaglia, 1997). Por lo tanto el evaluar la CC será un método fácil de utilizar por los ganaderos que les permitirá establecer programas nutricionales y reproductivos en el hato.

2.6. Valor nutritivo y productividad del forraje

Allen *et al.* (2011) definieron el valor nutritivo como la respuesta animal pronosticada, basada en la composición química, digestibilidad y naturaleza de los productos digeridos, estimada por análisis químicos *in vitro* o *in vivo*.

El valor nutritivo es una característica esencial de los forrajes; si bien el desempeño productivo es la mejor expresión del valor nutritivo, es información que resultaría muy caro obtener; por ello en forma regular se maneja la información de composición nutricional, considerando como datos más frecuentes contenido de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y digestibilidad de la materia seca (Améndola, 2009).

Los forrajes son a menudo el componente de la dieta con la mayor variabilidad en valor nutritivo; el análisis de la calidad del forraje es, por lo tanto, integrado para el racionamiento preciso y adecuado (Adesogan *et al.*, 2000).

2.6.1. Técnicas de muestreo

Las mediciones de la cantidad de vegetación presente se pueden utilizar para calcular el crecimiento del forraje, la utilización de animales en pastoreo o deterioro, los procedimientos y la intensidad de muestreo serán diferentes, en función de los objetivos de la medición (Mannetje y Jones, 2000).

Las técnicas de muestreo para estimar masa de forraje en praderas se dividen en técnicas directas e indirectas.

Las técnicas directas se consideran los métodos más precisos, se basan en el corte y remoción de forraje de un área de la muestra y este método de corte permite comparar la cantidad de materia seca real con algún otro método indirecto; las técnicas indirectas que permiten estimar el rendimiento de materia seca, requieren tomar como referencia una cierta cantidad de cortes y mediciones de algunas muestras para ajustar los resultados (Mannetje y Jones, 2000).

En trabajos con praderas pastoreadas, las exclusiones pueden ser requeridas en este tipo de estudios.

Las exclusiones se utilizan para la exclusión de los animales de pastoreo, ya sea para medir el crecimiento, la utilización o descomposición del forraje sobre el tiempo; existen varios tipos de exclusiones, incluyendo jaulas, cercas y paneles sueltos o móviles (Mannetje y Jones, 2000).

2.6.2. Tasa de crecimiento del forraje

El crecimiento y la dinámica de acumulación de forraje en un pastizal, son referentes que no solo pueden determinar el número de animales que una determinada pradera puede alimentar con adecuada calidad nutritiva, sino que puede garantizar su misma persistencia, la rentabilidad, el uso múltiple y amable de estos ecosistemas (Velasco *et al.*, 2010).

Allen *et al.* (1991) indicaron que el crecimiento es la producción de nuevo tejido vegetal por las plantas forrajeras. La tasa de crecimiento (TC), se define con la cantidad de tejido vegetal acumulado en una pradera o pastizal por unidad de superficie (usualmente por hectárea) en un tiempo determinado (Velasco *et al.*, 2010), y sus unidades serían $\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$.

La tasa de acumulación de materia seca ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{d}^{-1}$) de especies forrajeras tropicales reportadas por Soares *et al.* (2004) para lluvias y época seca para el pasto *Panicum maximum* cv. Massai fue de 56.3 y 28.6, para *Brachiaria brizantha* cv. Marandu fue de 56.1 y 35.6, *Brachiaria humidicola* cv. Quicuí-da-amazônia valores de 54.0 y 12.4 y *Paspalum notatum* cv. Pensacola de 11.0 y 6.6. En la región central del Estado de Chiapas, Velasco *et al.* (2007) reportan la tasa de crecimiento de *Panicum maximum* cv Mombasa de 121 ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{d}^{-1}$) en los meses de agosto a octubre, con intervalo de corte de 28 días. Para gramas nativas de género *Axonopus spp* y *Paspalum spp.*, las tasas de crecimiento reportadas para las épocas de lluvias y de nortes fue de 46 $\text{kg MS ha}^{-1} \text{d}^{-1}$, mientras que en la época de sequía reportaron 34 $\text{kg MS ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ (Alonso-Díaz *et*

al., 2007). En un trabajo realizado en Isla Veracruz, Cab *et al.* (2008) reportaron la tasa de crecimiento ($\text{Kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) para los pastos *Brachiaria brizantha* (cv. Toledo) y el híbrido *Brachiaria ruziziensis* x *Brachiaria brizantha* (cv. Mulato) en la época lluvias valores de 69 y 80, para la época de nortes 49 y 57.

2.6.3. Producción de forraje

La producción de materia seca depende de la presencia de hojas verde y del proceso fotosintético, este proceso a su vez depende significativamente de la radiación solar (intensidad luminosa), la concentración de CO_2 , la temperatura y el contenido de humedad (Wild, 1992).

En general las especies forrajeras templadas son de mejor calidad que las especies tropicales, sin embargo, los forrajes tropicales presentan alta producción de materia seca en comparación con las primeras (Minson, 1990).

Sin embargo, es difícil hablar de producción de materia seca porque ésta también depende de la especie, del tipo de suelo, el clima, disponibilidad de agua, tipo y cantidad de fertilizante (Partida *et al.*, 2013); también Lorenzo *et al.* (2012) mencionan que los factores de manejo (edad de rebrote, riego) variabilidad y características de los suelos tienen gran influencia en la adaptación y productividad de los pastos.

Conocer la disponibilidad de materia seca anual de las gramíneas presentes en las unidades de producción permite planificar la oferta, como programar estrategias de complementación de la alimentación de los rumiantes de acuerdo a los objetivos de producción.

En el Cuadro 8 se presenta la información de especies forrajeras utilizadas como fuente de alimento para los rumiantes en pastoreo de regiones tropicales y su contenido de producción más frecuente.

Cuadro 8. Gramíneas forrajeras comunes en el trópico mexicano y producción anual de materia seca.

Nombre común	Nombre científico	Tipo	Producción anual de MS (ton ha ⁻¹)
Gramas nativas	<i>Axonopus y Paspalum</i>	Estolonífero	10 a 12 ^a
Estrella de África	<i>Cynodon nlemfluensis</i>	Estolonífero	9 a 27 ^a
Llanero	<i>Andropogon gayanus</i>	Amacollado	18 a 20 ^b
Señal	<i>B. decumbens</i> cv. Basilik	Amacollado	8 a 20 ^a
Insurgente	<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	Amacollado	16 -17 ^c
Humidícola	<i>B. humidicola</i> (Rendle)	Estolonífero	11-17 ^d
	<i>Panicum maximum</i> cv.		
Massai	Massai	Amacollado	16 a 25 ^f
Mombaza	<i>P. maximun</i> cv. Mombasa	Amacollado	10 a 25 ^a
Mulato	<i>B. ruziziensis</i> x <i>B. brizantha</i>	Amacollado	18 a 25 ^b
Tanzania	<i>P. maximun</i> cv. Tanzania	Amacollado	10 a 25 ^a
Pangola	<i>Digitaria decumbens</i>	Amacollado	11 a 22 ^a

^aJiménez (1989), ^bPartida et al. (2013), ^cCab et al. 2008, ^dCruz et al. 2011, ^fSoares et al. (2004).

2.6.4. Calidad nutritiva del forraje

Los principales componentes de los alimento son los carbohidratos, las grasas, la proteína bruta, los minerales y las vitaminas. Para alimentar un animal de manera eficiente se requiere conocer la composición nutricional del alimento y los requerimientos para una producción esperada (Hess, 1998).

La composición química de los forrajes varía con la edad fisiológica, tiempo de pastoreo o de cosecha, variedad, especie, grado de contaminación y la fracción botánica (Adesogan et al., 2000).

Las necesidades de nutrientes por los bovinos de carne varían en función del tipo de animal, estado fisiológico de los animales, nivel de producción, actividad por pastoreo, entre otros factores (NRC, 2000). En un caso hipotético, considerando los requerimientos de ganado de carne de acuerdo con el NRC (2000), las necesidades de nutrientes de una vaca adulta de 450 kg de peso vivo (PV) demanda por ejemplo en el segundo tercio de gestación 7% de PC y 0.18% para Ca y P, mientras que en el último tercio estos requerimientos aumentan a 8, 0.27

y 0.21% para PC, Ca y P respectivamente, cuando la vaca se encuentra entre los primeros 3 a 4 meses posparto, amamantando un ternero y produciendo 5 L de leche los requerimientos de PC aumentan a 10%, mientras que los requerimientos de Ca y P se encuentran el orden 0.28 y 0.22% respectivamente, por lo tanto conocer las necesidades de ganado de carne junto con la calidad nutritiva del forraje permitirá evaluar las mejoras en el forraje, el manejo del ganado y sugerir estrategias de alimentación complementarias para el ganado.

Jarillo-Rodríguez *et al.* (2011) indicaron que la época del año es el principal factor que afecta la calidad nutritiva del forraje, sobre todo en la temporada de lluvias, debido a la alta producción de forraje y, en consecuencia, un aumento en el contenido de pared celular, disminución del contenido de PC y baja digestibilidad de los compuestos de la pared celular.

En el Cuadro 9 se presenta información del valor nutritivo de algunas especies forrajeras utilizadas para los rumiantes en pastoreo.

Cuadro 9. Valor nutritivo de diferentes especies de gramíneas.

Especie	% PC	% FDN	FDA
<i>Cynodon nlemfluensis</i> ^a	4.46-7.94	75.96-77.61	43.58-48.07
<i>Axonopus</i> spp. y <i>Paspalum</i> spp ^b	8.2-15.25	61.8-70.8	32.1-43.8
<i>Cenchrus ciliaris</i> ^c	6.2-7.0	69.1-72.3	45.3-48.5
<i>Brachiarias</i> spp ^d	7.6	73	42.8
<i>Panicum</i> spp ^d	8.7	72.6	47.6
<i>Pennisetum</i> spp ^d	9.6	68.5	44
<i>Panicum maximum</i> "Aruana" ^e	11.1-14.0	70.2-70.7	33.1-33.7
<i>Panicum maximum</i> Jacq. 'Massai' ^e	4.4-9.3	72.8-77.2	39.9-43.9
<i>Brachiaria hybrid</i> ^e "Mulato"	10.3-13.0	64.6-66.4	30.4-33.7

^aSaidi *et al.* (2013); ^bJarillo-Rodríguez (2011); ^cGarcía *et al.* (2003); ^dOrtega-Gómez *et al.* (2011); ^eDe Vargas *et al.* (2013).

La deficiencia de nutrientes en los forrajes, como el contenido de proteína cruda, limita la digestión de nutrientes del pasto en el animal (Kellaway y Harrington, 2004).

Independientemente de la época de utilización, el contenido de proteína cruda y energía en los pastos de *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria brizantha* son factores limitantes en la producción animal (Batista *et al.*, 2007).

2.7. Literatura citada

- Adesogan, A.T., D.I. Givens and E. Owen. 2000. Measuring chemical composition and nutritive value in forages. In: Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research. Wallingford: CABI Publishing. UK. 263-278 pp.
- Aladro A., J. B. 1996. Diagnóstico del estado mineral de un hato de bovinos de doble propósito en Venustiano Carranza, Puebla. Tesis profesional Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. 62 p.
- Allen, V.G., C. Batello, E. J. Berretta, J. Hodgson, M. Kothmann, X. Li, J. McIvor, J. Milne, C. Morris, A. Peeters and M. Sanderson. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. Grass and Forage Science 66: 2–28.
- Alonso-Díaz, M. A., E. Castillo-Gallegos., H. Basurto-Camberos., J. Jarillo-Rodríguez., y B. Valles-de la Mora. 2007. Respuesta productiva de una pastura de gramas nativas bajo pastoreo rotacional intensivo en clima cálido húmedo. Revista Avances de Investigación Agropecuaria 11(2): 35-55.
- Álvarez C., J. L. 2001. Bioquímica Nutricional y Metabólica del Bovino en el Trópico. Editorial Universidad de Antioquia, Colombia. 201 p.
- Alvear H., E. 2003. Diagnóstico y suplementación mineral en ganado bovino de Zirándaro, Guerrero. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 124 p.
- Améndola, R., E. Castillo and P. A. Martínez. 2005. Country Pasture/Forage Resource Profiles. México. [En línea]. Disponible en <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPC/doc/Conunprof/mexico/Mexico.htm>
- Améndola M., R. D. 2009. Especies forrajeras disponibles en México. In: Memorias de Primer Congreso Internacional del Borrego. 16 p.
- Batista E., V. P., R. Flores., R. Narciso M., y M. Paschoal de Oliveira. 2007. Diferimento de pastos de braquiária cultivares Basilisk e Marandu, na região do Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 42(2): 273-280.
- Cabrera T., E. J., E. E. Sosa R., A. F. Castellanos R., A. O. Gutiérrez, B., y J. H. Ramírez S. 2009. Comparación de la concentración mineral en forrajes y suelos de zonas ganaderas del estado de Quintana Roo, México. Veterinaria México 40(2): 167-179.

- Cab J., F. E., J. Francisco E., J. Pérez P., A. Hernández G., J. G. Herrera H., y E. Ortega J., A. R. Quero C. 2008. Potencial productivo de tres especies de *Brachiaria* en monocultivo y asociadas con *Arachis pintoii* en Isla, Veracruz. *Técnica Pecuaria en México* 46(3): 317-332.
- Castañeda C., S. 2012. Diagnóstico mineral de ganado bovino en condiciones de trópico húmedo. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 61 p.
- Castillo, R. A., E. P. Santos, and T. J. Tabone. 2007. Mineral balances, including in drinking water, estimated for Merced County dairy herds. *California Agriculture* 61: 90-95.
- Chávez T., E. G., y I. E. Casas F. 2004. Contenido mineral en agua, suelo, forraje y suero sanguíneo de bovinos de doble propósito en Tomatlán, Jalisco. Tesis profesional Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. 75 p.
- Ciria C., J., R. R. Villanueva M., J. Ciria G de la T. 2005. Avances en nutrición mineral en ganado bovino. In: IX Seminario de Pastos y Forrajes. 50-69 pp.
- Cruz L., P., A. Hernández G., J. F. Enríquez Q., S. I. Mendoza P., A. R. Quero C., y B. M. Joaquín T. 2011. Desempeño agronómico de genotipos de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickdt en el trópico húmedo de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34(2): 123-131.
- Beede, D. K. 2005. Assessment of Water Quality and Nutrition for Dairy Cattle. In: Proceeding: Mid-South Ruminant Nutrition Conference. Arlington, Texas. April 27-28. 19 p.
- Beede, D. K. 2009. Solving bad water problems for thirsty cows. In: Proceeding Western Dairy Management Conference. Reno, Nevada. March 11-13. 9 p.
- Beede, D. K. 2012. What will our ruminants drink? *Animal Frontiers* 2: 36-46.
- De Vargas J., F. M. M. Socorro M., J. C. Setti de A., S. Pinto G., F. Martins C. F. A. A. da Costa J., N. Magrin M., R. Camilo F., y B. Montagner D. 2013. Disponibilidade e valor nutritivo de gramíneas tropicais sob pastejo com ovinos. *Archivos de Zootecnia* 62(238): 295-298.
- Encalada-Mena, L. A., J. A. Corbala-Bermejo., J. J. Vargas-Magaña., M. J. García-Ramírez., L. Uicab-Brito., y J. del Río-Rodríguez. 2009. Prevalencia de nematodos gastroentéricos de becerros en sistemas de doble propósito del municipio de Escárcega, Campeche, México. *Agrociencia* 43 (6): 569-576.
- Ferreira da S., F., J. Firmino da S., A. Resende S., L. C. Vínhas Í., R. Rodrigues S., y R. Gonçalves M. 2009. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38: 371-389.

- Fick, K. R., L. R. McDowell, P. H. Miles, N. S. Wilkinson, J. D. Funk, J. H. Conrad, y R. Valdivia. 1979. Métodos de Análisis de Minerales para Tejidos de Plantas y Animales. Segunda edición. Universidad de Florida, Gainesville, Florida, USA. 358 p.
- Gámez B., J. R. 2009. Diagnóstico del estado mineral de bovinos en San Juan Del Río, Choapam, Oaxaca. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 66 p.
- García G. J., D., R. G., Ramírez L., R. Foroughbakhch., R. Morales R., y G. García D. 2003. Valor nutricional y digestión ruminal de cinco líneas apomícticas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Técnica Pecuaria en México 41(2): 209-218.
- Gray, M. H., C. J. Korte., and W. M. Christieson. 1987. Seasonal distribution of pasture production in New Zealand, XX. Waerengaokuri (Gisborne). New Zealand Journal Experimental Agriculture 15: 397-404.
- Hernández M., G., y J. Alvarado Z. 1996. Contenido mineral en forraje y plasma sanguíneo de bovinos en pastoreo en dos ranchos en el estado de Puebla. Tesis profesional Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. 76 p.
- Hess, H. D. 1998. Calidad nutricional y producción bovina. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 28 p.
- Herd, T. H., and B. Hoff. 2011. The Use of Blood Analysis to Evaluate Trace Mineral Status in Ruminant Livestock. Veterinary Clinics Food Animal 27: 255–283.
- Hoeft R. G., E. D. Nafziger, R. R. Johnson, and S. R. Aldrich. 2000. Modern Corn and Soybean Production. MCSP Publications. Champaign, IL. 353p.
- Huerta B. M. 1999a. Diagnóstico del estado mineral de explotaciones bovinas en México. In: II Seminario Internacional Estrategias de Suplementación a Bovinos en Pastoreo. 153-172 p.
- Huerta B. M. 1997. Nutrición mineral de rumiantes en pastoreo. In: Memorias del curso Alternativas de Manejo en Bovinos para Carne en Pastoreo. 18-70 pp.
- Huerta B. M. 1999b. Respuesta a la corrección de deficiencias minerales sobre el comportamiento animal. In: II Seminario Internacional Estrategias de Suplementación a Bovinos en Pastoreo. 173-182 p.
- Huerta B. M. 2010. Alimentación y Suplementación Mineral. In: Memorias del Primer Simposium de Salud y Producción de Bovinos de Carne en la Zona Norte-Centro de México. Aguascalientes. pp: 1-14.
- Jarillo-Rodríguez, J., E. Castillo-Gallegos., A. F. Flores-Garrido., B. Valles-de la Mora., L. Ramírez., L. Avilés., R. Escobar-Hernández., and E. Ocaña-Zavaleta. 2011. Forage yield, quality and utilization efficiency on native pastures under different stocking rates and seasons of the year in the

- Mexican humid tropic. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13: 417–427.
- Jiménez, M. A. 1989. La producción de forrajes en México. Universidad Autónoma Chapingo, Banco de México-FIRA. Chapingo, México. 100 pp.
- Kellaway R., and T., Harrington. 2004. Feeding Concentrates: Supplements for Dairy Cows. National Library of Australia Cataloguing-in-Publication entry. p. 133.
- Khan, Z. I., A. Hussain, M. Ashraf, M. Y. Ashraf, M. Yousaf, M. S. Akhtar, and M. Arshad. 2004. A review on mineral imbalances in grazing livestock and usefulness of soil. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 3 (6): 394-412.
- Kincaid, R. L. 2000. Assessment of trace mineral status of ruminants: A review. *Journal of Animal Science* 77: 1-10.
- Kirkby, E. A. and V. Römheld. 2004. Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility. *Proceedings* 543, The International Fertilizer Society, United Kingdom. 52 p.
- Ku, V. J. C. 1999. Suplementación estratégica a bovinos en medios tropicales. In: II Seminario Internacional Estrategias de Suplementación a Bovinos en Pastoreo. 32-49 p.
- López O., R. 1991. Concentración mineral en suelo, forraje y suero sanguíneo de bovinos en Chorreños, Durango. Tesis de maestría, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 166 p.
- Lorenzo F., J., I. Gómez A., y E. Cordoví C. 2012. Efecto de la edad de rebrote en el rendimiento y contenido proteico del pasto *Brachiaria humidicola* cv CIAT-609 en un suelo vertisol. *Revista Producción Animal* 24(1): 6.
- Magaña, J.G. and J. Segura-Correa. 2006. Body weights at weaning and 18 months of Zebu, Brown Swiss, Charolais and crossbred heifers in south-east Mexico. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 123(1): 37–43.
- Mannetje, L. and R. M. Jones. 2000. Measuring biomass of grassland vegetation. In: *Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research*. Wallingford: CABI Publishing. UK. 151-177 pp.
- Marschner, H. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Third edition. Academic Press. United Kingdom. 651 p.
- Martínez C., E. 2006. Diagnóstico y suplementación mineral de ganado bovino en condiciones tropicales. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo. 125 p.
- Mejía-Bautista, G.T., G. Magaña, J., J. C. Segura-Correa., R. Delgado., R. J. Estrada-León. 2010. Comportamiento reproductivo y productivo de vacas *Bos indicus*, *Bos taurus* y sus cruces en un sistema de producción vaca:cría en Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 289–301.

- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, C. A. Morgan, L. A. Sinclair and R. G. Wilkinson. 2011. *Animal Nutrition*. Seventh Edition. Harlow, England: Pearson. 692 p.
- McDowell, L. R., Y. Salih, J. F. Hentges, and C. J. Wilcox. 1989. Effect of mineral supplementation on tissue mineral concentrations of grazing Brahman Cattle II. Trace Minerals International. *Journal of Animal Science* 4: 6-12.
- McDowell, L. R. 2003. *Minerals in Animal and Human Nutrition*. Amsterdam, the Netherlands: Elsevier Science. 644 p.
- McDowell, L. R. 2005. Forage quality as related to mineral concentrations in tropical regions. In: XX International Grassland Congress: offered paper. 257 p.
- McDowell, L. R., y J. D. Arthington. 2005. *Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales*. Cuarta edición. Universidad de Florida. Gainesville, Florida. USA. 94 p.
- Merck Veterinary Manual. 2011. Nutrition and Disease in Dairy Cattle. http://www.merckmanuals.com/vet/management_and_nutrition/nutrition_cattle/nutrition_and_disease_in_dairy_cattle.html. Consultado 16 de Mayo de 2014.
- Minson, D. J. 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. Academic Press, Inc., San Diego. Cody L. 483 p.
- Mohd, I. Y., S. Archana, M. D. Padinjare, P. H. Biju, D. Sarita, S. J. Ranbir, and D. Umesh. 2013. Role of trace elements in animals: a review. *Veterinary World* 6(12): 963-967.
- Muñoz, J. C., M. Huerta, R. Ramírez y M. J. González. 2013. Evaluación mineral en suero de bovinos de doble propósito en Catazajá, Chiapas, México. In: *Memorias de XXIII Reunión de la ALPA y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical*; PB-118.
- Newman, Y. C., T. R. Sinclair, A. S. Blount, M. L. Lugoc, and E. Valencia. 2007. Forage production of tropical grasses under extended daylength at subtropical and tropical latitudes. *Environmental and Experimental Botany* 61(1): 18-24.
- NRC (National Research Council). 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. Update 7th Rev. Ed. National Academy Press, Washington, D. C. 242 p.
- NRC (National Research Council). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition*. National Academies Press, Washington, DC. USA. 488 p.
- NRC (National Research Council). 2005. *Mineral Tolerance of Animals*. 2nd Edition. The National Academies Press. Washington, DC. USA. 511 p.

- Olkowski, A. A. 2009. Livestock Water Quality: A Field Guide for Cattle, Horses, Poultry, and Swine. Her Majesty the Queen in Right of Canada. Minister and Department of Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC). 180 p.
- Olvera S., M. D., A. Gómez., y E. Plascencia B. 2011. La región del trópico húmedo mexicano, principal productor agrícola de temporal en México. In: Segundo Congreso Nacional de Cuencas Hidrográficas. 4 p.
- Ortega-Gómez, R. E. Castillo-Gallegos, J. Jarillo-Rodríguez, R. Escobar-Hernández, E. Ocaña-Zavaleta, y B. Valles de la Mora. 2011. Nutritive quality of ten grasses during the rainy season in a hot-humid climate and ultisol soil. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13(3): 481-491.
- Partida de la P., J. A., D. Braña V., H. Jiménez S., F. G. Ríos R., y G. Buendía R. 2013. Producción de carne ovina. Zibal Impresos. México. 116 p.
- Pond, W. G., D. C. Church, K. R. Pond, and P. A. Schoknecht. 2005. Basic Animal Nutrition and Feeding. Wiley. New York. USA. 580 p.
- Puls, R. 1994. Mineral Levels in Animal Health: Diagnostic Data. Sherpa Int. Clearbrook, BC. 240 p.
- Ramos M., P. 2009. Diagnóstico del estado mineral de bovinos para carne pastoreando en la región huasteca alta. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 92 p.
- Roche, J. R., N. C. Friggens, J. K. Kay, M. W. Fisher, K. J. Stafford, and D. P. Berry. 2009. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science* 92: 5769–5801.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2006. Evaluación Alianza para el Campo. Informe de Evaluación Estatal. 121 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2002. Informe sobre la situación de los recursos genéticos pecuarios de México. *Claridades Agropecuarias*. 111, 1–39.
- Saidi, S. I., L. O. Eik, Ø. Holand, T. Ådnøy, E. Mtengeti, and D. Mushi. Variation in quantity and quality of native forages and grazing behavior of cattle and goats in Tanzania. *Livestock Science* 157: 173–183
- Scaglia, G. 1997. Uso de la condición corporal. In: *Nutrición y Reproducción de la vaca de cría. Serie Técnica 91*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Treinta y Tres. pp. 1-16.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2014. http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/PoblacionGanadera/ProductoEspecie/bovcarn.pdf. Consultada en 12 de Abril de 2014.

- SNIIM. (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercado). 2013. Comentario Mensual Abasto de Carne de Bovino en el Distrito Federal y área metropolitana; precios y exportación a E.U.A. p 6.
- Smart, M. E., R. Cohen, D. A. Christensen, and Williams. 1986. The effects of sulphate removal from the drinking water on the plasma and liver copper and zinc concentrations of beef cows and their calves. *Canadian Journal of Animal Science* 66: 669-680.
- Soares, C. M. A., Ferreira, V. J. Da Costa, C. J. E. Alexandre V. F. 2004. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39(3): 263-270.
- Sun, K. L. Z., R. Auerswald, Wenzel, and H. Schnyder. 2014. Drinking water intake of grazing steers: The role of environmental factors controlling canopy wetness. *Journal Animal Science* 92: 282-291.
- Suttle, N. F. 2010. *Mineral Nutrition of Livestock*. 4th Edition. CABI Publishing, UK. 595 p.
- Vallentine, J. F. 2001. *Grazing Management*. Second Edition. Academic Press, USA. 659 p.
- Velasco, M. E., Hernández, A; Perezgrovas, R. González, V. Salvador, M. y Peña, G. 2007. Rendimiento de *Panicum maximum* cv. Mombasa a través del año, bajo tres frecuencias de corte, en la región central de Chiapas, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5(1): PF-049.
- Velasco, Z. M. E., A. Hernández G., R. Perezgrovas G., y M. Adriano A de L. 2010. Patrones de crecimiento y manejo óptimo de corte en tres pastos tropicales. In *Los Forrajes y su Impacto en el Trópico*. 43-62 pp.
- Vieyra-Alberto, R., I. A. Domínguez-Vara., G. Olmos-Oropeza., J. F. Martínez-Montoya., J. L. Borquez-Gastelum., J. Palacio-Núñez., J. A. Lugo de la Fuente., E. Morales-Almaráz. 2013. Perfil e interrelación mineral en agua, forraje y suero sanguíneo de bovinos durante dos épocas en la Huasteca Potosina, México. *Agrociencia* 47: 121-133.
- Waldron, K. J., J. C. Rutherford, D. Ford, and N. J. Robinson. 2009. Metalloproteins and metal sensing. *Nature* 460: 823-830.
- Wagner, J. J., K.S. Lusby, J. W. Oltjen, J. Rakestraw, R.P. Wettemann, and L.E. Walters. 1988. Carcass composition in mature Hereford cows: estimation and effect on daily metabolizable energy requirement during winter. *Journal of Animal Science* 66(3): 603-612.
- Wild, A. 1992. *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 1045p.
- Whitehead, C. D. 2000. *Nutrient Elements in Grassland: Soil-Plant-Animal Relationships*. CABI Publishing. United Kingdom. 369 p.
- Wright C. L. 2007. Management of water quality for beef cattle. *Veterinary Clinic North America Food Animal Practices* 23(1): 91-103.

3 ESTADO NUTRICIONAL DEL GANADO BOVINO EN PASTOREO EN EL ORIENTE DE PUEBLA

3.1. Resumen

Se evaluó el estado nutricional de bovinos jóvenes y adultos pastoreando forrajes tropicales. En tres épocas (lluvias, nortes y seca) del año, se colectaron muestras de suelo, agua, forraje disponible para el ganado, suero sanguíneo y muestras de heces. En el suero sanguíneo y agua, las concentraciones de cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn), calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K) fueron analizados; para el caso de suelo y forraje se determinó adicionalmente manganeso (Mn). En forraje también se determinó proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). En heces se determinó el nivel de infestación parasitaria. El contenido de minerales no fue diferente ($p>0.05$) entre época del año para Cu, Zn y Mn en suelo; y Ca y Na en el agua. Los suelos fueron fuertemente ácidos ($\text{pH} = 4.8$), deficientes en Cu, Na y P, adecuados en Ca, Mg, K, Zn y con exceso de Fe. Se encontraron niveles altos de P en el agua de bebida. Las concentraciones de minerales analizados en forraje entre épocas de año fueron diferentes ($p<0.05$), estos forrajes fueron deficientes en P, Na, Cu y Zn, y adecuados para el resto de minerales evaluados. Se encontraron diferencias entre épocas ($p<0.05$) para el contenido de FDN y PC. Los animales jóvenes tuvieron mayor ($p<0.05$) carga parasitaria que adultos. Las concentraciones séricas mostraron diferencias ($p<0.05$) entre épocas del año en las concentraciones de Na, K, Cu y Fe. Así mismo entre tipo de animal se encontraron diferencias ($p<0.05$) en P, Mg y K. La interacción tipo de animal por época en Ca, Na, K, Cu y Fe. El contenido de Cu y Zn sérico fue bajo, adecuado en Ca, K y Fe, y con niveles excesivos de P, Mg y Na. Las concentraciones de minerales encontradas en el agua, suelo y forraje se asocian a la presencia de desbalances de minerales en el ganado bovino en pastoreo.

Palabras claves: suelo, agua, forraje, suero sanguíneo, época

NUTRITIONAL STATUS OF CATTLE GRAZING IN EAST OF PUEBLA

3.2. Abstract

The nutritional status of young and adult cattle grazing tropical forages was evaluated. In three seasons (rainy, windy and dry), soil, water, and forage samples available for livestock, blood serum and feces were collected. In blood serum and water, copper (Cu), iron (Fe), zinc (Zn), calcium (Ca), phosphorus (P), magnesium (Mg), sodium (Na) and potassium (K) concentrations were analyzed. Manganese (Mn) was also analyzed in soil and feeds. Crude protein (CP) content, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) were also determined in forage. Feces were used to determine parasite infestation. The mineral content was not different ($P>0.05$) between season for Cu, Zn and Mn in soil, Ca and Na in water and K for forage. The soils were strongly acidic ($\text{pH} = 4.8$), deficient in Na, P and Cu, adequate in Ca, Mg, K, Zn and excessed in Fe. High levels of P were found in drinking water. Mineral concentrations in forage analyzed between seasons of year were different ($p < 0.05$). The forages were deficient in P, Na, Cu and Zn; and adequate in other minerals evaluated. There were differences between seasons ($p < 0.05$) for NDF and PC. Young animals had a higher parasite burden ($p < 0.05$) than adults. The serum concentrations were different ($p < 0.05$) between seasons for Na, K, Cu and Fe, different in P, Mg and K for type of animal, and there was an interaction season x animal type in Ca, Na, K, Cu and Fe. The contents of Cu and Zn in serum were low, appropriate for Ca, K and Fe, and excessive levels of P, Mg and Na. The concentrations of minerals found in water, soil and forage are associated with the presence of mineral imbalances in grazing cattle.

Key words: soil, water, forage, blood serum, season

Master of Science Thesis, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Victor Arteaga Cabrera
Advisor: Ph.D. Maximino Huerta Bravo

3.3. Introducción

En el trópico Mexicano, las praderas de gramíneas son la principal fuente de nutrientes para el ganado bovino (Vargas *et al.*, 2013). La cantidad de forraje producido en estas praderas y valor nutritivo del mismo, varía de un lugar a otro, según la especie, variedad, composición morfológica, estado fenológico de las especies forrajeras y estaciones del año (Guerrero-Cervantes *et al.*, 2012).

La proteína cruda, energía y minerales son los nutrientes que limitan la producción animal, en este tipo de praderas (Batista, 2007; Duarte-Ortuño *et al.*, 1988), debido a que la concentración de estos, por unidad de peso seco, varía de una especie forrajera a otra, con la edad de la planta, época del año y nivel de fertilización (Álvarez, 2001). El resultado de esta situación es la dificultad de satisfacer las necesidades nutricionales del ganado que pasta en las praderas durante el año, y consecuentemente un desempeño reproductivo pobre (Duarte-Ortuño *et al.*, 1988).

Para satisfacer los requerimientos nutricionales de los rumiantes que pastan praderas, debe complementarse el apacentamiento con un suplemento que proporcione la cantidad de minerales, proteína y/o energía que falta para satisfacer la necesidad nutricional del ganado (McDowell y Arthington, 2005). Esto implica tener conocimiento sobre la calidad nutritiva de los alimentos que está comiendo el ganado.

Los signos clínicos de deficiencias de minerales, junto con el suelo, el agua, las plantas y los análisis de tejidos de origen animal se han utilizado con diversos grados de éxito para establecer las deficiencias de minerales y toxicidades (McDowell, 2003). Así como, aquellos factores que influyen en la concentración de minerales: época de pastoreo y el año (Chelliah *et al.*, 2008); contenido nutritivo del forraje y nivel de infestación parasitaria.

El objetivo de este trabajo fue obtener información sobre la nutrición mineral del ganado de una unidad de producción de becerros, en el Oriente de Puebla, en tres épocas del año para identificar niveles e interrelaciones entre minerales de

agua, suelo, forraje y animal, así como obtener información de los factores que afecten los requerimientos de minerales (perfil de infestación parasitaria en el ganado, contenido de proteína y fibras en el forraje disponible para el animal).

3.4. Materiales y métodos

3.4.1. Localización y época de muestreo

La unidad de producción (UP) donde se realizó el experimento tiene terrenos ubicados en los Municipios de Tuzamapan de Galeana y Jonotla, Puebla. Esta corresponde a una Unidad de Producción de Becerros al destete con cuatro potreros con diferentes posiciones geográficas (20° 04' 09.3" latitud norte y longitud oeste 97° 33' 10.0"; 20° 04' 12.4" latitud norte y longitud oeste 97° 33' 11.4"; 20° 04' 21.2" latitud norte y longitud oeste 97° 33' 06.3" y 20° 04' 39.7" latitud norte y longitud oeste 97° 33' 36"), a altitudes de 480 a 600 m. El clima es cálido subhúmedo, con rango de temperatura media anual de 20 a 26°C y precipitación de 2400 a 3600 mm (INEGI, 2009).

3.4.2. Descripción de la unidad de producción

El hato base fue de 20 vientres bovinos pastoreando en cuatro potreros durante el año. Para fines de este estudio los potreros se identificaron con números (1, 2, 3 y 4). La superficie de los potreros fue de 11, 5, 3 y 5 has, respectivamente. Los vientres del hato pastaron en los potreros 2, 3, y 4 siguiendo un esquema de apacentamiento rotacional y para el potrero 1 un sistema de apacentamiento continuo. En cada potrero se proporcionó a los bovinos agua *ad libitum* y sal común cada semana. En el hato base se mantuvieron dos sementales. Las razas de ganado con las que cuenta la unidad son cruza de Simmental con Cebú.

En los potreros 1 y 2 (Jonotla), las gramíneas dominantes en las praderas fueron *Axonopus compressus*, *Paspalum notatum*, *Paspalum conjugatum* y *Holcus aturensis* (zacate amargo). En el potrero 3 (Tuzamapan de Galeana), las gramíneas fueron *Briachiaria brizantha* y *Briachiaria decumbens*. En potrero 4 (Tuzamapan de Galeana) crecieron gramas nativas de *Paspalum conjugatum* y

Axonopus compressus, con asociación de *Hollespicus aturensis* (zacate amargo) y el *Cynodon niemfluensis* (zacate estrella de África). En todos los potreros se realizó el chapeo de malezas y el mantenimiento de cercos vivos.

Los animales recibieron el siguiente manejo sanitario por cabeza, 5 ml de bacterina (**Triple bovina, Bio-zoo**), 2 ml de vacuna (**Derri a Plus, Pronabive**) dos veces en el año de estudio, así como desparasitación con 1 ml por 50 peso vivo (PV) de (**Ivermectina, Sanfer**) y 5 ml de vitaminas liposolubles (**Vigantol ADE, Bayer**) cuatro veces al año.

3.4.3. Colecta y procesamiento de muestras

La colecta de muestras de forraje disponible para apacentamiento, suelo de las praderas, agua disponible para que los animales beban, heces y suero sanguíneo de los animales del hato base, fue en septiembre 2012, enero y mayo 2013; meses correspondientes a lluvias, nortes y época seca.

3.4.3.1. Suelo

De cada potrero se colectaron muestras del suelo, a una profundidad de 15 a 20 cm. y depositadas en bolsas de plástico previamente identificadas. Las muestras colectadas se depositaron en bolsas de plástico, identificadas con el número de potrero y fecha de muestreo. Las muestras fueron transportadas al laboratorio del Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, donde fueron secadas en estufa con aire forzado a una temperatura de 55 °C durante 72 horas, posteriormente fueron molidas usando mortero y se cernieron con una maya cribada de 0.25 mm. Estas se almacenaron hasta ser utilizadas para el análisis de minerales. Para esto último las muestras de suelo fueron digeridas según el manual del espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin-Elmer, 1996). La determinación del contenido de fósforo fue por el método Bray, (Bray y Kurtz, 1945).

3.4.3.2. Agua

Se colectaron tres muestras de agua disponible para el ganado de cada potrero en cual se encontraban los animales pastoreando, siguiendo las recomendaciones hechas por Ramos *et al.* (2003). En cada época se tomó un total de 15 muestras de agua, colocadas en botellas de plástico (500 ml aproximadamente) identificadas con el número de potrero, fuente de agua y fecha de muestreo. Las muestras de agua fueron filtradas con papel Whatman® del número 542. Una vez filtradas, se expusieron aproximadamente 20 mL al proceso de digestión con ácido clorhídrico (5% volumen/volumen), excepto las porciones de agua destinadas para cuantificar fósforo, cuya digestión fue en ácido nítrico.

3.4.3.3. Forraje

De cada potrero se colectaron tres muestras del forraje disponible para apacentamiento de aproximadamente 500 g, mediante el método de “hand plucking” (Penning, 2004). Las muestras de forraje se depositaron en bolsas de papel identificadas con el número de potrero y fecha de muestreo. Estas fueron secadas en una estufa con aire forzado a una temperatura de 55 °C durante 48 horas. Las muestras secas de forraje fueron molidas en un molino marca Wiley con aspas con recubrimiento de bronce, utilizando una maya cribada de acero inoxidable de 1 mm de diámetro. Las muestras molidas se almacenaron en un gabinete hasta ser requeridas para la determinación de minerales. De cada muestra de forraje molida se tomó una porción de 4 g para incinerar en una mufla marca Felisa, a una temperatura de 500° C durante 6 horas. Las cenizas resultantes fueron digeridas en ácido clorhídrico al 50% volumen/volumen.

3.4.3.4. Suero sanguíneo

Los animales muestreados fueron vacas y animales jóvenes. Se obtuvo el suero sanguíneo de 20 vientres en las fechas de muestreo previamente señaladas. Para animales jóvenes se tomaron muestras de suero sanguíneo de 15, 13 y 12 animales en la temporada de lluvias, nortes y época seca respectivamente,

identificadas con el tipo de animal y fecha de muestreo. La cantidad de suero sanguíneo obtenida por punción en la yugular, con aguja calibre 18 y tubo con vacío (Vacutainer) sin anticoagulante, fue de aproximadamente 10 ml según la metodología de Fick *et al.* (1979). El suero fue separado por centrifugación a 2500 rpm durante 10 minutos, después de 3 horas de reposo. Una vez separado el suero se mantuvo en congelación a -20° C hasta ser requerido para la determinación de minerales.

3.4.3.5. Heces

Se colectaron muestras heces de 20 vientres en las fechas de muestreo previamente citadas. Para animales jóvenes se colectaron muestras de heces de 15, 13 y 12 animales en las temporadas de lluvias, nortes y seca, respectivamente. Las muestras de heces fueron obtenidas del recto de cada animal y colocadas en bolsas de polietileno identificadas con el tipo de animal y fecha de muestreo. Todas las muestras fueron transportadas, en hieleras con hielo, al laboratorio del Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, donde se almacenaron en un congelador a -10° C hasta ser utilizadas para la determinación de infestación de parásitos gastrointestinales. Esto último se determinó por la técnica coproscópica cuantitativa de McMaster (Quiroz *et al.*, 2011). Los resultados se expresaron como huevecillos por gramos de heces (hpg).

3.4.4. Análisis de laboratorio

La determinación de la concentración de Cobre (Cu), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na) y Potasio (K) fue con el Espectrofotómetro de Absorción Atómica de marca Perkin-Elmer, modelo AAnalyst 700, siguiendo el procedimiento descrito por Fick *et al.* (1979) y por Perkin-Elmer (1996). La determinación de Fósforo (P) fue con el método colorimétrico (Fick *et al.*, 1979) y Espectrofotómetro UV/VIS (Perkin-Elmer modelo Lambda 35).

El contenido de Nitrógeno en las muestras de forraje se determinó con el Analizador 2400 Series II *CHNS/O*, marca Perkin-Elmer en modo *CHN*. El valor obtenido se multiplicó por 6.25 (NRC, 2001) para estimar el contenido de proteína cruda (PC). También, se determinó el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de las muestras de forraje colectadas siguiendo los procedimientos descrito por la AOAC (1995).

El pH del suelo se determinó con el Microprocessor pH 210, marca HANNA Instruments.

Los bovinos fueron clasificados por tipo de animal (adultos y jóvenes). Los resultados se agruparon de acuerdo al nivel de infestación parasitaria en función del conteo de los huevos de estrongilos digestivos presentes en las heces, expresados en huevos por gramo de heces (HPG), de acuerdo con los criterios establecidos por Skerman y Hillard (1966), en las siguientes categorías:

Grupo A: Nivel de infestación grave (>700 hpg)

Grupo B: Nivel de infestación moderado (300-700 hpg)

Grupo C: Nivel de infestación leve (20-250 hpg)

Grupo D: Nivel de infestación Negativo

3.4.5. Análisis estadístico

Para hacer el análisis estadístico se consideró como variables de respuesta (Y_{ij}) el contenido de cada mineral en suelo, agua, forraje y suero sanguíneo; así como, el contenido de PC, FDN y FDA determinadas en el forraje colectado. Las variables clasificatorias, o independientes, fueron tipo de animal (A_i , adultos o jóvenes) y época del año (E_i , lluvias, nortes y seca) para minerales en suero sanguíneo. Y solo época del año para minerales en suelo, agua y forraje disponible para apacentamiento. Los datos se analizaron como provenientes de un diseño completamente al azar, con arreglo factorial (3 x 2) para suero sanguíneo según el procedimiento para modelos lineales (PROC GLM; SAS, 2004).

Los modelos estadísticos fueron: $Y_{ijk} = \mu + A_i + E_j + (A * E)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$ para contenido de minerales en suero sanguíneo, donde el término Y_{ijk} fue la concentración de cada mineral en suero sanguíneo, μ es la media general de la población para la concentración de minerales, A_i corresponde al tipo de animal (adultos y jóvenes); E_j fue el efecto de la i-ésima época del año muestreada (j = lluvias, nortes y Seca), $(A * E)_{ij}$ fue la ij-ésima interacción tipo de animal por época del año. Para contenido de minerales en suelo, agua y forraje el modelo fue $Y_{ij} = \mu + E_i + \varepsilon_{ij}$ así como para el contenido de PC, FDN y FDA en el forraje colectado. Donde Y_{ijk} fue la concentración de cada mineral en suelo, agua, forraje y el contenido de PC, FDN y FDA en el forraje; μ es la media general de las respectivas, E_j fue el efecto de la i-ésima época del año muestreada (j = lluvias, nortes y Seca). Finalmente para ambos modelos el término ε_{ijk} corresponde al error experimental cometido en la j-esima o k-esima medición realizada. La comparación de medias fue con el procedimiento Tukey para los efectos simples, y por el procedimiento PDIFF para la interacción tipo de animal x época del año $[(A * E)_{ij}]$ usando el procedimiento PROC GLM (SAS, 2004).

3.5. Resultados y Discusión

En este apartado se discuten los principales efectos entre épocas del año en las concentraciones minerales de suelo-agua-forraje-animal, contenido nutritivo del forraje y el nivel de infestación parasitaria de los bovinos en pastoreo.

3.5.1. Concentración mineral en suelo

En el Cuadro 10 se indican la concentración de minerales extraíbles y pH del suelo. El nivel de Ca, Mg, K, Na, Fe y pH del suelo fue diferente ($p < 0.05$) entre épocas, mientras que las concentraciones de P, Cu, Zn y Mn fueron similares ($p < 0.05$) entre épocas del año.

Cuadro 10. Concentración de minerales (mg kg^{-1}) extraíbles y pH en los suelos, en una unidad de producción de becerros, en tres épocas del año.

Mineral	Época			EEM ^z	Época Pr>F	Nivel mínimo ^y
	Lluvias	Nortes	Seca			
Ca	373 ^a	268 ^b	152 ^c	21	<.01	70 ^{&}
P	0.90 ^a	0.99 ^a	1.22 ^a	0.18	0.59	10 ^{&}
Mg	60 ^a	45 ^{ab}	32 ^b	6	0.03	8.5 ^{&}
Na	282 ^a	211 ^{ab}	164 ^b	24	0.01	3000 ^{&&}
K	72 ^b	99 ^a	84 ^b	4	0.01	59 ^{&}
Cu	4.06 ^a	3.98 ^a	3.27 ^a	0.3	0.16	5 ^{&&&}
Fe	2043 ^a	1427 ^b	1675 ^b	87	<.01	5 ^{&}
Zn	6.52 ^a	6.25 ^a	6.96 ^a	0.4	0.14	2 ^{&&&&}
Mn	41 ^a	29 ^a	35 ^a	4	0.07	30 -40 ^{&&}
pH	5.0 ^a	4.7 ^b	4.8 ^b	0.06	0.03	EA ^x

^xExtremadamente ácido.

^zError estándar de la media.

^yNivel mínimo para el desarrollo de plantas (McDowell, 1985[&]; Domínguez, 1993^{&&}; Shorrocks y Alloway, 1988^{&&&}; Alloway, 2008^{&&&&}).

Considerando los valores medios indicados en el Cuadro 10, así como el nivel mínimo necesario en suelo para obtener un buen crecimiento de los forrajes se observa que las concentraciones de P, Na y Cu fueron deficientes en las tres épocas del año, así como la concentración de Mn fue deficiente en la época seca, de acuerdo a los valores reportados por McDowell, (1985); Domínguez, (1993); Shorrocks y Alloway (1988) y Alloway, (2008) respectivamente (Cuadro 10). Por

el contrario la concentración de Fe fue excesiva, la mayor concentración ($p < 0.05$) fue en la época de lluvias respecto a los nortes y época seca, siendo no diferentes entre estas últimas. El fosfato adsorbido por los hidróxidos de Fe y Al tiende a ser cada vez más insoluble, debido a que se convierte poco a poco ocluido dentro de las partículas de óxido (Whitehead, 2000).

Es muy probable que los niveles de P, Na, Cu y Mn podrían repercutir en el contenido de estos minerales en el forraje y por consiguiente en la concentración en suero sanguíneo de los animales.

El pH promedio fue de 4.8, se considera un suelo extremadamente ácido (pH entre 4.5 y 5.0; Foth y Ellis, 1997). La disponibilidad de los micronutrientes especialmente Fe, Mn, Co tiende a aumentar con el incremento de la acidez del suelo y a pH < 5 hay una reducción en la actividad de la población microbiana y también en la tasa de crecimiento de las raíces, y estos factores pueden reducir la absorción de nutrientes (Whitehead, 2000).

3.5.2. Concentración mineral en agua

En el Cuadro 11 se indican las concentraciones de los minerales en el agua de bebida para el ganado bovino. Las concentraciones de Ca y Na fueron similares ($p > 0.05$) entre épocas del año. Se detectaron diferencias entre época para las concentraciones de P, Mg, K, Cu y Zn en la fuente de agua disponible para los animales. El hierro no fue detectado con la técnica empleada.

Las concentraciones de minerales evaluados, excepto P, no exceden el nivel máximo tolerable, por lo tanto se considera que estos niveles puedan no ocasionar problemas a la salud del ganado. La concentración de P fue 12.6 veces superior a la concentración máxima recomendada en agua para consumo por el ganado de acuerdo con Puls (1988). Castañeda (2012) encontró en el agua de bebida concentraciones de P 6.9 veces superior a la concentración máxima recomendada. Sin embargo, es poco probable que estas concentraciones puedan ocasionar problemas de salud al ganado (Beede, 2005).

Cuadro 11. Concentración de minerales (mg L⁻¹) en agua disponible para el ganado, en una unidad de producción de becerros, en tres épocas del año.

Mineral	Época			EEM ^z	Época	Nivel máximo recomendado ^y
	Lluvias	Nortes	Seca		Pr>F	
Ca	14 ^a	20 ^a	17 ^a	1.32	0.35	<1000
P	8.82 ^b	10.57 ^b	14.44 ^a	1.66	0.01	<0.7
Mg	1.77 ^b	2.48 ^a	2.44 ^a	0.12	<.01	<1000
Na	27 ^a	27 ^a	26 ^a	0.69	0.71	<800
K	5.71 ^b	6.32 ^a	6.38 ^a	0.13	0.01	<20
Cu	0.21 ^c	0.34 ^b	0.48 ^a	0.02	<.01	<1
Zn	0.16 ^c	0.25 ^b	0.33 ^a	0.01	<.01	<8

^zError estándar de la media

^yNivel máximo recomendable de minerales en agua de bebida para el ganado (Puls, 1988).

3.5.3. Concentración mineral en forraje

En el Cuadro 12 se indican las concentraciones de los minerales en el forraje disponible para el ganado bovino. Las concentraciones de Ca, P, Mg, Na, K, Cu, Fe, Zn, Mn y la relación Ca:P en el forraje disponible para los animales fueron diferentes ($p < 0.05$) en las tres épocas del año.

Cuadro 12. Concentración mineral (base seca) en el forraje colectado con la técnica de “hand plucking”, en tres épocas del año.

Mineral	Época			EEM ^z	Pr>F	RM ^y	NM ^x
	Lluvias	Nortes	Seca				
Ca, %	0.62 ^b	0.78 ^a	0.58 ^b	0.03	0.01	0.30	0.5
P, %	0.20 ^b	0.25 ^a	0.27 ^a	0.01	0.01	0.25	0.2
Mg, %	0.16 ^c	0.44 ^a	0.23 ^b	0.01	<.01	0.20	0.2
Na, %	0.03 ^c	0.05 ^b	0.09 ^a	0.004	<.01	0.06	-
K, %	1.12 ^b	1.42 ^{ab}	1.62 ^a	0.10	0.01	0.60	1
Cu, ppm	4.74 ^b	4.30 ^b	7.79 ^a	0.20	<.01	10	6
Fe, ppm	113 ^b	210 ^a	120 ^b	12	<.01	30	100
Zn, ppm	58 ^a	68 ^a	32 ^b	3.10	<.01	30	100
Mn, ppm	133 ^b	212 ^a	110 ^b	12	<.01	40	50
Rel. Ca:P	3.22 ^a	3.16 ^a	2.34 ^b	0.21	0.01	2:0-1.0	3.3:1.0

^zError estándar de la media.

^yNivel mínimo para cubrir requerimientos del ganado bovino (McDowell y Arthington, 2005).

^xNivel mínimo en plantas suficiente para su desarrollo (Marschner, 1995, 2012).

La concentración de Ca en la época de nortes fue mayor respecto a lluvias y época seca, tal como indica Minson (1990) que las cantidades de Ca aumentan cuando las temperaturas son bajas.

El contenido de P y Mg en el forraje en la época de lluvias fue menor al nivel mínimo para cubrir los requerimientos del ganado bovino (McDowell y Arthington, 2005), para ambos minerales. Librado *et al.* (2006) reportan valores críticos en dos y un ranchos del estado de Puebla para P y Mg, respectivamente. Whitehead (2000) indica que las concentraciones de P y Mg disminuyen marcadamente con el avance de la madurez, comúnmente este factor ocurre con los forrajes tropicales en la época de lluvias. Existe concentración crítica de Na en el forraje para la época de lluvias y nortes, lo cual se explica por el bajo contenido este elemento en el suelo (219 mg kg^{-1}), McDowell y Arthington (2005) señalan que los forrajes tropicales normalmente no contienen cantidades adecuadas de Na, pero que el problema es fácilmente superado mediante la práctica de proveer sal común *ad libitum*.

En los forrajes disponibles para el animal se encontraron concentraciones de K adecuadas para el crecimiento del mismo y para cubrir los requerimientos del ganado en pastoreo, en las tres épocas del año, como menciona Huerta (1999b) que la mayoría de los forrajes son adecuados en potasio para rumiantes en pastoreo.

El contenido de Cu en el forraje en las épocas del año fue menor al nivel crítico (10 mg kg^{-1}) para cubrir los requerimientos del ganado bovino, lo cual se puede explicar por qué el suelo de la UP se encontró deficiente en este elemento (3.77 mg kg^{-1}): Ramos (2009) y; Castañeda (2012); reportaron valores de Cu por debajo del nivel crítico recomendado para cubrir requerimientos de ganado bovino en estudios realizados en condiciones tropicales de México.

La concentración de Zn más baja se encontró en la época seca con el 50% de muestras por debajo del nivel crítico de 30 mg kg^{-1} . Vieyra-Alberto *et al.* (2013) reportan que el nivel de Zn en los forrajes de la huasteca potosina no cubre el requisito de los bovinos en la época seca y húmeda.

La concentración de Fe en el forraje mostró una variación significativamente diferente ($p < .0001$) entre épocas de muestreo. Las medias de Fe en el forraje

variaron de 113 mg kg⁻¹ a 210 mg kg⁻¹, en nortes la concentración más alta y la concentración más baja en época de lluvias, difiere con lo indicado por Vieyra-Alberto *et al.* (2013) en forrajes de la Huasteca Potosina, México

3.5.4. Concentración mineral en suero sanguíneo

En el Cuadro 13 se presenta el nivel de significancia (probabilidad) de los efectos de época del año, tipo de animal y su interacción sobre la concentración mineral en suero sanguíneo. La época del año afectó ($p < 0.05$) las concentraciones de Na, K, Cu, Fe, y las relaciones Ca:P y Na:K. El tipo de animal afectó ($p < 0.05$) las concentraciones de P, Mg, K y la relación Ca:P. La interacción tipo de animal x época del año ($p < 0.05$) afectó las concentraciones de Ca, Na, K, Cu, Fe, y las relaciones Ca:P y Na:K. A continuación se discutirán los efectos principales de tipo de animal en las concentraciones de P y Mg, posteriormente se discutirán el resto de las variables, en donde la interacción fue importante ($p < 0.05$).

En el Cuadro 14 se indican las concentraciones de los minerales en animales adultos y jóvenes en tres épocas del año. Los animales jóvenes tuvieron concentraciones mayores ($p < 0.05$) de fósforo y menores ($p < 0.05$) de magnesio en suero sanguíneo que los animales adultos. Este efecto de edad puede explicarse parcialmente por el excelente contenido de fósforo y el pobre contenido de magnesio en la leche (NRC, 2001). El efecto de edad en las concentraciones sanguíneas de fósforo ha dado lugar a que el rango normal para este elemento sea diferente para vacas y becerros (Puls, 1994). Tanto en animales adultos y jóvenes las concentraciones de P y Mg se encuentran alrededor del límite superior, lo cual implica que cerca del 50% de los animales tengan concentraciones por arriba del rango normal. Ramos (2009) también reportó concentraciones de P que se encuentran por arriba de los niveles normales. Chávez y Casas (2003) reportaron de muestras de suero bovinos en Jalisco que el 54% de estas son excesivas y el 18% deficientes en P. Castañeda (2012) indica que los valores séricos que obtuvo en animales del trópico húmedo en Veracruz alcanzaron niveles considerados tóxicos. La elevada concentración de P en suero sanguíneo en la época de Nortes ocasionó que la relación Ca:P

fuera menor al intervalo adecuado. La concentración elevada de magnesio en suero sanguíneo de los animales no se considera un problema práctico (Álvarez, 2001).

Las concentraciones de Ca en suero sanguíneo en las tres épocas del año y en animales adultos y jóvenes se encuentran dentro del rango normal (Figura 2; Puls, 1994). La interacción época x tipo de animal se manifestó en que los animales jóvenes presentaron un nivel más bajo ($p < 0.05$) de Ca en suero sanguíneo que las vacas en la época de lluvias, mientras que en las épocas de nortes y seca sucedió lo contrario. Martínez (2006) reportó mayor concentración de Ca en crías que en vacas en un rancho de Juan Rodríguez Clara, Veracruz.

Los niveles de Na fueron excesivos en las tres épocas del año, tanto en animales jóvenes como adultos (Figura 2; Puls, 1994), aun cuando las concentraciones de sodio en los forrajes de la UP son deficientes. El ARC (1980) indica que cuando existe deficiencia de sodio en la dieta, los animales generan mecanismos de adaptación para mantener las concentraciones en la sangre. La interacción se manifestó en que los animales jóvenes tuvieron mayores ($p < 0.05$) concentraciones de sodio que los adultos en la época de lluvias, mientras que en las otras épocas las concentraciones fueron similares ($p > 0.05$) entre ellos. Estos niveles elevados pueden deberse a que una práctica en la UP para juntar el ganado consiste en proporcionar sal común en el corral, lo cual sucedió antes de los muestreos. La cantidad de sal proporcionada es variable y el acceso a los saladeros también es variable debido a poco espacio de saladero por animal, lo cual puede ser responsable de las diferencias entre tipos de animal. Resultados similares indica Morales *et al.* (2005) en un diagnóstico mineral en el Valle de Toluca, México donde encontró excesos de Na en suero sanguíneo.

La interacción en la relación Ca/P (Figura 2) en suero sanguíneo se debió a que los animales adultos tuvieron una relación más alta ($p < 0.05$) que los jóvenes en la época de lluvias, mientras que en el resto de las épocas fueron similares entre éstos ($p > 0.05$). Esto es consecuencia del nivel más alto de calcio en suero sanguíneo en animales adultos.

Las concentraciones de K en suero sanguíneo (Figura 3) fueron superiores ($p<0.05$) en los animales jóvenes en comparación con los animales adultos en las épocas de lluvias y nortes, mientras que lo contrario sucedió en la época seca. Las concentraciones de K en suero sanguíneo se encontraron dentro del nivel deficiente (Puls, 1994) en animales adultos y animales jóvenes en las épocas de nortes y seca, respectivamente. El K está muy relacionado con el metabolismo del Na, por ello, las concentraciones deficientes pueden estar asociadas con los niveles altos de sodio. Álvarez (2001) menciona que en las regiones tropicales, es posible la deficiencia de K. La deficiencia de K ha sido reportada por Sánchez *et al.* (1997) en muestras de suero, en Acatlán, Hidalgo.

La relación Na:K en suero sanguíneo se situó por arriba del intervalo adecuado, en todas las épocas y en todos los animales. Esta situación se atribuye a la elevada concentración sérica de Na y relativamente bajos niveles de K. En particular, esto fue más acentuado ($p<0.05$) en animales adultos que en jóvenes durante la época de nortes, mientras que en las épocas de lluvias y seca fueron similares.

Las concentraciones promedio de Cu (Figura 3) en suero sanguíneo fueron adecuadas en la época de lluvias para animales jóvenes y adultos, y deficientes para ambos en las épocas de nortes y seca (Puls, 1994). Sin embargo, en los animales jóvenes la deficiencia fue de menor ($p<0.05$) magnitud que la de las vacas en la época de nortes. Aun cuando las concentraciones promedio de Cu fueron adecuadas en la época de lluvias, el 34% de los animales tuvieron concentraciones deficientes. Las deficiencias de Cu en el ganado se asocian con las concentraciones deficientes de este elemento en los forrajes de la UP. Además, los niveles elevados de Fe en el suelo y el consumo probable del mismo por los animales pueden contribuir a disminuir las concentraciones de Cu en suero sanguíneo (Suttle, 2010). Morales *et al.* (2005) reportaron valores de Cu sérico de bovinos por arriba del valor crítico en la época de lluvias (1.0 mg L^{-1}) y deficiente (0.60 mg L^{-1}) en la época seca, mientras que Muñoz *et al.* (2013) reportaron valores deficientes de 0.57 y 0.55 mg L^{-1} para crías y vacas.

Las concentraciones promedio de Fe en suero sanguíneo estuvieron dentro del rango normal en las tres épocas y en animales jóvenes y adultos (Puls, 1994). Sin embargo, los animales jóvenes en la época de lluvias tuvieron concentraciones promedio deficientes. Asimismo, los animales jóvenes tuvieron concentraciones de hierro superiores ($p < 0.05$) a las encontradas en animales adultos en la época de nortes únicamente (Figura 3). Aun cuando las concentraciones de hierro en los forrajes de la UP son adecuadas, la deficiencia de Cu en los forrajes y los animales puede limitar la utilización del hierro, dado que el Cu es necesario para transportar el hierro del hígado a la sangre (Suttle, 2010).

La concentración sérica de Zn para ambos tipos de animal y en todas épocas fue deficiente (Puls, 1994). Morales *et al.* (2005) reportaron resultados análogos para el nivel de Zn (0.67 mg L^{-1}).

Cuadro 13. Nivel de significancia (probabilidad) para las variables época y tipo de animal con respecto a la concentración mineral de Ca, P, Mg, Na, K, Cu, Fe, Zn, Relación Ca:P y Na:K.

Fuente de Variación	Calcio	Fósforo	Magnesio	Sodio	Potasio	Cobre	Hierro	Zinc	Ca:P	Na:K
Época	0.1346	0.3165	0.7068	<.0001	<.0001	<.0001	0.0009	0.0980	0.0089	<.0001
Tipo de animal	0.0995	<.0001	0.0430	0.2927	0.0090	0.1736	0.1948	0.2993	<.0001	0.1242
Tipo de animal*época	0.0001	0.3879	0.6142	0.0296	<.0001	0.0227	0.0042	0.7303	<.0001	0.0002

Cuadro 14. Concentración mineral (mg L⁻¹) en suero de animales jóvenes y adultos en tres épocas del año, en una unidad de producción de becerros, en el Oriente de Puebla.

Mineral	Época			EEM ^z	Concentración adecuada ^y		Tipo de Animal		EEM ^z
	Lluvias	Nortes	Seca				Adultos	Jóvenes	
Calcio	96 ^a	82 ^b	88 ^{ab}	3.54	80-110		86 ^a	93 ^a	2.95
Fósforo	70 ^a	77 ^a	71 ^a	3.61	60-90 ^x	40-60 ^w	61 ^b	90 ^a	3.01
Magnesio	38 ^a	38 ^a	37 ^a	1.25	17 – 30		39 ^a	36 ^b	1.03
Sodio	4521 ^c	6320 ^a	5184 ^b	194	3105 – 3450		5234 ^a	5466 ^a	162
Potasio	190 ^a	142 ^b	160 ^b	5.90	160 – 200		156 ^b	177 ^a	4.91
Cobre	0.86 ^a	0.54 ^b	0.37 ^c	0.03	0.8 - 1.5		0.57 ^a	0.64 ^a	0.02
Hierro	1.35 ^b	1.66 ^a	1.60 ^a	0.07	1.3 - 2.5		1.50 ^a	1.58 ^a	0.06
Zinc	0.66 ^a	0.65 ^a	0.56 ^a	0.04	0.8 - 1.4		0.64 ^a	0.59 ^a	0.03
Relación Ca:P	1.61 ^a	1.11 ^b	1.38 ^{ab}	0.09	1.5:1-2.0:1		1.56 ^a	1.09 ^b	0.08
Relación Na:K	25 ^c	48 ^a	33 ^b	1.80	14.4:1-21.6:1		37 ^a	33 ^a	1.50

Medias en la misma hilera, dentro época o tipo de animal con diferente literal son diferentes (P<0.05; Tukey).

^zError estándar de la media.

^yConcentración mineral adecuada en suero sanguíneo de ganado bovino (Puls, 1994).

^xAnimales jóvenes; ^wAnimales adultos.

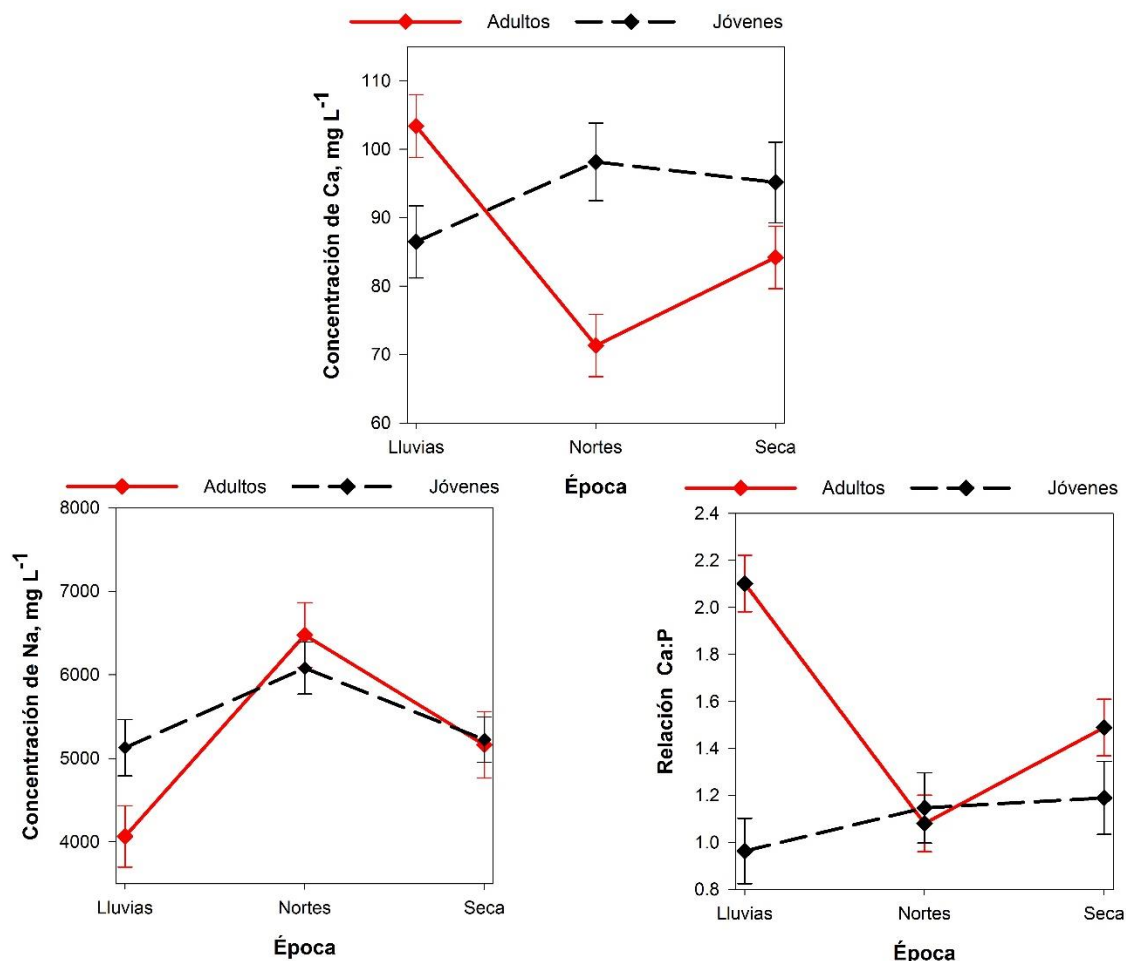


Figura 2. Efecto de época sobre las concentraciones séricas (medias de cuadrados mínimos $\pm$ error estándar) de calcio $\pm$ 5.01, sodio $\pm$ 275 y relación Ca:P $\pm$ 0.13 de animales adultos y jóvenes en el trópico poblano.

Los efectos de la interacción de época del año por tipo de animal, sobre la concentración mineral de suero sanguíneo de los animales, adultos y jóvenes pueden deberse a la disponibilidad, variación en la composición mineral de los forrajes presentes en la UP en las tres épocas del año, factores que guardan una estrecha relación con la presencia de desbalances nutricionales del ganado en pastoreo.

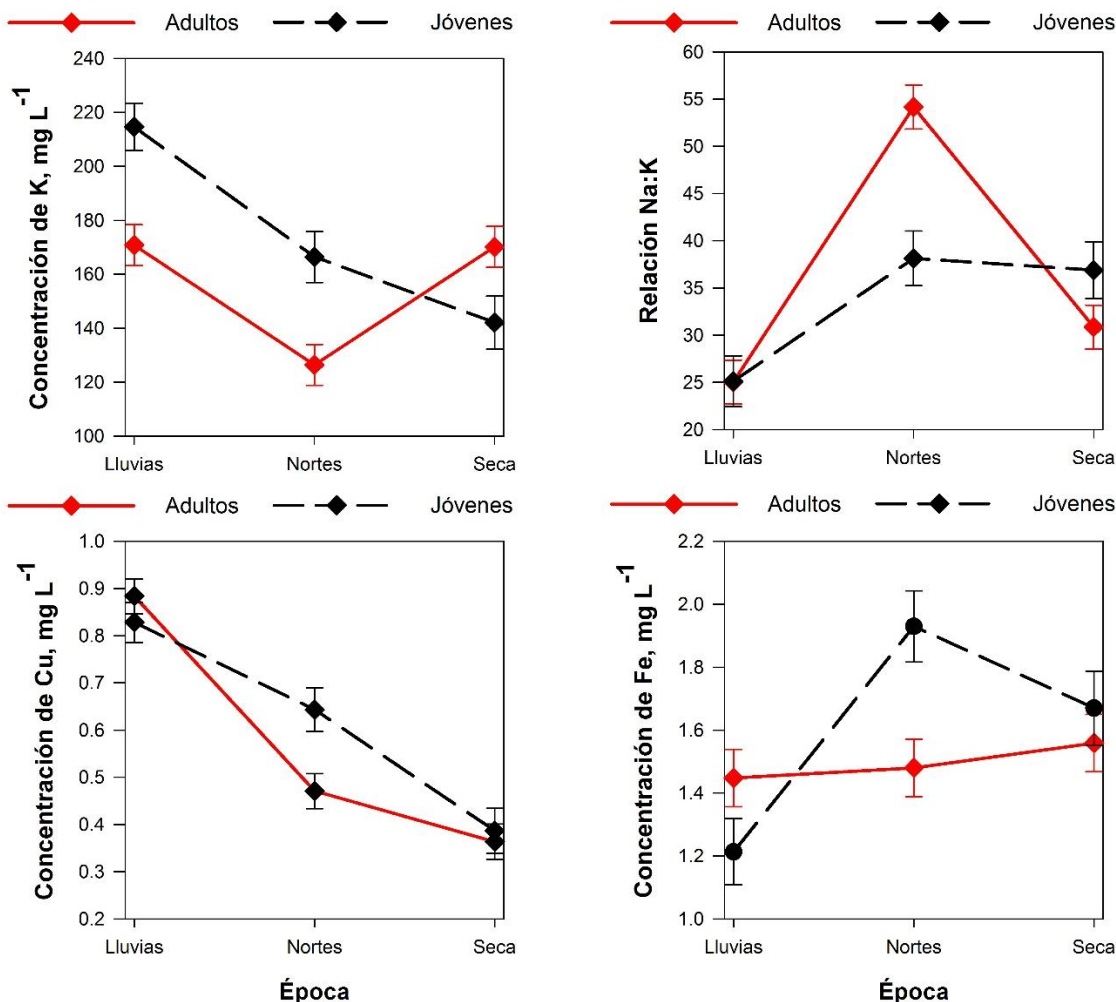


Figura 3. Efecto de época sobre las concentraciones séricas (medias de cuadrados mínimos $\pm$ error estándar) de potasio ± 8.34 , relación Na:K, cobre ± 0.04 y hierro ± 0.10 de animales adultos y jóvenes en el trópico poblano.

3.5.5. Contenido de proteína y fibra del forraje

La época del año afectó ($p < 0.03$) las concentraciones de PC y FDN del forraje (Cuadro 15). El menor contenido ($p < 0.03$) de PC se registró en la época de lluvias, respecto a las encontradas en nortes y época seca que fueron similares entre sí. Martín (1998) explica que debido a que cuando la edad del pasto se incrementa, disminuye progresivamente su calidad y digestibilidad, además Lorenzo *et al.* (2012) indican que en el período de lluvia se produce el proceso de dilución, en el cual la relación PC con otros componentes de la MS disminuye, debido al crecimiento alcanzado por el pasto, favorecido por las condiciones

climáticas que prevalecen en este período. En síntesis, el valor nutritivo de los forrajes disminuyó en la época de lluvias.

Cuadro 15. Contenido de proteína cruda y fibra (base seca) en el forraje colectado por la técnica de hand plucking, en tres épocas del año.

	Época			EEM ^z	Pr>F
	Lluvias	Nortes	Seca		
Proteína cruda	11.05 ^b	14.63 ^a	14.35 ^a	0.38	<.0001
Fibra detergente neutro	63.39 ^a	62.45 ^a	59.77 ^b	0.61	0.0008
Fibra detergente ácido	34.26 ^a	32.44 ^a	32.50 ^a	0.85	0.23

Medias en la misma hilera, con diferente literal son diferentes (P<0.05; Tukey). ^zError estándar de la media

Jarillo-Rodríguez *et al.* (2011) y Minson (1992) relacionaron este comportamiento con el incremento del porcentaje de tallos y el aumento del contenido de pared celular, elementos que afectan, la digestibilidad y PC de los pastos. Por lo cual debe establecerse periodos de defoliación más frecuente en esta época, que permita su utilización con mayor calidad nutritiva en los forrajes.

Los valores más altos ($p<0.05$) para la variable FDN se presentaron en las épocas de lluvias y nortes en comparación con la época seca. Jarillo-Rodríguez *et al.* (2011) encontraron resultados similares en la región tropical de Veracruz.

3.5.6. Infestación parasitaria

En el Cuadro 16 se indican los porcentajes y el grado de infestación parasitaria de animales adultos y jóvenes en tres épocas del año. La incidencia de parásitos fue dependiente ($p<0.05$) de la época: lluvias > seca > nortes; sin diferencias en el grado de infestación. Los animales jóvenes fueron más ($p<0.05$) afectados por la parasitosis que los animales adultos, con infestaciones moderadas.

En la época de lluvias se presentó la mayor incidencia de parasitosis, esto se explica a que en esta época existe condiciones de temperatura y humedad alta (Jarillo-Rodríguez *et al.*, 2011), que son factores de riesgo o predisponentes a parásitos gastrointestinales en el ganado en pastoreo debido a los pastos contaminados por larvas en desarrollo. La inmunidad del animal es limitada en animales en crecimiento (Scott *et al.*, 2011), lo que coincide con este estudio al

presentar mayor número de animales jóvenes afectados. También Quiroz (2009) indica que los animales jóvenes son más susceptibles debido a la falta de anticuerpos y por la falta de madurez del sistema inmunocompetente a nivel intestinal. Los parásitos ocasionan lesiones en el revestimiento de la mucosa que interfieren con el metabolismo y absorción mineral (Vitti y Kebread, 2010).

Cuadro 16. Nivel de infestación parasitaria (%) de animales adultos y jóvenes en tres épocas del año.

Nivel de infestación	Época			Tipo de animal	
	Lluvias	Nortes	Seca	Adultos	Jóvenes
Grave	5.7 ^a ±16	0 ^a ±0	6.2 ^a ±17	25.0 ^a ±43	75.0 ^a ±25
Moderado	11.4 ^a ±16	3.0 ^a ±17	0 ^a ±0	0 ^b ±0	100.0 ^a ±0
Leve	20.1 ^a ±15	0 ^a ±0	18.8 ^a ±16	53.9 ^a ±19	46.1 ^a ±20
Negativo	62.9 ^c ±10	97.0 ^a ±3	75.0 ^b ±9	66.7 ^a ±7	33.3 ^b ±9

Medias en la misma hilera, dentro época o tipo de animal con diferente literal son estadísticamente diferentes (p<0.05; Tukey).

3.6. Conclusiones

En la época de lluvias la calidad nutritiva del forraje es limitada por bajo contenido de fósforo, sodio, potasio, cobre, proteína cruda y alto contenido de FDN y FDA.

En el ganado existen desbalances minerales, caracterizados por excesos de P, Mg y Na en el suero sanguíneo, deficiencias generalizadas de Cu y Zn, y en algunos casos de potasio y hierro. Las infestaciones parasitarias del ganado fueron más acentuadas en la época de lluvias en animales jóvenes.

3.7. Literatura citada

- ARC (Agricultural Research Council). 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal, UK. pp. 184–185.
- Alloway, B. J. 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition. Second Edition. International Zinc Association and International Fertilizer Industry Association. Belgium and France. 139 p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1995. Arlington Virginia. USA. 853 p.

- Álvarez C., J. L. 2001. Bioquímica Nutricional y Metabólica del Bovino en el Trópico. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. 201 p.
- Batista E., V. P., R. Flores., R. Narciso M., y M. Paschoal de Oliveira. 2007. Diferimento de pastos de braquiária cultivares Basilisk e Marandu, na região do Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 42(2): 273-280.
- Beede, D. K. 2005. Assessment of water quality and nutrition for dairy cattle. In: Proceeding: Mid-South Ruminant Nutrition Conference. Arlington, Texas. April 27-28. 19 p.
- Castañeda C., S. 2012. Diagnóstico mineral de ganado bovino en condiciones de trópico húmedo. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 61 p.
- Chávez T., E. G y I. E. Casas F. 2004. Contenido mineral en agua, suelo, forraje y suero sanguíneo de bovinos de doble propósito en Tomatlán, Jalisco. Tesis Profesional Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. 75 p.
- Chelliah, G., R. O. Myer, J. N. Carter, L. R. McDowell, and N. S. Wilkinson. 2008. Mineral concentrations of cool season pasture forages in North Florida during the winter-spring grazing season: II. Trace minerals. Journal of Plant Nutrition 31: 1774–1788
- Bray R. H. and Kurtz L. T. 1945. Determination of total, organic and available form of phosphorus in soil. Soil Science 59:360-361.
- Domínguez V., I. A. 1993. Diagnóstico del estado mineral de ovinos bajo condiciones de pastoreo en Tenango del Valle, México. Tesis Profesional, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo. 159 p.
- Duarte-Ortuño, A., W. Thorpe, and A. Tewolde. 1988. Reproductive performance of purebred and crossbred beef cattle in the tropics of Mexico. Animal Production 47: 11-20.
- Fick, K. R., L. R. McDowell, P. H. Miles, N. S. Wilkinson, J. D. Funk, J. H. Conrad, y R. Valdivia. 1979. Métodos de Análisis de Minerales para Tejidos de Plantas y Animales. Segunda Edición. Universidad de Florida, Gainesville, Florida, USA. 358 p.
- Foth D. H., and B. G. Ellis. 1997. Soil Fertility. Second Edition. CRC Press Inc., Lewis Publishers. 290 p.
- Guerrero-Cervantes, M., R. G. Ramírez, H. González-Rodríguez, A. Cerrillo-Soto, and A. Juárez-Réyes. 2012. Mineral content in range forages from north Mexico. Journal of Applied Animal Research 40:2 102-107.
- Huerta B. M. 1997. Nutrición mineral de rumiantes en pastoreo. In: Memorias del curso Alternativas de Manejo en Bovinos para Carne en Pastoreo. 18-70 pp.

- Huerta B. M. 1999b. Respuesta a la corrección de deficiencias minerales sobre el comportamiento animal. In: II Seminario Internacional Estrategias de Suplementación a Bovinos en Pastoreo. 174-182 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tuzamapan de Galeana, Puebla. Clave Geoestadística 21192. 9 p.
- Jarillo-Rodríguez, J., E. Castillo-Gallegos., A. F. Flores-Garrido., B. Valles-de la Mora., L. Ramírez., L. Avilés., R. Escobar-Hernández., and E. Ocaña-Zavaleta. 2011. Forage yield, quality and utilization efficiency on native pastures under different stocking rates and seasons of the year in the Mexican humid tropic. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13:417–427.
- Librado, C. J. G., M. Huerta B., P. A. Martínez H., M. J. González A., y J. G. García M. 2006. Estado nutricional de ganado caprino en pastoreo en los llanos de San Juan, Puebla. In: Memorias, XXXIV Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal y X Reunión Bianual del Grupo Norte Mexicano de Nutrición Animal. 37-40 p.
- Lorenzo F., J., I. Gómez A., y E. Cordoví C. 2012. Efecto de la edad de rebrote en el rendimiento y contenido proteico del pasto *Brachiaria humidicola* cv CIAT-609 en un suelo vertisol. *Revista Producción Animal* 24(1): 6.
- Machado, R. 1996. Dinámica de algunos indicadores morfológicos y estructurales de *Andropogon gayanus* CIAT-621, bajo condiciones de manejo intensivo. Efecto de la época y el año. *Pastos y Forrajes* 19:121.
- Martín, P. C. 1998. Valor nutritivo de las gramíneas tropicales. *Revista Cubana Ciencia Agrícola* 32:1.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second Edition. Academic Press. United Kingdom. 890 p.
- Marschner, H. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Third Edition. Academic Press. United Kingdom. 651 p.
- McDowell, L. R. 1985. Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. Academic Press, Inc. USA. 444 p.
- McDowell, L. R. 2003. Minerals in Animal and Human Nutrition. Amsterdam, the Netherlands: Elsevier Science. 644 p.
- McDowell, L. R., y J. D. Arthington. 2005. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. Cuarta edición. Universidad de Florida. Gainesville, Florida. USA. 94 p.
- Minson, D. J. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, Inc., San Diego, California. 483 p.
- Minson, D. J. 1992. Composición química y valor nutritivo de las gramíneas tropicales. En: Gramíneas Tropicales. FAO. Roma, Italia.

- Morales A. E., I. Domínguez V., M. González R., G. Jaramillo E., O. Castelán O., N. Pescador S., y M. Huerta B. 2007. Diagnostico mineral en forraje y suero sanguíneo de bovinos lecheros en dos épocas en el valle central de México. *Técnica Pecuaria en México* 45: 329-344.
- Muñoz, J. C., M. Huerta, R. Ramírez y M. J. González. 2013. Evaluación mineral en suero de bovinos de doble propósito en Catazajá, Chiapas, México. In: *Memorias de XXIII Reunión de la ALPA IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical*; PB-118.
- NRC (National Research Council). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition*. National Academies Press, Washington, D. C. USA. 488 p.
- Penning, P. 2004. *Herbage Intake Handbook*. 2nd Ed. The British Grassland Society. UK. pp: 66-68.
- Perkin-Elmer. 1996. *Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy*. United States of America. 300 p.
- Puls, R. 1988. *Minerals Levels in Animal Health. Diagnostic Data*. Sherpa International. British Columbia, Canada. 153 p.
- Quiroz R., H. 2009. *Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos*. Limusa, Distrito Federal, México. 876 p.
- Quiroz R., H., J. A. Figueroa C., V. Ibarra F., y M. E. López A. 2011. *Epidemiología de enfermedades parasitarias de animales domésticos*. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México. 642 p.
- Ramos M., P. 2009. *Diagnóstico del estado mineral de bovinos para carne pastoreando en la región huasteca alta*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 92 p.
- Ramos O., R., R. M. Sepúlveda, y F. M. Villalobos. 2003. *El Agua en el Medio Ambiente. Muestreo y Análisis*. Edit. Plaza y Valdes, y Universidad Autónoma de Baja California. 210 p.
- Sánchez R. C., G. Agustín R., y M. A. Raya C. 1997. Contenido mineral en suelo, forraje y suero sanguíneo de vacas Holstein en pastoreo en Acatlán, Hidalgo, México. *Archivo Latinoamericano de Producción Animal*. 5(Supl 1):108-111.
- SAS. 2004. *SAS/STAT 9.1. User's Guide*. Vol. 1-7. SAS Publishing. Cary, NC, USA. 5180 p.
- Scott, P. R., C. D. Penny, and A. I. Macrae. 2011. *Cattle Medicine*. Manson Publishing Ltd. pp: 236-241.
- Shorrocks, V. M., and B. J. Alloway. 1988. *Copper in Plant, Animal and Human Nutrition*. Copper Development Association. Report TN35. Copper Development Association. United Kingdom. 109 p.
- Skerman, K. D. and J. J. Hillard. 1966. *A Handbook for studies of helminths parasites of ruminant*. Near East. Animal Health Institute, Iran Unit, F.A.O.

- Suttle, N. F. 2010. Mineral Nutrition of Livestock. 4th Edition. CABI Publishing, UK. 595 p.
- Vitti, M. S. S. D., and E. Kebread. 2010. Phosphorus and Calcium Utilization and Requirements in Farm Animals. CABI Publishing, UK. 178.
- Vieyra-Alberto, R., I. A. Domínguez-Vara., G. Olmos-Oropeza., J. F. Martínez-Montoya., J. L. Borquez-Gastelum., J. Palacio-Núñez., J. A. Lugo de la Fuente., E. Morales-Almaráz. 2013. Perfil e interrelación mineral en agua, forraje y suero sanguíneo de bovinos durante dos épocas en la Huasteca Potosina, México. *Agrociencia* 47: 121-133.
- Whitehead, C. D. 2000. Nutrient Elements in Grassland: Soil-Plant-Animal Relationships. CABI Publishing. United Kingdom. 369 p.

4 PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FORRAJE, Y CONDICIÓN CORPORAL DEL GANADO BOVINO DE CARNE

4.1. Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la acumulación mensual, la tasa de crecimiento (TC) y el contenido de proteína cruda (PC) en forraje y la condición corporal (CC) de los bovinos en pastoreo de especies nativas e introducidas. Se encontraron diferencias ($p < 0.05$) entre potreros, meses y época del año en los parámetros de las praderas asociados a la producción de forraje. Destacó un potrero con *Brachiaria* por mayor ($p < 0.05$) producción anual de materia seca ($15,182 \text{ kg ha}^{-1}$) en comparación con aquellos tenían gramas nativas ($7,707 \text{ kg MS ha}^{-1}$). La TC de los forrajes fue menor en los nortes con $19 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ y época seca con $17 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ en comparación con la época de lluvias con $37 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$. El mes y época del año, y los factores climáticos determinaron en los forrajes la calidad proteínica. La PC en el forraje acumulado se encontró por arriba del 10%, excepto en el mes de julio y agosto, mientras que la PC en praderas solo se encontró por arriba del 10% en los meses de Mayo y Junio de 2013. Las tasas de crecimiento de los forrajes están asociadas con los cambios en condición corporal de vacas secas y vacas en lactación, pero no con vacas gestantes. Las épocas de nortes y seca son los momentos más críticos para el crecimiento, pero la de lluvias es para la proteína en los forrajes.

Palabras claves: Acumulación de forraje, tasa de crecimiento, proteína cruda, condición corporal

PRODUCTION AND QUALITY OF FORAGE AND BODY CONDITION OF BEEF CATTLE

4.2. Abstract

The objective of the study was to determine forage accumulation and growth rate (TC), the protein content (PC) in forage and body condition (CC) of cattle grazing on native and introduced species. Differences ($p < 0.05$) between paddocks, months and season were found. *Brachiaria species* had an annual production of dry matter of $15.182 \text{ kg ha}^{-1}$, while the average for native grasses was 7.707 kg ha^{-1} . There is a seasonal pattern of forage production, the lowest TC were recorded in "nortes" with $19 \text{ kg DM ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ and dry season with $17 \text{ kg DM ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ and TC was higher in the rainy season with $37 \text{ kg DM ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$. The month and time of year, and climatic factors determine the behavior of growth and protein quality of forage. Crude protein was found above 10%, except in July and August, while the PC on grassland were found above 10% only in the months of May and June 2013. Growth rates of forages are associated with body condition of lactating and dry cows, but not with gestating cows. "Nortes" and dry seasons are the most critical moments for forage production, while the rainy season is for crude protein content.

Key words: forage accumulation, forage growth rate, crude protein, body condition

4.3. Introducción

La producción animal de bovinos para carne en praderas es la forma barata, efectiva y competitiva de producir alimento de calidad (Carneiro *et al.*, 2010). Las praderas de pastos nativos, como las del género *Axonopus* y *Paspalum*, del trópico mexicano tienen potencial para producir carne de ganado bovino (Fernández *et al.*, 2006), aun cuando producen menos forraje y son de calidad inferior comparado con las gramíneas tropicales mejoradas (Améndola *et al.*, 2005).

El contenido de proteína y nutrientes en el forraje de las gramíneas nativas depende de la temperatura ambiental, distribución y frecuencia de los eventos de lluvia y de la madurez de las plantas (Aguado-Santacruz *et al.*, 2004). Debido a esto la producción animal, en estas praderas, se caracteriza por tener bajos índices de producción (Ramírez *et al.*, 2009). Como en todo sistema de producción los animales que pastan y las plantas forrajeras interactúan entre sí, afectando la tasa de acumulación de peso seco en la pradera y consecuentemente provocando desbalances estacionales entre la demanda de forraje y la oferta del mismo. Roche *et al.* (2009) indican que los cambios de peso vivo de los rumiantes, que pastan en praderas tropicales, se debe a fluctuaciones en la cantidad de peso seco del forraje, acumulado en el año.

Por lo que es importante conocer la tasa de crecimiento, al menos en cada época del año (Hodgson, 1990) y la calidad del forraje acumulado (Vargas *et al.*, 2013) para planificar los sistemas de apacentamiento y planes de complementación para mejorar la productividad de los sistemas de producción de bovinos para carne.

En la planificación del apacentamiento y de la complementación al ganado bovino, se involucra el tiempo que requieren las praderas para acumular el forraje suficiente y de la calidad requerida para satisfacer las necesidades de peso seco y nutrimentos de los animales en pastoreo (Quero *et al.*, 2007) para que el sistema pastoril, en praderas nativas e introducidas, sea una forma barata y

eficiente de producir carne de bovinos. Una forma es medir el efecto de la cantidad y calidad de las praderas nativas e introducidas es la condición corporal, ya que está estrechamente asociada con el escenario nutricional en el que se cría el ganado para carne (Bewley y Schutz, 2008; Merck, 2007).

El objetivo del presente estudio fue determinar la acumulación de forraje, la tasa de crecimiento, el contenido proteínico en forraje y la condición corporal de los vientres bovinos de un sistema de pastoreo en gramas nativas, con la finalidad de identificar posibles desbalances entre oferta y demanda de forraje y proteína cruda.

4.4. Materiales y métodos

4.4.1. Localización

El sistema de producción de bovinos para carne objeto de estudio está entre los Municipios de Tuzamapan de Galeana y Jonotla, Puebla. Debido a que los potreros se encuentran en dos territorios municipales sus posiciones geográficas son las siguientes (20° 04' 09.3" latitud norte y longitud oeste 97° 33' 10.0"; 20° 04' 12.4" latitud norte y longitud oeste 97° 33' 11.4"; 20° 04' 21.2" latitud norte y longitud oeste 97° 33' 06.3" y 20° 04' 39.7" latitud norte y longitud oeste 97° 33' 36"). La altitud del mar oscila entre los 480 a 600 m. El clima es cálido subhúmedo, con un régimen de lluvias en verano desplazado hacia el otoño, precipitación promedio anual de 2,400 a 3600 mm y temperatura media anual de 20 a 26°C (INEGI, 2009).

Las mediciones de cada variable de respuesta se hicieron en tres épocas del año. La época de lluvias, del mes de junio a octubre, la época de nortes, del mes de noviembre a febrero, con lluvias y temperaturas decrecientes y la época seca, de marzo a mayo.

4.4.2. Descripción de la unidad de producción

Los potreros fueron identificados como P1, P2, P3 y P4; la superficie de cada potrero es de 11, 5, 3 y 5 has, respectivamente. El hato base fue de 20 vientres, apacentó cada potrero siguiendo un esquema rotacional de los potreros 2, 3 y 4. El potrero 1 fue apacentado todo el año. Los animales tuvieron agua a libre acceso y sal común cada semana. En el hato base se mantuvieron dos sementales. Las razas de ganado con las que cuenta la unidad son cruza de Simental y Cebú.

En los P1 y P2, las gramíneas dominantes fueron *Axonopus compressus*, *Paspalum notatum*, *Paspalum conjugatum* y *Holcus aturensis* (zacate amargo). En el P3 las gramíneas *Brachiaria brizantha* y *Brachiaria decumbens* fueron las especies abundantes. En el P4 el zacate fueron la especie *Paspalum conjugatum* y *Axonopus compressus*, asociado con *Holcus aturensis* (zacate amargo) y *Cynodon dactylon* (estrella de África). Todos los potreros fueron chapeados para controlar malezas y se dio mantenimiento a los cercos vivos.

4.4.3. Mediciones en campo

4.4.3.1. En los potreros

Previo al inicio del estudio, 28 días antes, se fijaron 6 jaulas de exclusión, en cada potrero. El área interna de cada área de exclusión fue de 0.5 m² (1 m x 0.5 m) y una altura de 60 cm, excepto para las jaulas colocadas en el potrero con *Brachiarias* cuya altura fue de 1 m. Antes de fijar en el suelo las jaulas de exclusión, se cortó el forraje presente a una altura promedio de 2 a 3 cm (Pérez-Prieto y Delegarde, 2012). Las jaulas se colocaron en zig-zag (Figura 4).

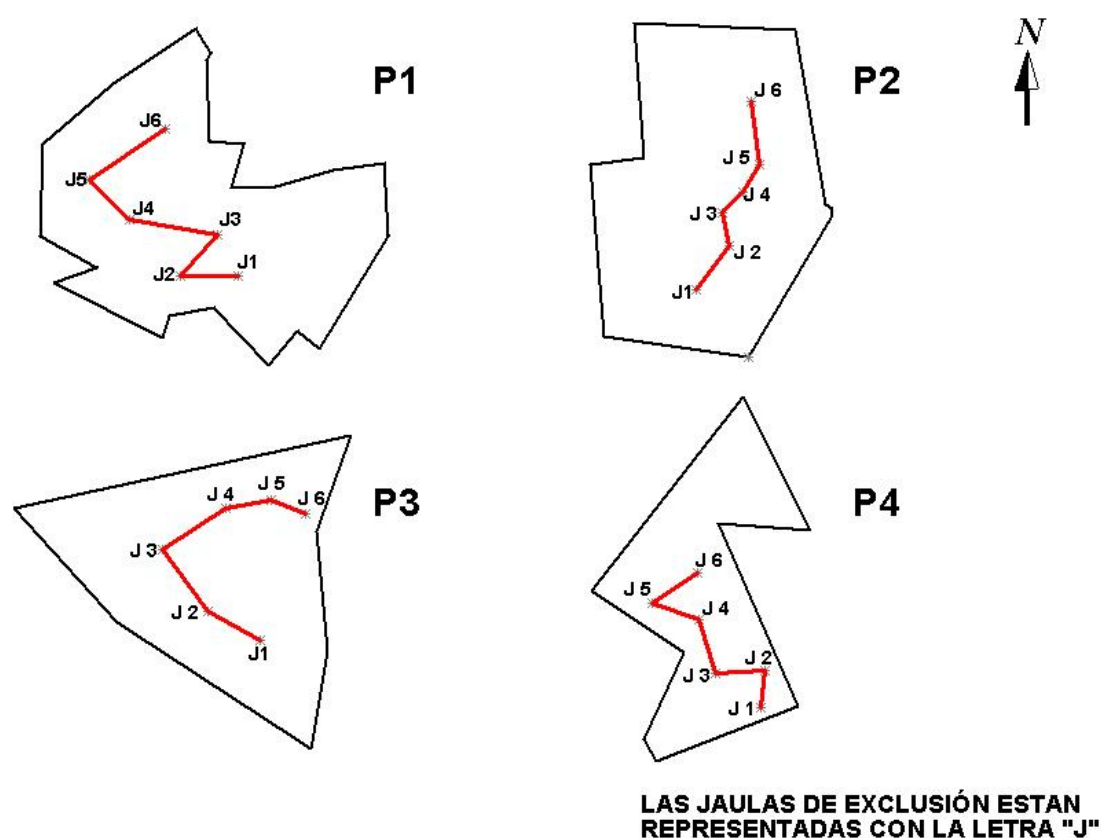


Figura 4. Plano y distribución de jaulas de exclusión en los potreros experimentales.

La función de las jaulas de exclusión fue excluir áreas del apacentamiento, para permitir la acumulación de peso seco a intervalos de corte de aproximadamente 30 días durante el periodo de estudio. (Mannetje y Jones, 2000). Dentro de cada jaula de exclusión (0.25m^2) se midió la altura de las plantas y se cosechó el forraje presente, a una altura promedio entre 2 a 3 sobre el nivel del suelo (Pérez-Prieto y Deleгарde, 2012).

En el área donde los bovinos pastaban, se cosecharon cinco muestras del forraje presente (corte de 2 a 3 cm sobre el nivel del suelo), usando una unidad de muestreo de 0.25 m^2 . Previo a la cosecha del forraje se midió la altura de las plantas (Pérez-Prieto y Deleгарde, 2012).

Cada muestra de forraje colectada de la unidad de muestreo fue depositada en una bolsa de papel, bien identificado. La bolsa con su contenido fue pesada en una báscula digital marca Torrey Fdp, modelo L-eq-5/10 con una precisión de 0.001 kg. Después de pesar las bolsas con su contenido fueron colocadas en una caja de cartón y transportadas al laboratorio de forrajes del Departamento de Zootecnia, Universidad autónoma Chapingo; para ser secadas, en una estufa con aire forzado, a una temperatura de 55 °C por 48 horas. Al final del periodo de secado se registró el peso de cada muestra. Una vez secas las muestras de forraje fueron molidas en un molino Wiley, equipado con aspas con recubrimiento de bronce y una malla cribada de acero inoxidable de 1 mm de diámetro. Las muestras molidas fueron almacenadas hasta ser analizadas.

4.4.3.2. Condición corporal en el ganado bovino

La condición corporal (CC) de los vientres bovinos se determinó visualmente en los días que se realizaron las mediciones en los potreros. Se empleó una escala de 1 a 9, con puntos intermedios de 0.5 (Wagner *et al.*, 1988). La clasificación de la vacas se realizó por estado fisiológico, y se consideró hembras en lactación aquellas vacas con becerro al pie; las vacas gestantes se determinaron posteriormente en función del registro del último parto y considerando una gestación de 280 días (PIR, 2014), y las vacas vacías fueron aquellas que no estaban gestando o amamantando un becerro al momento de la medición.

4.4.4. Variables calculadas

4.4.4.1. Acumulación mensual del forraje

La cuantificación del peso seco acumulado mensualmente se realizó eliminando la humedad del forraje verde acumulado en las jaulas de exclusión durante los meses del año evaluado y se expresa en kg MS ha⁻¹.

4.4.4.2. Tasa de crecimiento del forraje

La tasa de crecimiento de las praderas se calculó con base al peso seco acumulado en las jaulas dividiendo entre el tiempo transcurrido en cada intervalo de muestreo. Las unidades del cociente fueron $\text{kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$.

$$TC (\text{kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}) = \frac{\text{Peso seco acumulado del forraje}}{\text{Días transcurridos entre cortes}}$$

4.4.5. Análisis de laboratorio

Se determinó el contenido de nitrógeno (N), con un Analizador 2400 Series II CHNS/O, marca Perkin-Elmer en modo CHN. El contenido de N fue multiplicado por 6.25 (NRC, 2001) para obtener el valor equivalente al contenido de proteína cruda. Las muestras de forraje analizadas correspondieron a los meses octubre, noviembre, y diciembre de 2012; y enero, mayo, julio, agosto y septiembre de 2013.

4.4.6. Análisis estadístico

Los datos para cantidad de forraje y contenido de proteína cruda (PC), se capturaron por mes en una hoja de trabajo de Excel 2010. Se exportaron al programa SAS 9.3 para ser analizados con un modelo completamente al azar (Lentner y Bishop, 1993), cuya solución se obtuvo por el procedimiento para un modelo general lineal PROC GLM (SAS, 2004). El modelo estadístico para probar el efecto mes (M_i) sobre la cantidad de forraje y el contenido de PC fue $Y_{ij} = \mu + M_i + \epsilon_j$; donde Y_{ij} fue la cantidad de forraje cosechada (t ha^{-1}) y contenido de PC (%); μ representó al valor de la media poblacional, de las respectivas variables. M_i correspondió al efecto fijo del i -ésimo mes de cosecha (i = octubre de 2012 a Septiembre de 2013) y para el contenido de proteína correspondió (i = octubre, noviembre, diciembre de 2012; enero, mayo, julio, agosto y septiembre de 2013). Y E_{ij} fue el ijk -ésimo error aleatorio cometido en cada cosecha de forraje y

determinación de proteína realizados, $[\xi \sim \text{NID}(0, \sigma^2)]$. La comparación de medias fue mediante el procedimiento de Tukey (SAS, 2004).

4.5. Resultados y Discusión

4.5.1. Acumulación mensual del forraje

La cantidad de peso seco acumulado en el área pastoreada fue mayor ($p < 0.05$) en los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2012, así como en los meses de enero, marzo y agosto de 2013 (Figura 5). En los meses restantes, las cantidades de forraje acumulado fueron similares ($p > 0.05$). La mayor cantidad de forraje en las áreas pastoreadas se debe a la acumulación de forraje residual, es decir forraje no consumido, el cual generalmente es más denso y pesado por la presencia de tallos senescentes. Además, la defoliación por los herbívoros domésticos no es homogénea, causando que algunas muestras tuvieran más forraje de lo esperado.

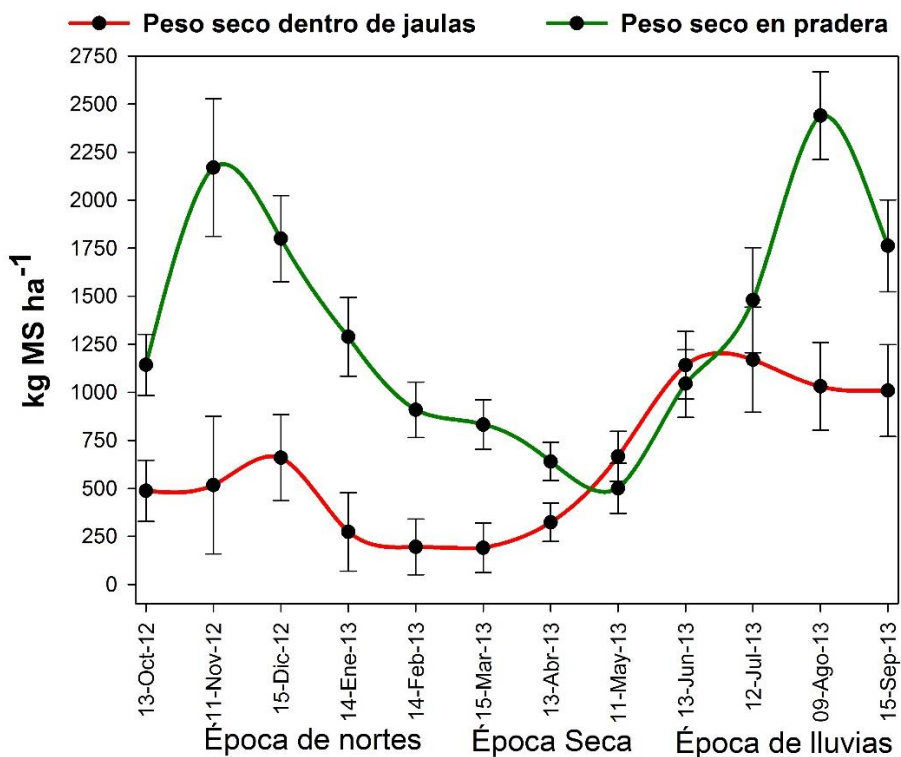


Figura 5. Acumulación de forraje mensual (kg MS ha⁻¹) en jaulas de exclusión y presente en los potreros del sistema de producción vaca-becerros del Oriente de Puebla.

En cuatro meses (junio a septiembre) se acumuló el 57 y 42% de la producción anual de forraje, en la jaulas de exclusión y potreros apacentados, debido a que estos meses fueron los más lluviosos y la precipitación se correlacionan positivamente con la cantidad de peso seco acumulado (Ramírez *et al.*, 2009).

En la época de nortes (noviembre 2012 a febrero de 2012) se acumuló, en las jaulas de exclusión, en promedio 597 kg ha⁻¹, que representa el 48% de la cantidad acumulada en la época de lluvias, debido probablemente a lluvias invernales y efecto residual de la época de lluvias. En la época de secas, el forraje acumulado promedio fue de 492, el cual correspondió al 39% del promedio acumulado en la época de lluvias.

En la Figura 6 se presenta la cantidad de peso seco acumulado y su distribución en cada potrero, durante el periodo de estudio. El perfil de las curvas muestra la dependencia de la producción de forraje de la época de lluvias y de nortes ($p < 0.05$). La pradera del P3 fue la más productiva ya que durante el periodo de estudio se acumuló más de 0.5 y 1 ton ha⁻¹ en la época de secas y lluvias, en comparación con el resto de los potreros ($p < 0.05$).

Como en cualquier sistema de producción bovinos para carne dependiente de las lluvias, en las pasturas de zacates nativos e introducidos hay una marcada estacionalidad en la producción de forraje; y diferencias en la productividad de las pasturas (potreros) asociado al tipo de especies forrajeras que en ellas domina.

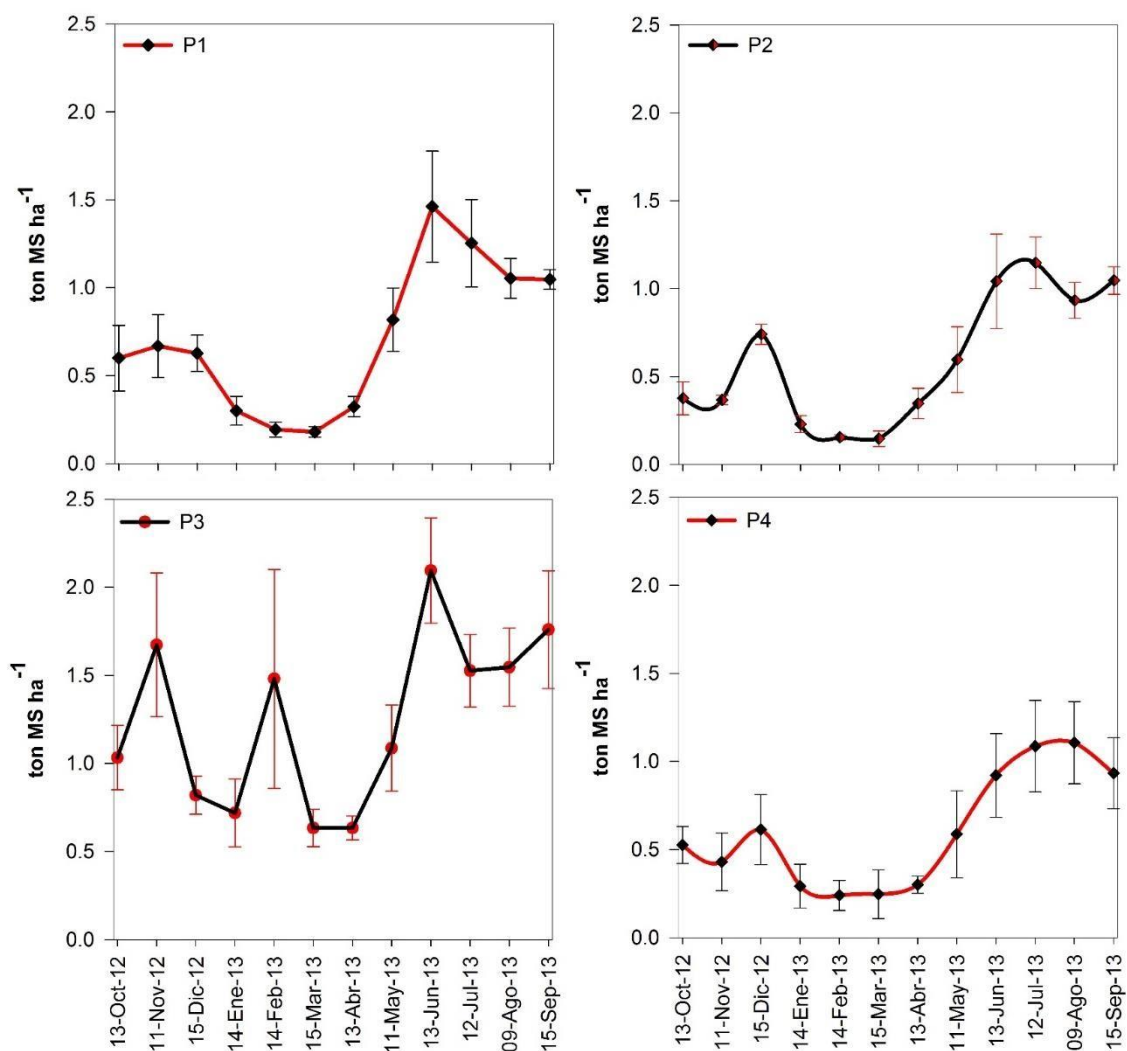


Figura 6. Producción de forraje acumulado en los potreros experimentales.

4.5.2. Tasa de crecimiento y producción anual del forraje

En la mayoría de los estudios con plantas forrajeras, se calcula la tasa de crecimiento de las praderas como un criterio justo para comparar la productividad de las mismas y para hacer balances entre oferta y demanda de forraje (Velasco *et al.*, 2010). Las tasas de crecimiento para cada potreros durante el periodo de estudio cambiaron en el tiempo ($p < 0.05$), excepto para el P3 ($p > 0.05$). En general, las mayores tasas de crecimiento correspondieron a las épocas de lluvias y nortes ($p < 0.05$; Cuadro 17).

Cuadro 17. Tasa de crecimiento mensual (kg MS ha⁻¹ d⁻¹) y producción anual de MS (kg ha⁻¹) de especies forrajeras presentes en los potreros experimentales.

Mes	P1	P2	P3	P4	Pr>F	EEM
13-Oct-12	21 ^{ab}	13 ^b	37 ^a	19 ^{ab}	0.0312	6.98
11-Nov-12	23 ^b	13 ^b	58 ^a	15 ^b	0.0030	8.20
15-Dic-12	18 ^a	22 ^a	24 ^a	18 ^a	0.6290	2.39
14-Ene-13	10 ^a	8 ^a	24 ^a	10 ^a	0.0425	2.51
14-Feb-13	6 ^b	5 ^b	49 ^a	8 ^{ab}	0.0189	3.99
15-Mar-13	6 ^b	5 ^b	22 ^a	9 ^b	0.0041	2.18
13-Abr-13	11 ^b	12 ^b	22 ^a	10 ^b	0.0065	1.87
11-May-13	29 ^a	21 ^a	39 ^a	21 ^a	0.3442	3.43
13-Jun-13	44 ^{ab}	32 ^{ab}	63 ^a	28 ^b	0.0334	3.60
12-Jul-13	43 ^a	40 ^a	53 ^a	37 ^a	0.5179	3.39
09-Ago-13	38 ^a	33 ^a	55 ^a	40 ^a	0.1123	3.10
15-Sep-13	32 ^{ab}	32 ^{ab}	53 ^a	28 ^b	0.0323	8.02
Producción anual de MS	8,599 ^b	7,148 ^b	15,182 ^a	7,374 ^b	<.0001	461

Medias en la misma hilera, con diferente literal son diferentes (P<0.05).

P1, P2 y P4 dominadas por gramas nativas y P3 con *Brachiarias*

Las tasas de crecimiento de la pradera nativa e introducida (*Brachiarias*) se pueden agrupar en tres categorías, mayor, intermedia y menor. Las tasas de crecimiento mayor, se calcularon para la época de lluvias cuando la disponibilidad de agua para las plantas, la cantidad de radiación solar incidente sobre la pradera y la temperatura ambiental son condiciones ambientales que no limitan el crecimiento de las plantas forrajeras (Cruz *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2009; Fernández *et al.*, 2006; McKenzie *et al.*, 1999).

Las tasas de crecimiento intermedias fueron calculadas en la época de nortes como consecuencia en la disminución de las lluvias y la temperatura ambiental, menor incidencia de radiación solar sobre la pradera (Azcón-Bieto y Talón, 2008; Huerta, 1997).

Las tasas de crecimiento menores se debieron a la baja disponibilidad de agua para crecimiento de las plantas. La frecuencia y distribución de las lluvias, la cantidad de la radiación incidente sobre las praderas, la temperatura ambiental y nutrición de minerales son factores que afectan directamente la tasa de fotosíntesis (Azcón-Bieto y Talón, 2008; McKenzie *et al.*, 1999; Huerta, 1997; Gardner *et al.*, 1987).

En general, las tasas de crecimiento en las praderas estudiadas, están dentro de la amplitud de 41 ± 33 kg MS/ha/día, reportadas por Alonso-Díaz *et al.* (2007) para praderas con gramas nativas. En este estudio, las tasas de crecimiento de los potreros con gramas nativas fueron similares ($p>0.05$). Dentro del rango quedan ubicadas las tasas de crecimiento para la pradera de *Brachiarias* (P3). Estas tasas de crecimiento coinciden con las reportadas por Cab *et al.* (2008); Enríquez y Romero (1999) para praderas de *Brachiarias* en Isla, Veracruz.

En promedio (Cuadro 18), los parámetros de las praderas asociados a la producción de forraje fueron mayores en la época de lluvias y menores en la época de secas como consecuencia de las variaciones en la intensidad de los factores ambientales que gobiernan el crecimiento de las gramíneas.

Cuadro 18. Altura, tasa de crecimiento y peso seco acumulado, en tres épocas del año, en el oriente de Puebla.

Variables	Época			P>F
	Lluvias	Nortes	Seca	
Altura (cm)	16 ^a	9 ^b	9 ^b	<.0001
TC (kg MS ha ⁻¹ d ⁻¹)	37 ^a	19 ^b	17 ^b	<.0001
PSA (ton MS ha ⁻¹ mes ⁻¹)	1.13 ^a	0.60 ^b	0.49 ^b	<.0001

Medias en la misma hilera, con diferente literal son diferentes ($P<0.05$).

TC=tasa de crecimiento; PSA =Peso seco acumulado; PA= Producción anual de materia seca

Fernández *et al.* (2006) mencionaron que en la época de nortes y de sequía la producción forrajera decrece. Las mayores tasas de crecimiento y altura de plantas, es durante la época de lluvias indican (Ramírez *et al.*, 2009) en un experimento con pasto Mombasa y explican que se debieron a las condiciones ambientales, principalmente la precipitación.

4.5.3. Proteína cruda en praderas y en el forraje de jaulas

El contenido de proteína cruda (PC) en el forraje acumulado en jaulas de exclusión y en el forraje en praderas cambió con el tiempo ($p<0.05$, Figura 7). En el forraje acumulado en jaulas, el mayor contenido de PC fue de octubre a mayo y en el forraje disponible en praderas fue mayor solo en el mes de mayo. Los menores contenido de PC fueron cuando las tasas de crecimiento del forraje

fueron mayores a $29 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ (Cuadro17; $p < 0.05$). Esto revela que los factores ambientales que afectan positivamente la producción de forraje afectan negativamente el contenido de PC por unidad de peso seco (Zaragoza, 1987), como consecuencia de la dilución del nitrógeno con la madurez de plantas y acumulación de peso seco.

En la Figura 7 se presenta el contenido de PC que los animales probablemente consumieron durante el apacentamiento, encontrándose en un rango de 9 a 14%, lo cual es suficiente para cubrir las necesidades de mantenimiento (8% PC) y en algunos meses para satisfacer los requerimientos de producción moderada de leche (10% PC), según el NRC (2000).

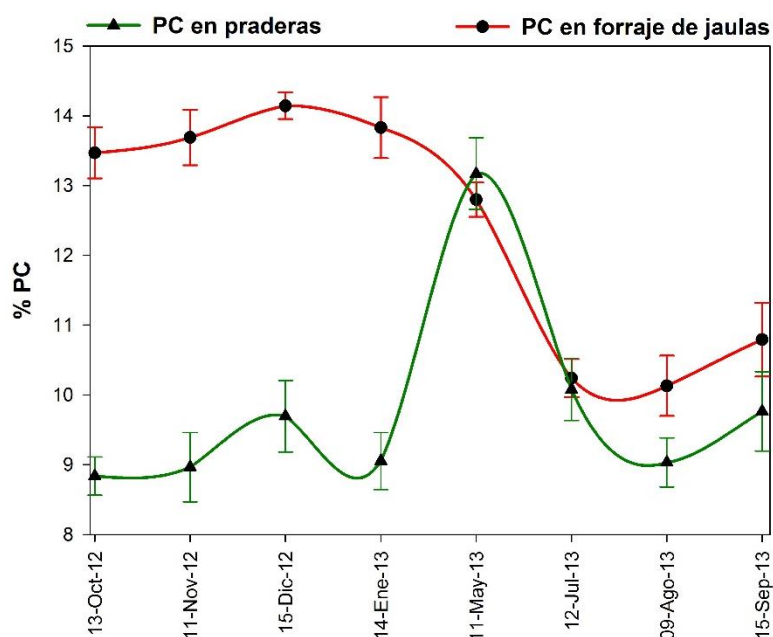


Figura 7. Porcentaje de proteína cruda (PC, base seca) del forraje acumulado mensualmente y presente en praderas en el trópico poblano.

En contenido de PC en el forraje acumulado en jaulas, cortado a intervalos de 30 días, claramente evidencia el beneficio de planificar un apacentamiento rotacional en el sistema de producción de becerros al destete. Dado que los bovinos se enfrentarían a un escenario nutricional con suficiente proteína para una producción sostenible.

En el mes de diciembre de 2012 (inicio del invierno), se registró el máximo valor de PC en el forraje acumulado en jaulas. Van Soest (1994) indicó que el aumento en la calidad de los pastos, a principios del invierno, se debe la acumulación de componentes nitrogenados en su tejido vegetal por efecto de las bajas temperaturas sobre el metabolismo. Alonso-Díaz *et al.* (2007) reportaron mayor contenido de proteína, en praderas con gramas nativas, para las épocas de nortes y de sequía del trópico húmedo veracruzano. Tal como como ocurrió en el forraje acumulado, en parcelas de exclusión, y en el forraje disponible en praderas, en la época seca. En los meses que comprende la época de lluvias los contenidos de proteína cruda expresaron sus niveles más bajos debido probablemente al proceso de dilución de nutrientes por acumulación de componentes celulares estructurales (Lorenzo *et al.*, 2012; Azcón-Bieto y Talón, 2008).

Las concentraciones de PC en el forraje acumulado en jaulas excedieron el 10%, con excepción de los meses de Julio y Agosto de 2013, correspondientes a la época de lluvias. En estos meses se registraron algunas mediciones por debajo del nivel para satisfacer las necesidades de vacas de carne en lactación (NRC, 2000). Alonso-Díaz *et al.* (2007) reportaron valores de 11.8% PC en un estudio en el trópico húmedo. El contenido de proteína en el trópico húmedo no es un factor que limite el nivel productivo del animal, aunque este contenido puede aprovecharse con un sistema rotativo de defoliación de praderas y que permita a los animales seleccionar las partes nutritivas del forraje.

En la Figura 8 se presenta el contenido de proteína en el forraje acumulado dentro de las parcelas de exclusión y el forraje disponible para el apacentamiento del ganado bovino en tres épocas del año. Se consideró para la realización de la Figura 8, los contenidos de proteína del mes de septiembre para la época de lluvias, enero para los nortes y para la época seca el mes de mayo.

El contenido de PC entre el forraje acumulado en jaulas y el disponible fue similar en lluvias y época seca, pero fue mayor en el forraje acumulado en la época de

nortes. En una investigación en el sureste de Estados Unidos de América (Gates *et al.*, 2001) reportaron valores de 15% PC en la estación fría para los forrajes.

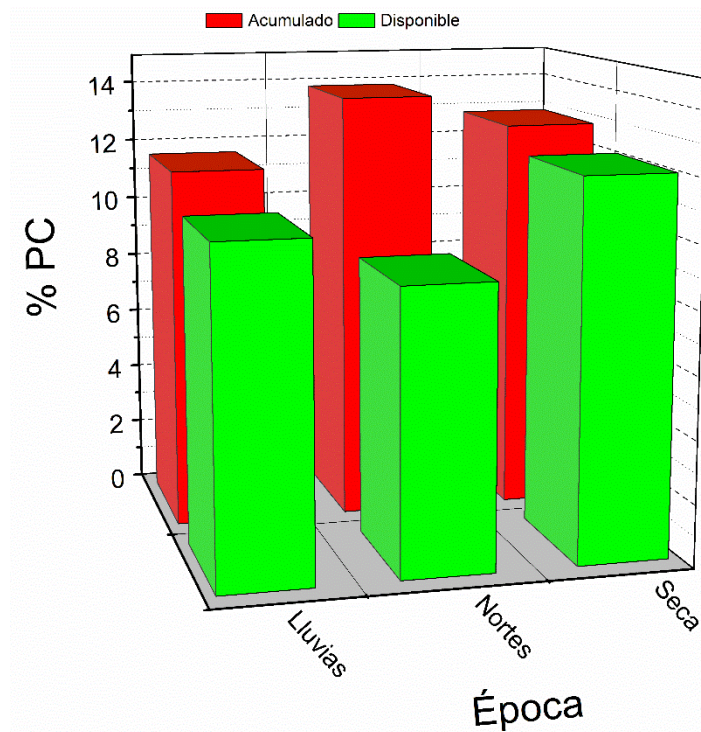


Figura 8. Contenido de proteína cruda (PC) en el forraje acumulado en jaulas de exclusión y en el forraje disponible para el apacentamiento.

Jarillo-Rodríguez *et al.* (2011) reportaron en hojas una tendencia similar al presentado en el contenido de PC del forraje acumulado dentro de jaulas de exclusión, en el cual registraron el máximo contenido de PC en nortes, seguido de la época seca y la época de lluvias con el menor contenido de PC.

La determinación de los cambios estacionales del contenido de proteína en los forrajes, es determinante para poder complementar el requerimiento de este nutriente en caso de deficiencia, considerando el estado fisiológico de los animales. Por ejemplo, 8 por ciento de PC puede ser suficiente para vacas secas, pero limitante para una vaca en lactación.

4.5.4. Tasa de crecimiento del forraje y condición corporal

La demanda de forraje y nutrientes es alta en las vacas lactantes debido a sus necesidades de mantenimiento y de producción de leche para mantener a su

becerro (Bewley y Schutz, 2008; Roche *et al.*, 2013). En la UP se presentó menos producción de forraje en las épocas de nortes y seca, por lo que la vaca en lactación no cubre su consumo de materia seca, por consiguiente la vaca se basa en una combinación de la movilización de las reservas corporales y alimentos disponibles para satisfacer la producción de leche (Bewley y Schutz, 2008). Esto sucede en los meses de diciembre de 2012, enero y febrero de 2013 correspondiente a la época de nortes, así como los meses que comprende la época seca: marzo, abril y mayo de 2013.

La correlación entre CC de las vacas en lactación y la tasa de crecimiento del forraje disponible (Figura 9) fue alta y significativa ($r = 0.78$, $p < 0.003$), lo que evidencia que este tipo de vacas son las más sensibles a la disponibilidad de forraje en el área de apacentamiento. Por lo que estas épocas, son consideradas críticas para la producción de forraje, por lo tanto la utilización de la medición de la condición corporal es una herramienta para el manejo de la alimentación (Gillund *et al.*, 2001).

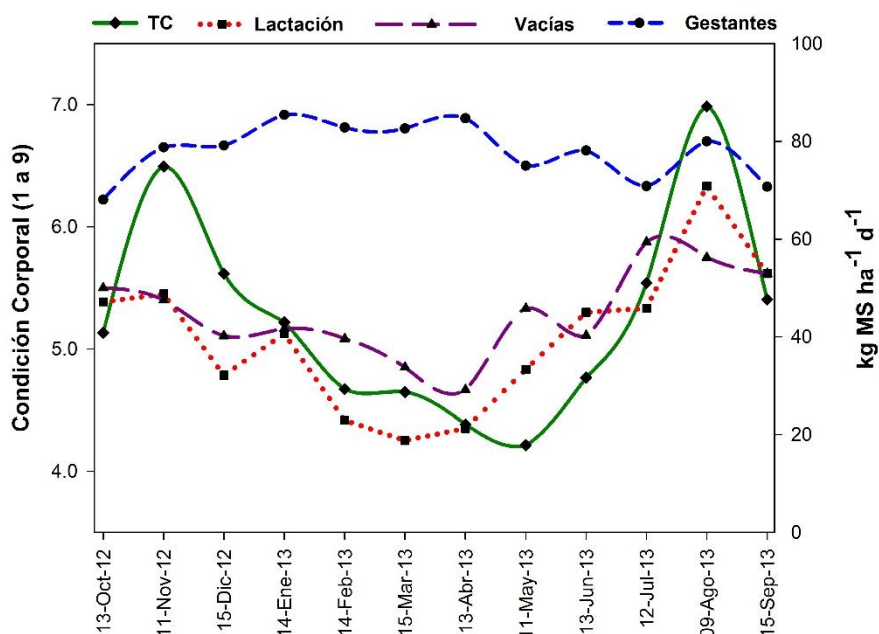


Figura 9. Relación entre la tasa de crecimiento (TC) del forraje y la condición corporal del ganado bovino de carne en pastoreo, en el Oriente de Puebla.

En las vacas vacías la dependencia de forraje es menor que las hembras en lactación, debido a que estas mantienen su CC acorde a la disponibilidad de

forraje tal como se observa en la Figura 9. La correlación entre vacas vacías y la tasa de crecimiento del forraje es baja y no significativa ($r=0.19$, $p=0.56$), probablemente porque mantienen relativamente constante su CC como una estrategia de sobrevivencia o porque no tienen que cubrir necesidades adicionales al mantenimiento (Duarte-Ortuño *et al.*, 1988).

La TC en los meses que comprende la época de lluvias expresó su mayor crecimiento, por lo tanto mayor disponibilidad de forraje para las vacas y principalmente en las vacas en lactación se observa el aumento de la condición corporal, resultado de acumulación de reservas corporales que es un mecanismo homeostático de los animales (Roche *et al.*, 2013).

La asociación entre la CC de las vacas gestantes y tasa de crecimiento (Figura 9) fue baja y no fue significativa (-0.11 , $p=0.11$). En los sistemas de pastoreo, donde la ingesta de materia seca (MS) es típicamente *ad libitum*, frecuentemente se observan las vacas gestantes con condición corporal alta (Janovick *et al.*, 2011). Las vacas en gestación presentaron una óptima condición corporal durante el año de acuerdo con Roche *et al.* (2009). Las vacas gestantes según Friggens (2003) presentan cambios en el perfil endocrino y el metabolismo lipídico está alterado para aumentar las reservas de lípidos durante la gestación que se utilizarán posteriormente en la lactancia temprana, los vientres en gestación durante el año no expresaron cambios importantes en la puntuación de la condición corporal.

4.6. Conclusiones

Los forrajes tropicales estudiados fueron diferentes en la acumulación mensual de materia seca, en el cual el potrero con *Brachiarias* presentó la mayor producción y menor estacionalidad, respecto a los forrajes nativos. La TC fue mayor en la época de lluvias, por consiguiente hubo mayor acumulación de forraje, mientras que en la época de nortes y época seca se presentaron las menores TC.

El contenido de proteína fue mayor durante la época de nortes y menor durante la época de lluvias.

La condición corporal de las vacas en lactación está asociada positivamente con los cambios en la tasa de crecimiento de los forrajes, pero no la de vacas gestantes.

4.7. Literatura citada

- Aguado-Santacruz, G. A., C. Rascón Q., J. L. Pons H., O. Grageda C., y E. García M. 2004. Manejo biotecnológico de gramíneas forrajeras. *Técnica Pecuaria en México* 42:261-276.
- Alonso-Díaz, M. A., E. Castillo-Gallegos., H. Basurto-Camberos., J. Jarillo-Rodríguez., y B. Valles-de la Mora. 2007. Respuesta productiva de una pastura de gramas nativas bajo pastoreo rotacional intensivo en clima cálido húmedo. *Revista Avances de Investigación Agropecuaria* 11(2): 35-55.
- Améndola, R., E. Castillo., E., and P. A. Martínez. 2005. Forage Resource Profiles. México. In: Food and Agriculture Organization (ed.) Country Pasture Profiles. Rome, Italy. On CD.
- Azcón-Bieto, J. y M. Talón. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2ª Ed. Interamericana-McGraw-Hill. 522 p.
- Bewley, J. M., and M. M. Schutz. 2008. Review: An interdisciplinary review of body condition scoring for dairy cattle. *Professional Animal Scientist* 24: 507-529.
- Cab J., F. E., J. Francisco E., J. Pérez P., A. Hernández G., J. G. Herrera H., y E. Ortega J., A. R. Quero C. Potencial productivo de tres especies de *Brachiaria* en monocultivo y asociadas con *Arachis pinto* en Isla, Veracruz. *Técnica Pecuaria en México* 46(3): 317-332.
- Carneiro, da S. S., y A. Hernández G. 2010. Manejo del pastoreo en praderas tropicales. In: Los Forrajes y su impacto en el Trópico. 63-95 pp.
- Cruz H., A., A. Hernández G., J. F. Enríquez Q., A. Gómez V., E. Ortega J., y N. M. Maldonado G. 2011. Producción de forraje y composición morfológica del pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido 36061) sometido a diferentes regímenes de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2(4): 429-443.
- Duarte-Ortuño, A., W. Thorpe, and A. Tewolde. 1988. Reproductive performance of purebred and crossbred beef cattle in the tropics of Mexico. *Animal Production* 47: 11-20.
- Enríquez Q., J. F., y J. Romero M. 1999. Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria* spp. en Isla, Veracruz. *Agrociencia* 33(2): 141-148.
- Fernández, T. L., E. Castillo G., E. Ocaña Z., B. Valles M., y J. Jarillo, R. 2006. Características de la vegetación en gramas nativas solas o asociadas con

- Arachis pintoï* CIAT 17434 en pastoreo rotacional intensivo. Técnica Pecuaria en México 44(3):365-378.
- Friggens, N. C. 2003. Body lipid reserves and the reproductive cycle: towards a better understanding. Livestock Production Science 83: 219–236.
- Gardner, P. F., B. R. Pearce, and L. R. Mitchell. 1987. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. Ames. 327 p.
- Gates, N. R., P. Mislevy., and G. F. Martin. 2001. Herbage accumulation of three bahiagrass populations during the cool season. Agronomy Journal 93: 112–117.
- Gillund, P., O. Reksen, Y. T. Grohn, and K. Karlberg. 2001. Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows. Journal of Dairy Science 84:1390–1396.
- Hodgson, J. 1990. Grazing Management: Science into Practice. Longman Group Ltd. United Kingdom. 203 pp.
- Huerta B. M. 1997. Nutrición mineral de rumiantes en pastoreo. In: Memorias del curso Alternativas de Manejo en Bovinos para Carne en Pastoreo. 18-70 pp.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tuzamapan de Galeana, Puebla. Clave Geoestadística 21192. 9 p.
- Jarillo-Rodríguez, J., E. Castillo-Gallegos., A. F. Flores-Garrido., B. Valles-de la Mora., L. Ramírez., L. Avilés., R. Escobar-Hernández., and E. Ocaña-Zavaleta. 2011. Forage yield, quality and utilization efficiency on native pastures under different stocking rates and seasons of the year in the Mexican humid tropic. Tropical and Subtropical Agroecosystems 13:417–427.
- Janovick, N. A., Y. R. Boisclair, and J. K. Drackley. 2011. Prepartum dietary energy intake affects metabolism and health during the periparturient period in primiparous and multiparous Holstein cows. Journal of Dairy Science 94: 1385-1400.
- Lentner M. and T. Bishop. 1993. Experimental Design and Analysis. Second edition. Valley Book Company. Pp 585.
- Lorenzo F., J., I. Gómez A., y E. Cordoví C. 2012. Efecto de la edad de rebrote en el rendimiento y contenido proteico del pasto *Brachiaria humidicola* cv CIAT-609 en un suelo vertisol. Revista Producción Animal 24(1): 6.
- Mannetje, L. and R. M. Jones. 2000. Measuring biomass of grassland vegetation. In: Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research. Wallingford: CABI Publishing. UK. 151-177 pp.
- Manual Merck de Veterinaria. 2007. Sexta Edición. Océano. Barcelona, España. 2682 p.
- McKenzie, B. A. P. D. Kemp, D. J. Moot, C. Matthew, R. L. Lucas. 1999. Environmental effects on plant growth and development. In: New Zealand Pastures and Crop Science. Oxford University Press. 323 p.

- NRC (National Research Council). 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Update 7th Rev. Ed. National Academy Press, Washington, D. C. 242 p.
- NRC (National Research Council). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition. National Academies Press, Washington, D. C. USA. 488 p.
- Pérez-Prieto, L. A. and R. Delagarde. 2012. Meta-analysis of the effect of pregrazing pasture mass on pasture intake, milk production, and grazing behavior of dairy cows strip-grazing temperate grasslands. *Journal of Dairy Science* 95: 5317–5330.
- PIR (Partners In Reproduction). 2014. Pregnancy in cows and heifers. <http://www.partners-in-reproduction.com/reproduction-cattle/pregnancy-conception-gestation.asp>. Consultada 28 de Mayo de 2014.
- Quero, C. A. R., J. F. Enríquez, Q., y L. Miranda J. 2007. Evaluación de especies forrajeras en América Tropical, avances o status quo. *Interiencia* 32(38): 566-571.
- Ramírez, R. O., A. Hernández G., S. Carneiro Da S., J. Pérez P., J. F. Enríquez, Q., A. R. Quero C., J. G. Herrera H., y A. Cervantes N. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Técnica Pecuaria en México* 47: 203-213.
- Roche, J. R., N. C. Friggens, J. K. Kay, M. W. Fisher, K. J. Stafford, and D. P. Berry. 2009. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science* 92: 5769–5801.
- Roche, J. R., J. K. Kay, N. C. Friggens, J. J. Lóor, and D. P. Berry. 2013. Assessing and managing body condition score for the prevention of metabolic disease in dairy cows. *Veterinary Clinics Food Animal* 29: 323–336.
- SAS. 2004. SAS/STAT 9.1. User's Guide. Vol. 1-7. SAS Publishing. Cary, NC, USA. 5180 p.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd Ed. Cornell University Press. 476p.
- Vargas, J. F. M., Socorro, M. M. Setti, J. C. de A. Pinto, G. S. Martins, C. F. Costa, J. A. A. Magrin, M. N. Camilo, F. R. y Montagner, D. B. 2013. Disponibilidade e valor nutritivo de gramíneas tropicais sob pastejo com ovinos. *Archivos de Zootecnia* 62(238): 295-298.
- Velasco, Z. M. E., A. Hernández G., R. Perezgrovas G., y M. Adriano A de L. 2010. Patrones de crecimiento y manejo óptimo de corte en tres pastos tropicales. In *Los Forrajes y su impacto en el Trópico*. 43-62 pp.
- Wagner, J. J., K. S. Lusby, J. W. Oltjen, J. Rakestraw, R. P. Wettemann, and L. E. Walters. 1988. Carcass composition in mature Hereford cows: estimation and effect on daily metabolizable energy requirement during winter. *Journal of Animal Science* 66(3): 603-612.
- Zaragoza R., J. L. 1987. Producción y calidad de dos pastos nativos de bosque de pinos harteguii, en Zoquiapan, Estado de México. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. 70 p.