

EL EFECTO DE UN IONÓFORO EN LA PRODUCTIVIDAD DE BOVINOS PASTOREANDO ZACATE ESTRELLA DE ÁFRICA (*Cynodon plectostachyus*).

The Effect of an Ionophore on Beef Cattle Productivity Grazing African Star Grass (*Cynodon plectostachyus*).

Luciano Sánchez Orozco¹, Jaime Jorge Martínez Tinajero^{1*}, Carlos Gumaro García Castillo¹, Fernando Izaguirre Flores¹, Gilberto Martínez Priego² y Glafiro Torres Hernández²

^{1*} Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Chiapas. Framboyanes No. 34, Fracc. Laureles I, CP. 30780. Tapachula, Chiapas, México. e-mail: jaimej@unach.mx. ² Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados, Km 36.5 Carr. México-Texcoco, 56230, Montecillo, estado de México.

RESUMEN

Se efectuó una investigación cuyo objetivo fue evaluar el efecto de dosis bajas de un ionóforo (monensina) en la fermentación ruminal y comportamiento productivo de bovinos durante la época de lluvias en el municipio de Acapetahua, Chiapas, México. Se utilizaron 40 animales con un peso promedio inicial de 180 ± 15 kg, que se asignaron aleatoriamente a cuatro tratamientos: T1: 0 mg de monensina (testigo); T2: 30 mg de monensina; T3: 60 mg de monensina y T4: 90 mg de monensina $\text{animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$. En una prueba metabólica se estimó el consumo de forraje, digestibilidad de materia seca del forraje y los patrones de fermentación ruminal (pH, nitrógeno amoniacal y concentración de ácidos grasos volátiles) mediante el marcador interno cenizas insolubles en ácido, óxido de cromo, un potenciómetro portátil, cromatografía ultravioleta y cromatografía de gases, respectivamente. En una prueba de crecimiento se cuantificaron cambios de peso vivo y ganancia diaria de peso mediante pesajes cada 30 días. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS de acuerdo a un diseño completamente al azar. Los resultados mostraron que la monensina mejora ($P < 0,005$) el consumo de forraje ($7,6^{\text{ab}}$; $7,1^{\text{b}}$; $8,2^{\text{a}}$ y $8,0^{\text{a}}$ kg para T1, T2, T3 y T4, respectivamente) e incrementa ($P < 0,001$) la digestibilidad de la materia seca ($49,5^{\text{b}}$; $54,7^{\text{b}}$; $69,0^{\text{a}}$ y $66,0^{\text{a}}$ % para T1, T2, T3 y T4, respectivamente). A nivel ruminal, la monensina acidifica ($P < 0,005$) el pH ruminal ($6,73^{\text{a}}$; $6,52^{\text{c}}$; $6,65^{\text{b}}$ y $6,48^{\text{c}}$), incrementa ($P < 0,001$) la cantidad de nitrógeno amoniacal ($17,6^{\text{c}}$; $19,5^{\text{ab}}$; $18,3^{\text{bc}}$ y $20,9^{\text{a}}$ mg dl^{-1}) y mejora ($P < 0,001$) la producción de ácidos grasos volátiles ($41,2^{\text{c}}$;

$45,3^{\text{b}}$; $53,4^{\text{a}}$ y $53,8^{\text{a}}$ milimoles dl^{-1} para T1, T2, T3 y T4, respectivamente). Se concluye que dosis bajas de monensina mejoran el consumo de alimento, aumentan la digestibilidad del forraje e incrementan la tasa fermentativa a nivel ruminal en novillos pastoreando en zacate Estrella de Africa (*Cynodon plectostachyus*).

Palabras clave: Estrella de áfrica, monensina, digestibilidad, fermentación ruminal, cambio de peso vivo, ganancia diaria de peso.

ABSTRACT

An investigation was carried out to evaluate the effect of low dosages of an ionophore (monensin) on ruminal fermentation and beef cattle productivity during the rainy season in the Municipality of Acapetahua, Chiapas, México. Forage intake was estimated through a metabolic test. Dry matter forage, digestibility and ruminal fermentation patterns (pH, ammonium nitrogen and volatile fatty acid concentration) were estimated using an internal marker, acid insoluble ashes, chromic oxide, a portable potentiometer, ultraviolet chromatography and gas chromatography, respectively. Live weight change and daily weight gains were quantified in a growth test with weightings every 30 days. Forty animals with 180 ± 15 kg were used and randomly assigned to four treatments: T1: 0 mg of monensin (control); T2: 30 mg of monensin; T3: 60 mg of monensin and T4: 90 mg of monensin. Data were analyzed with the SAS statistical package according to a completely randomized design. Results showed that monensin improves ($P < 0.05$) the forage intake (7.6^{ab} , 7.1^{b} , 8.2^{a} and 8.0^{a} kg for T1, T2, T3 and T4, respectively) and increases

($P < 0.001$) the digestibility of the dry matter (49.5b, 54.7b, 69.0a and 66.0a % for T1, T2, T3 y T4, respectively). At the ruminal levels, monensin acidifies ($P < 0.005$) the rumen pH (6.73a, 6.52c, 6.65b y 6.48c), increases ($P < 0.001$) the amount of ammonia nitrogen (17.6c, 19.5ab, 18.3bc and 20.9a mg dl^{-1}) and improves ($P < 0.001$) volatile fatty acid production (41.2c, 45.3b, 53.4a and 53.8a milimoles dl^{-1} for T1, T2, T3 y T4, respectively). It's concluded that the addition of low dosages of monensin improves feed intake, enhances forage digestibility and increases fermentation rates at the ruminal level in young bulls grazing africa star grass (*Cynodon plectostachyus*).

Key words: African star, monensin, digestibility, ruminal fermentation, live weight changes, daily weight gain.

INTRODUCCIÓN

El engorde de novillos en pastoreo, como práctica de la ganadería extensiva, es actualmente una actividad de gran importancia en la Costa de Chiapas, México, donde 684.782 ha se destinan al cultivo de pastizales, lo que refleja una baja eficiencia del hato bovino [6].

El 95% del inventario bovino de la costa de Chiapas se explota bajo un régimen extensivo, al pastorear praderas con distintos tipos de gramíneas, entre las que se destaca el zacate estrella de áfrica (*Cynodon plectostachyus*), como la gramínea que está presente en el 70% [31].

Por otra parte, diferentes alternativas se han propuesto para la productividad de los rumiantes que se explotan en las condiciones anteriormente citadas, como por ejemplo; dietas adicionadas con ionóforos con alto contenido de fracción fibrosa y reducido contenido de proteína [23]. Los ionóforos son compuestos que alteran el metabolismo del rumiante al aumentar la eficiencia en la utilización de los alimentos [14].

Sin embargo, la respuesta obtenida en diferentes trabajos con rumiantes en pastoreo utilizando ionóforos, no ha mostrado incrementos significativos en la digestibilidad de los componentes de la dieta [18,19]; una posible causa de tal respuesta podría estar explicada por las dosis utilizadas. En los casos anteriores, se administraron dosis elevadas (30 ppm en ovinos y 260 ppm para bovinos), para lograr un efecto tóxico en los microorganismos ruminales. Es sabido que los microorganismos ruminales más sensibles a ionóforos son las bacterias Gram positivas [33], las que son principalmente celulolíticas, por lo tanto, es de esperarse que cuando se utilizan dosis altas, el efecto que se presenta es una disminución en la digestibilidad de la pared celular de la dieta.

En contraposición, se ha reportado que dosis bajas o intermedias de monensina, en condiciones *in vitro*, han mejorado la digestibilidad de la pared celular [27]. Lo anterior también lo han sugerido Henderson y col. [17], quienes al incubar bacterias del género *Ruminococcus* con dosis no letales de mo-

nensina encontraron que estas bacterias incrementaron su actividad celulolítica en un 200%.

Por lo anterior, se llevó a cabo un experimento que estudió la productividad de novillos adicionados con dosis bajas de monensina y sometidos a pastoreo en praderas establecida con pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) durante la época de lluvia y su efecto en la digestibilidad del pasto y fermentación ruminal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó la productividad del ganado bovino que pastorea praderas de estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), suplementados con dosis bajas de monensina durante la época de lluvia (junio a noviembre 2002) en condiciones de clima cálido húmedo. El estudio se dividió en tres pruebas: a) consumo y digestibilidad de la materia seca y paredes celulares del zacate estrella de África; b) patrones de fermentación ruminal y c) un ensayo de crecimiento.

Localización geográfica y clima del sitio experimental

El experimento se realizó en el rancho "San Francisco", ubicado en el ejido Matamoros, municipio de Acapetahua, Chiapas (92° 45' Longitud Oeste y 15° 15' Latitud Norte, 40 msnm). Según García [11], el clima de la región es de tipo Am (w") ig (cálido húmedo) con 2200 mm de precipitación media anual y 26°C de temperatura promedio. La distribución de lluvias es de junio a noviembre.

Manejo del experimento

Descripción de la pradera: La pradera de estrella de África tiene una superficie de 5 ha divididas en seis potreros establecidos con una antigüedad de 2 años. Antes de iniciar el experimento se fertilizó con urea al voleo.

Animales y manejo: Se utilizaron 40 novillos encastados de Cebú (180 ± 15 kg de PV). Antes de iniciar el experimento se identificaron con aretes, vitaminados con 2 ml animal⁻¹ de ADE (Vigantol®, Bayer, México), desparasitados con 15 ml animal⁻¹ de levamisole (Helmicin®, Sanfer, México), y se implantaron con Zeranol (Ralgro®, México).

Los animales pastorearon desde las 7 de la mañana hasta las 6 de la tarde. Antes de la salida al pastoreo se les proporcionó 200 g animal⁻¹ día⁻¹ de un suplemento comercial y sal mineral. Los animales se pesaron por tres días consecutivos previos al inicio del experimento (sin ayuno, una hora antes de salir al pastoreo) para determinar el peso vivo inicial.

Administración del ionóforo: El ionóforo monensina (Rumensin G., Elanco, S.A. de C.V., México) se proporcionó en el suplemento a cada grupo de animales.

Tratamientos: Los tratamientos fueron las dosis de monensina (mg animal⁻¹ día⁻¹): T1: 0 mg de monensina (testigo);

T2: 30 mg de monensina; T3: 60 mg de monensina y T4: 90 mg de monensina animal⁻¹ día⁻¹ estimando su efecto sobre la digestibilidad, fermentación ruminal y la productividad de los bovinos en pastoreo.

Variables estimadas

Composición química del zacate estrella de África:

Para obtener esta variable se realizaron dos muestreos con un cuadro de madera de un m², con cinco repeticiones por cada muestra de forraje. A las muestras de forraje (inicio y finales de la época de lluvias) se determinó MS mediante la deshidratación en estufa de aire circulante, cenizas y nitrógeno total; las determinaciones de fibra detergente neutro de acuerdo a los procedimientos de Goering y Van Soest [13].

Prueba de consumo y digestibilidad

Consumo de materia seca: Para estimar el consumo de forraje se utilizó el marcador interno cenizas insolubles en ácido (CIA). Para lo cual, primeramente se cuantificó la producción diaria de materia fecal con la siguiente fórmula [7]:

$$\text{Producción fecal (g MS día}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Dosis del marcador (g día}^{-1}\text{)}}{\text{Concentración del marcador en heces (g g}^{-1}\text{ MS)}}$$

El consumo de forraje (kg MS día⁻¹) de cada animal se determinó con el procedimiento propuesto por Geerken y col. [12] usando la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo de pasto (g MS día}^{-1}\text{)} = \frac{(\text{CIA}_H \times \text{PTH}) - [(\text{CIA}_S \times \text{CTS}) - (\text{CIA}_M \times \text{CTM})]}{\text{CIA}_P}$$

donde:

- CIA_H = Concentración de CIA en heces (g kg⁻¹ MS).
- PT_H = Producción total de heces (g día⁻¹; obtenida con la fórmula anterior).
- CIA_S = Concentración de CIA en el suplemento (g kg⁻¹ MS).
- CTS = Consumo total de suplemento (g día⁻¹).
- CIA_M = Concentración de CIA en la sal mineralizada (g kg⁻¹ MS).
- CTM = Consumo total de sal mineralizada (g día⁻¹).
- CIA_P = Concentración de CIA en el pasto (g g⁻¹ MS).

Finalmente, el consumo de materia seca total comprende a la ingestión de forraje estimado con el marcador interno adicionando el consumo de suplemento.

Digestibilidad aparente de la gramínea: La digestibilidad aparente de la MS y las paredes celulares (fracción insoluble

en detergente neutro, FDN) del zacate estrella de África en los novillos se estimó con el marcador interno de cenizas insolubles mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Dig MS (\%)} = 100 - \left[100 \times \left[\frac{\% \text{ de CIA en alimento}}{\% \text{ de CIA en heces}} \right] \right]$$

$$\text{Dig FDN (\%)} = 100 - \left[100 \times \left[\frac{\% \text{ de CIA en alimento} \times \% \text{ FDN en heces}}{\% \text{ de FDN en alimento} \times \% \text{ CIA en heces}} \right] \right]$$

Prueba de estimación de los patrones de fermentación

Al final del experimento, se colectaron muestras de fluido ruminal (50 ml) a los grupos de novillos, a las dos horas de iniciado el pastoreo para monitorear los patrones de fermentación ruminal. La muestra se obtuvo mediante sonda esofágica utilizando una sonda de vacío; posteriormente, la muestra se filtró con gasas (en cuatro capas), la porción filtrada se colocó en frascos de plástico (identificados con el número de animal al que pertenecía), almacenándose en congeladores (-4°C) para los análisis posteriores.

pH ruminal: Del fluido colectado, inmediatamente se midió el pH con un potenciómetro portátil marca Orion. Entre cada medición, el electrodo del potenciómetro se lavó con agua destilada y luego se secó con papel absorbente.

Determinación de ácidos grasos volátiles: Se realizó por cromatografía de gases (Varian; modelo 3700). Las características del cromatógrafo fueron las siguientes: temperatura del horno, 132°C; columna de polietilenglicol con ácido metafosfórico y malla de 80-100; flujo de aire 300 ml/min; flujo de nitrógeno de 30 ml/min y rango de Amps/MV 10⁻¹⁰.

Cuantificación del nitrógeno amoniacal: Se determinó mediante cromatografía de luz ultra violeta. Para evitar la pérdida de nitrógeno, a 10 ml de fluido ruminal se adicionaron 0,4 ml de ácido clorhídrico al 50% (v/v) e inmediatamente se colocó en hielo. En el laboratorio, la absorbancia se registró con un espectrofotómetro de luz ultravioleta visible (Varian, modelo CARY 1-E) a 630 nm. Se utilizó un blanco como referencia el cual contenía 1 ml de fenol, 1 ml de hipoclorito de sodio y 5 ml de agua destilada. Para conocer la concentración final de las muestras se preparó una curva estándar. Los datos obtenidos equivalen a la concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) expresados como mg dl⁻¹.

Prueba de crecimiento

Cambios de peso vivo: Se determinó por medio de pesajes por tres días consecutivos (sin ayuno, una hora antes de salir al pastoreo), cada 30 días durante el proceso experimental.

Ganancia diaria de peso (GDP): Se determinó también por pesajes y se calcularon los cambios cada 30 días. La GDP

representa el producto de dividir el incremento de peso en cada periodo de muestreo entre los días de pastoreo.

Análisis químicos

A las muestras de forraje y heces de cada periodo se les determinó contenido de MS, cenizas y nitrógeno total. Fibra detergente neutra, fibra detergente ácido y lignina ácido detergente de acuerdo a los procedimientos no secuenciados de Goering y Van Soest [13] y por diferencia, se obtuvo celulosa, hemicelulosa y contenido celular. La estimación de las cenizas insolubles en ácido (CIA; marcador interno) de la gramínea, suplemento y sal mineral se cuantificaron con base a la técnica de digestión húmeda propuesta por Geerken y col. [12].

Diseño experimental y análisis estadístico

Cada animal se asignó a uno de cuatro tratamientos de acuerdo a un diseño completamente al azar con diez repeticiones, considerado un novillo como la unidad experimental. Debido a heterogeneidad en el peso vivo inicial, esta variable se utilizó como una covariable [34]. Los datos se analizaron mediante el procedimiento GLM del SAS [32] y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química del zacate estrella de África

Los cambios en la composición química del zacate estrella de África durante la época de lluvias se muestran en la TABLA I; la información es descriptiva, debido a que no fue sometida a un análisis estadístico.

Los cambios de los componentes químicos del zacate estrella de África se modifican con el paso del tiempo al momento de ser pastoreados por los animales; por lo anterior, la cantidad de proteína se reduce y se incrementa la producción de pared celular, teniendo cambios de mayor tendencia en las hojas que en los tallos; estos cambios son característicos de las gramíneas [8]. Aranda y col. [2], obtuvieron la misma ten-

dencia en el pasto estrella pastoreado por novillonas en la región de sabana del estado de Tabasco. Meléndez y col. [22], mencionan que la proteína cruda (PC) varía de 5,7 a 15,7% dependiendo de la edad, tipo de suelo y época del año.

Prueba de consumo y digestibilidad del zacate estrella de África

Consumo de forraje: El control del consumo del forraje en rumiantes es principalmente de tipo nervioso, es decir, hay un conjunto de receptores para captar estímulos que se transmiten mediante el sistema nervioso central, hasta los centros hipotalámicos donde se genera la señal para iniciar o terminar el consumo [5]. En este trabajo se encontró que, adicionar monensina a novillos en pastoreo con zacate estrella, modifica ($P < 0,05$) el consumo de forraje, en diferentes momentos de la época de lluvias (TABLA II).

El efecto de la monensina está en relación a las dosis; así, se tiene que dosis de $30 \text{ mg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ indujeron menor consumo de forraje en comparación a los que no fueron suplementados por el ionóforo (7,1 vs 7,6 al inicio de la época y 7,0 vs 7,2 kg al final de la época de lluvias). En contraposición, dosis de 60 y 90 mg provocan que los novillos consuman una mayor cantidad, ya que el tratamiento de $60 \text{ mg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ del ionóforo se incrementó hasta un 12,1% mientras que el de 90 $\text{mg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ tuvieron un incremento de 8,1% con respecto al grupo testigo.

Galloway y col. [10], evaluaron el efecto de la monensina ($1,0 \text{ mg kg}^{-1}$) en el consumo y la digestión del pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) a diferentes grados de maduración en novillonas Holstein, concluyendo que el consumo y la digestibilidad dependen del nivel del ionóforo utilizado y tipo de forraje.

Digestibilidad aparente de la MS y pared celular del forraje

La adición de bajos niveles del ionóforo monensina mejora ($P < 0,05$) la digestibilidad del forraje en novillos que consumen zacate estrella de África, independientemente de la época de lluvias en la región costera del estado de Chiapas (TABLA III).

TABLA I

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%) DEL ZACATE ESTRELLA DE ÁFRICA EN DIFERENTE MOMENTO DE LA ÉPOCA DE LLUVIAS / CHEMISTRY COMPOSITION (%) OF STAR OF AFRICA GRASS IN DIFFERENT MOMENT DURING THE RAIN SEASON

Época de corte	Fracción	Materia seca	Materia orgánica	Cenizas	Proteína cruda	Paredes celulares
Inicio	Completa	28,6	88,7	11,3	9,2	75,3
	Tallo	232,6	89,9	10,1	6,3	82,2
	Hoja	38,9	87,1	12,9	11,6	70,9
Mediados	Completa	33,1	87,4	12,6	7,3	76,6
	Tallo	29,3	91,8	8,2	6,0	83,6
	Hoja	32,2	87,3	12,7	9,5	74,6
Finales	Completa	31,3	90,1	10,0	6,5	80,6
	Tallo	27,7	92,5	7,9	5,4	84,4
	Hoja	36,4	84,0	16,0	7,5	72,3

TABLA II
CONSUMO DE FORRAJE (MS, KG) POR NOVILLOS SUPLEMENTADOS CON DIFERENTE DOSIS DE MONENSINA/ GRASS INTAKE (MS, KG) FOR BEEF CATTLE SUPPLEMENTED WITH DIFFERENT DOSES OF MONENSINE.

Dosis (mg animal ⁻¹ día ⁻¹)	Época de lluvias (2002)	
	Inicio (septiembre)	Finales (noviembre)
0	7,6 ^a	7,2 ^b
30	7,1 ^{ab}	7,0 ^{ab}
60	8,2 ^a	8,4 ^b
90	8,0 ^{ab}	8,0 ^{ab}
Pr>f	0,0051	<0,0001
C. V.	5,3	4,37

^{ab} Medias en la misma fila con diferente letra son diferentes (P<0,05).

TABLA III
DIGESTIBILIDAD DEL ZACATE ESTRELLA DE ÁFRICA EN NOVILLOS SUPLEMENTADOS CON DIFERENTES DOSIS DE MONENSINA EN DISTINTO MOMENTO DE LA ÉPOCA DE LLUVIAS / DIGESTIBILITY OF STAR OF AFRICA GRASS IN BEEF CATTLE SUPPLEMENTED WITH DIFFERENT DOSES OF MONENSINE IN DIFFERENT MOMENTS DURING THE RAIN SEASON.

Dosis (mg animal ⁻¹ día ⁻¹)	Digestibilidad (%)			
	Materia seca		Pared celular	
	Inicio	Finales	Inicio	Finales
0	49,5 ^{ab}	48,4 ^{ab}	39,6 ^a	41,0 ^b
30	54,7 ^{ab}	55,5 ^{ab}	42,9 ^a	43,8 ^b
60	69,0 ^a	67,0 ^b	52,2 ^a	53,0 ^b
90	66,0 ^a	70,0 ^b	54,2 ^a	55,1 ^b
Pr>F	<0,001	<0,001	0,0024	0,0041
C. V.	8,72	8,12	12,23	12,40

^{ab} Medias en la misma fila con diferente letra son diferentes (P<0,05).

El efecto de la monensina está determinado por la dosificación. El grupo de novillos que consumieron 30 mg animal⁻¹ día⁻¹ provocó una digestibilidad similar al grupo de animales que no fueron suplementados. Por lo tanto, en los grupos que fueron suplementados con 60 y 90 mg animal⁻¹ día⁻¹ del ionóforo hubo un incremento de digestibilidad del 19 y 16%, respectivamente, en comparación a los animales que no fueron dosificados con monensina, teniendo resultados similares al final de las épocas de lluvias.

Por otra parte, Poos y col. [28] señalan que la monensina disminuye la digestibilidad cuando se utilizan dietas altas en fibras, pero se mejora cuando los bovinos se adaptan al consumir este ionóforo. Según Oliver [26], los incrementos en la digestibilidad son mejores cuando se utilizan 100 mg día⁻¹ de monensina en lugar de cantidades mayores de 200 mg día⁻¹.

Por lo tanto, la variación en la respuesta se ha relacionado a que el efecto de la monensina depende de: la dosis, fase de adaptación y del periodo de administración de este ionóforo. De esta forma, la adición del ionóforo ha incrementado (P<0,05) la digestibilidad de la materia seca en dietas altas en forraje.

Se ha reportado que en novillos [16], cabras [3] y ovinos [30], alimentados con dietas altas en fibras y con baja proporción de proteína cruda, se aumenta la digestibilidad por efecto del ionóforo.

Finalmente, las dosis bajas de monensina utilizadas en este trabajo mejoraron la digestibilidad de la dieta de los animales en pastoreo; específicamente, las dosis de 60 y 90 mg animal⁻¹ día⁻¹ son las adecuadas.

Prueba de estimación de los patrones de fermentación

pH ruminal: El efecto de las dosificaciones de monensina en el pH ruminal de novillos pastoreando estrella de África se presenta en la FIG. 1. Se encontró que cualquier dosis de este ionóforo induce un pH más ácido (P<0,05) en comparación con el grupo testigo. Los animales dosificados con 30 y 90 mg animal⁻¹ día⁻¹ fueron los grupos que mostraron un fluido ruminal más acidificado.

En este estudio se encontró que la monensina promueve un pH más ácido; la respuesta anterior puede deberse a que la monensina induce a que se produzca mayor concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) [36]. Se ha reportado que entre estas variables existe una correlación positiva muy alta [4].

Los valores de pH obtenidos muestran que no estuvieron debajo de 6,2 (FIG. 1), por lo que se considera que el ambiente ruminal era óptimo para bacterias celulolíticas y no permitía el cambio o proliferación de bacterias productoras de lactato [20], indicando que procesos como la rumia y salivación se realizan satisfactoriamente con las dosificaciones de monensina usados en este estudio.

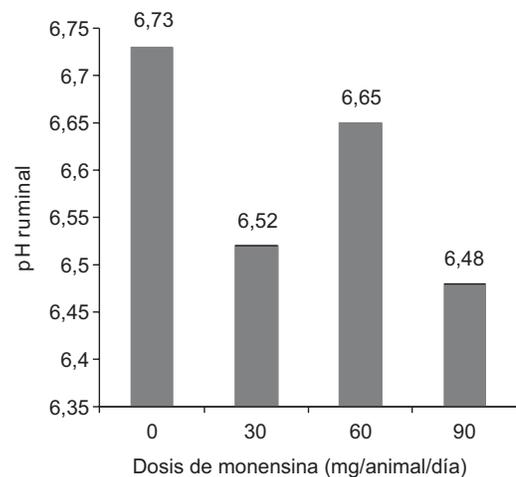


FIGURA 1. pH RUMINAL EN NOVILLOS QUE PASTOREAN ZACATE ESTRELLA DE AFRICA / RUMINAL pH IN BEEF CATTLE THAT GRAZING STAR OF AFRICA.

Concentración ruminal de nitrógeno amoniacal (N-NH₃)

La adición del ionóforo monensina a novillos que pastan zacate estrella de África provoca que las concentraciones de nitrógeno amoniacal en rumen sean más altas ($P < 0,05$) que los novillos no adicionados con este antibiótico (FIG. 2).

Frederickson y col. [9], indican que la monensina no afecta la concentración de N-NH₃; la respuesta en este estudio indica que la monensina en condiciones de pastoreo incrementa la cantidad de nitrógeno amoniacal a nivel ruminal. Este fenómeno se ha reportado con diferentes condiciones de alimentación [1]. De hecho, se ha sugerido que el aumento en las concentraciones de N-NH₃, se relacionan con la actividad proteolítica de las bacterias ruminales tales como *Prevotella ruminicola* [33].

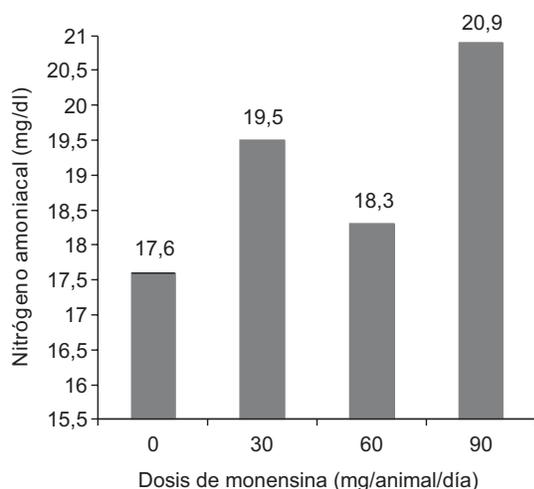


FIGURA 2. CONCENTRACIÓN RUMINAL DE NITRÓGENO AMONICAL EN NOVILLOS QUE PASTOREAN ZACATE ESTRELLA DE ÁFRICA / RUMINAL CONCENTRATION OF AMONICAL NITROGEN IN BEEF CATTLE THAT GRAZING STAR OF AFRICA.

**TABLA IV
CONCENTRACIÓN RUMINAL DE ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES EN NOVILLOS QUE PASTOREAN ZACATE ESTRELLA DE ÁFRICA / RUMINAL CONCENTRATION OF VOLATILES FAT ACIDS IN BEEF CATTLE THAT GRAZING STAR OF AFRICA GRASS.**

Dosis (mg animal ⁻¹ día ⁻¹)	Total	Ácidos grasos volátiles (milimoles dl ⁻¹)		
		Acético	Propiónico	Butírico
0	41,2	31,2 b	6,9 b	3,1 a
30	45,3	33,6 b	8,1 ab	3,6 a
60	53,4	41,5 a	8,9 a	2,9 a
90	53,8	41,6 a	9,0 a	3,2 a
Pr>F		0,001	0,001	0,4047
CV		8,3	9,6	19,3

^{ab} Medias en la misma columna con diferente letra son diferentes ($P < 0,05$).

Además, todos los tratamientos presentaron niveles adecuados (mayor a los 5 mg dl⁻¹) para garantizar la síntesis de proteína microbiana, por lo que la administración de monensina en condiciones de rumiantes sometidos a régimen de pastoreo no compromete la producción de masa microbiana, siendo ésta importante para que se logre una adecuada digestión de la fibra y los componentes de la dieta.

Concentración total de ácidos grasos volátiles (CTAGV): La concentración total de AGV en el rumen de los novillos tratados con diferentes dosis de monensina sódica se presenta en la TABLA IV. Se encontró que al adicionar monensina se induce una mayor ($P < 0,05$) producción de ácidos grasos volátiles independientemente de la dosificación; específicamente, suplementar con 60 ó 90 mg animal⁻¹ día⁻¹ es la cantidad de este ionóforo que provoca la mayor tasa de AGV, bajo las condiciones de este experimento.

Por otro lado, la tasa de producción de los AGV ha sido alterada por la monensina, tanto en condiciones *in vitro* como *in vivo* [29]. En trabajos experimentales previos se ha demostrado que la monensina no afecta [1, 25] o reduce ligeramente [8, 21] la concentración total de AGV, cuando los rumiantes son alimentados con diferentes proporciones (65:35, 40:60 ó 50:50) de forraje-concentrado. No obstante, este trabajo consideró condiciones de alimentación en pastoreo, en donde la proporción de fibra en la dieta es muy alta.

De esta forma, el aumento en las concentraciones de AGV es evidencia de que la dosificación con bajas cantidades de monensina provoca un efecto estimulante y por tanto, mejora la fermentación ruminal [14].

Concentración milimolar de ácidos grasos volátiles: Las concentraciones milimolares de ácido acético y propiónico difieren ($P < 0,05$) por la inclusión de dosis bajas de monensina a novillos en pastoreo de zacate estrella de África (TABLA V), principalmente si se administran 60 ó 90 mg animal⁻¹ día⁻¹. Las cantidades de ácido butírico no fueron afectadas.

La respuesta obtenida con monensina es característica a la adición de este ionóforo: incrementos de la proporción molar de propionato a expensas del acetato provocan una baja relación acético-propiónico. Newbold [25] y Rogers y col. [30] obtuvieron respuestas similares a las encontradas en este estudio. En esas condiciones, se puede aumentar, hasta en un tercio, la utilización de la energía metabolizable del alimento [35].

A excepción del butirato ($P > 0,05$), las dosis de monensina no afectaron las proporciones de acético y propiónico (TABLA V). La monensina sólo tendió a aumentar ($P > 0,05$) la proporción molar de acético y propiónico con respecto al grupo testigo.

La respuesta encontrada indica que estas dosificaciones de monensina son capaces de incrementar la tasa fermentativa de ganado en pastoreo, aunque no modifica las rutas metabólicas o las relaciones bioquímicas que se dan a nivel ruminal.

TABLA V
PROPORCIÓN MOLAR DE ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES EN EL RUMEN DE NOVILLOS QUE PASTOREAN ZACATE ESTRELLA / MOLAR PROPORTION OF VOLATILES FAT ACIDS IN THE RUMEN OF BEEF CATTLE THAT GRAZING STAR OF AFRICA GRASS

Dosis	Total (mmol dl ⁻¹)	Ácidos grasos volátiles (moles 100 ⁻¹ moles)		
		Acético	Propiónico	Butírico
0	41,2	75,8 a	16,6 a	7,6 ab
30	45,3	74,2 a	17,8 a	7,9 a
60	53,4	77,7 a	16,7 a	5,5 b
90	53,8	77,4 a	16,7 a	5,9 ab
Pr>F		0,057	0,2553	0,0196
CV		2,3	6,3	18,8

^{ab} Medias en la misma columna con diferente letra son diferentes (P<0,05).

Prueba de crecimiento

Cambios de peso vivo: Al comparar la ganancia de peso vivo (kg) de todo el ciclo experimental se observó que los novillos dosificados con 60 y 90 mg animal⁻¹ día⁻¹ presentaron mayor (P<0,05) ganancia de peso, encontrando un incremento de 15 kg más que los animales testigo (TABLA VI).

Ganancia diaria de peso (GDP): La respuesta de los animales a la dosificación de monensina para esta variable se presenta en la FIG. 3, reportando la GDP de toda la fase experimental, debido a que no existieron diferencias (P>0,05) entre etapas de la época de lluvias.

Esta variable es una forma indirecta de determinar la eficiencia de utilización del alimento que consume un rumiante [24]. Es importante mencionar que la respuesta en GDP encontrada en este trabajo coincide con los reportes de Meléndez y col. [22], que al pastorear novillos en zacate estrella de África en las condiciones de trópico húmedo en Tabasco, reportaron incrementos de 496 g.

Por otro lado, la respuesta productiva en GDP que se reporta de los novillos adicionados con bajos niveles de monensina es sobresaliente, ya que logra incrementar la eficiencia de utilización del alimento en forma igual a la suplementación nitrogenada para novillas en pastoreo [2], o cuando se dosifica monensina en animales cruce de sangre europea que pastorean una gramínea mejorada [26].

En este sentido, Goodrich y col. [15] reportaron ganancias de peso en vacas de 13% con pastoreo en praderas de pasto Bermuda suplementadas con monensina.

De esta forma, se puede inferir de un beneficio económico al suplementar con dosis bajas de monensina, ya que se obtiene una respuesta similar sin realizar suplementación nitrogenada, o utilizar una gramínea mejorada como dieta base de pastoreo.

TABLA VI
CAMBIOS DE PESO VIVO (KG) ENTRE PERÍODOS DE LA ÉPOCA DE LLUVIAS DE NOVILLOS QUE PASTOREAN ZACATE ESTRELLA DE ÁFRICA / LIVE WEIGHT DIFFERENCES (KG) BETWEEN PERIODS OF THE WETHER SEASON OF BEEF CATTLE THAT GRAZING STAR OF AFRICA GRASS

Dosis	Época de lluvias (2002)		Ganancia Total
	Inicio (septiembre)	Finales (noviembre)	
0	13,3	12,1	25,4 b
30	12,4	14,3	26,7 b
60	19,2	18,3	37,5 a
90	22,3	16,9	39,0 a
Pr>F	0,5874	0,1942	0,0105
CV	16,7	13,3	16,7

^{ab} Medias en la misma columna con diferente letra son diferentes (P<0,05).

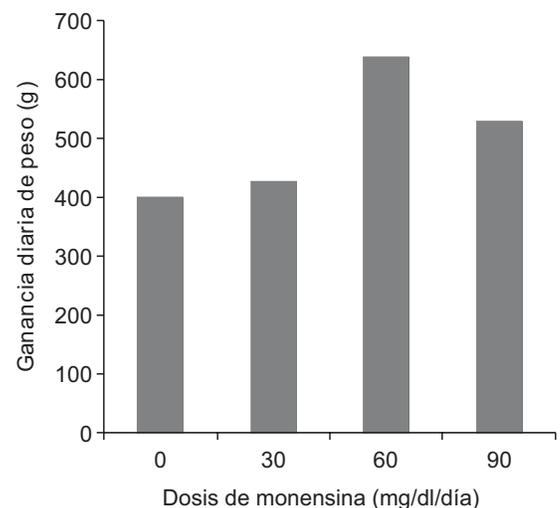


FIGURA 3. GANANCIA DIARIA DE PESO EN NOVILLOS QUE PASTOREAN ZACATE ESTRELLA DE ÁFRICA / BODY WEIGHT GAIN IN BEEF CATTLE THAT GRAZING STAR OF AFRICA GRASS.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en las que se realizó el presente trabajo de investigación, se concluye lo siguiente:

60 ó 90 mg animal⁻¹ día⁻¹ de monensina incrementan el consumo de forraje y la digestibilidad de la materia seca y paredes celulares del zacate estrella de África en bovinos, independientemente del momento de la época de lluvias.

Adicionar dosis de 60 ó 90 mg animal⁻¹ día⁻¹ de monensina a rumiantes en pastoreo, provoca un aumento en la concentración ruminal de nitrógeno amoniacal e induce un pH más ácido en el rumen y logra incrementar la tasa de producción de ácidos grasos volátiles; específicamente, aumenta las concentraciones de acético y propiónico.

En el presente experimento, 60 mg animal⁻¹ día⁻¹ fue la dosis de monensina que hace más eficiente la actividad fermentativa de bovinos que pastorean zacate estrella de África.

El ionóforo monensina mejora la ganancia diaria de peso y los cambios de peso vivo en novillos que consumen zacate estrella de África durante la época de lluvias, incrementando la respuesta productiva en un 23%.

En general, adicionar dosis bajas de monensina (60 mg animal⁻¹ día⁻¹) provoca un comportamiento productivo eficiente de novillos en pastoreo de zacate estrella de África en condiciones ambientales de una región de clima cálido húmedo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALI-HAIMOUD, D.; VERNAY, M.; BAYOURTHE, C.; MONCOULON, R. Avoparcin and monensin effects on the digestion of nutrients in dairy cows fed a mixed diet. **Can. J. Anim. Sci.** 75:379-385. 1995.
- [2] ARANDA, E.; MENDOZA, M.G.D.; GARCÍA-BOJALIL, C.; CASTREJÓN, F. Growth of heifers grazing stargrass complemented with sugar cane, urea and a protein supplement. **Livest. Product. Sci.** 71: 201-206. 2001.
- [3] BEEDE, D.K.; GILL, W.W.; KOENIG, S.E.; LINDSEY, T.O.; SCHELLING, G.T.; MICHELL, G.E.; TUCKER, R.E. Nitrogen utilization and fiber digestibility in growing steers fed a low protein with monensin. **J. Anim. Sci.** 51 (Suppl. 1): 5. 1980.
- [4] BURRIN, D.G.; BRITTON, R.A. Response to monensin in cattle during subacute acidosis. **J. Anim. Sci.** 63: 888-893. 1986.
- [5] CAMPLING, R.C. Factors affecting the voluntary intake of grass. **Br. J. Grass Soc.** 19: 110-116. 1964.
- [6] CIGARROA, A.A.; AGUIRRE, J.F.; PALOMO, J.; ROMÁN, A. Tecnología forrajera generada por el INIFAP en la Costa de Chiapas. **INIFAP-SARH Folleto No. 2.** 2-7 pp. 1989.
- [7] CHURCH, D.C. The ruminant animal. **Digestive Physiology and Nutrition.** Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA. 563 pp. 1993.
- [8] ESPINOSA, V.E. Análisis químicos y digestibilidad in situ de la pared celular del forraje de nueve zacates del estado de Nuevo León, colectados en invierno. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, **UANL.** Monterrey, N.L. Tesis de licenciatura. 56-61 pp. 1995.
- [9] FREDERICKSON, E.L.; GAYLEAN, M.L.; BRANINE, M.E.; SOWELL, B.; WALLACE, J.D. Influence of ruminally dispensed monensin and forage maturity on intake and digestion. **J. Range Manage.** 46: 214-217. 1993.
- [10] GALLOWAY, D.L.; GOESTCH, A.L.; SUN, W.; FOSTER, L.A. Of additions of sodium bicarbonate, monensin, salt, *Aspergillus oryzae* culture extract, niacin, lysine o phenylalanine to ground corn-based supplements on feed intake and digestion by Holstein cows consuming hay. **Anim. Feed Sci. Tech.** 32: 261-273. 1991.
- [11] GARCÍA, E. Modificaciones del sistema de clasificación de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Ed. U.N.A.M. México. 1-12 pp. 1973.
- [12] GEERKEN, C.M.; CALZADILLA, D.; GONZÁLEZ, R. Aplicación de la técnica de dos marcadores para medir el consumo de pasto y la digestibilidad de la ración de vacas en pastoreo suplementadas con concentrado. **Past y Forraj** 101: 266-273. 1987.
- [13] GOERING, M.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agriculture Handbook no. 379. USDA. USA. 20 pp. 1970.
- [14] GONZÁLEZ, M.S. Ionóforos e Implantes para Bovinos en Corral de Engorda. In: Producción de Carne Bovina en Corral, **Seminario Internacional. C.E.I.C.A.D.A.R.** 13 de septiembre, Puebla, México. 89-101 pp. 1994.
- [15] GOODRICH, R.D.; GARRETT, J.F.; GAST, D.R.; KIRICK, M.A.; LARSON, D.A.; MEISKE, J.C. Influence of monensin on the performance of cattle. **J. Anim. Sci.** 58:1484. 1984.
- [16] HANSONG, T.L.; KLOPFENSTEIN, T.J. Monensin, protein source and protein levels for growing steers. **J. Anim. Sci.** 48: 478-485. 1979.
- [17] HENDERSON, C.; STEWARD, C.S.; NAKREP, F.V. The effect of monensin on pure and mixed cultures of rumen bacteria. **J. Appl. Bacteriol.** 51: 159-163. 1981.
- [18] HERNÁNDEZ, S.D. Adición de lasalocida sódica y un cultivo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en una dieta a base de ingredientes no convencionales para borregos en crecimiento. **Colegio de Postgraduados.** Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. (Tesis de Maestría). 85 pp. 1996.
- [19] IRUEGAS, E.L.F. Digestión *in vitro* e *in vivo* del rastrojo de maíz con la adición de un ionóforo y minerales en borregos. **Colegio de Postgraduados.** Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. (Tesis de Maestría). 67 pp. 1996.
- [20] KAUFMANN, W.H.; HAGEMEINSER, H.; DURSEN, G. Adaptation to changes in dietary composition level and frequency of feeding. In: Ruckebusch, Y. and P. Thivend (Eds.). **Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants.** Wesport, Cl. AVI Publishing. 587 pp. 1980.
- [21] LEMENAGER, R.P.; OWENS, F.N.; SHOCKEY, B.T.; LUSBY, K.S.; TOTUSEK, R. Monensin effects on rumen turnover rate, twenty-four hour VFA pattern, nitrogen components and cellulose disappearance. **J. Anim. Sci.** 47: 225-261. 1978.

- [22] MELÉNDEZ, N.F.; PÉREZ, P.J.; GONZÁLEZ, M.J.A. Respuesta a la fertilización nitrogenada sobre la producción de carne y capacidad de carga del pasto Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*) en suelos de la Chontalpa, Tabasco. **Agricult. Trop.** 2(2): 142-151. 1980.
- [23] MENDOZA, M.G.D.; RICALDE, R.; ESPARZA, H.; VELÁSQUEZ, L. Efecto de dos cultivos de *Saccharomyces cerevisiae* en la degradación ruminal de la fibra neutro detergente de paja de trigo. **Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.** 10: 105-110. 1995.
- [24] MINSON, D.J. Nutritional differences between tropical and temperate pastures. In: Morley, F.H.W. (Ed). **Grazing animals**. Elsevier Scientific Publishing Company. Melbourne, Australia. 154-156 pp. 1981.
- [25] NEWBOLD, C.J.; WALLACE, R.J.; McKAIN, N. Effect of the ionophore tetronasin on nitrogen metabolism by ruminal microorganisms in vitro. **J. Anim. Sci.** 68: 1103-1109. 1990.
- [26] OLIVER, W.M. Effect of rumensin on gain of steers grazed on Coastal Bermudagrass. **J. Anim. Sci.** 40: 190-197. 1975.
- [27] POND, K.R.; ELLIS, W.C. Effects of monensin on intake, digestibility and rate of passage in cattle grazing Coastal Bermuda pasture. **J. Anim. Sci.** 49 (Suppl.1): 32. 1978.
- [28] POOS, M.I.; HANSON, T.L.; KLOPFENSTEIN, T.J. Monensin effects on diet digestibility, ruminal protein bypass and microbial protein synthesis. **J. Anim. Sci.** 48:1516-1521. 1979.
- [29] RICHARDSON, L.F.; RAUN, A.P.; POTTER, E.L.; COOLEY, C.O.; RATHMACHER, R.P. Effect of monensin on rumen fermentation in vitro and in vivo. **J. Anim. Sci.** 43:657-671. 1976.
- [30] ROGERS, M.; JOUANY, J.P.; THIVEND, P.; FONTENOT, J.P. The effects of short-term and long-term monensin supplementation, and its subsequent withdrawal on digestion in sheep. **Anim. Feed Sci. Technol.** 65: 113-127. 1997.
- [31] SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (SAG). Distrito de desarrollo rural 08 Tapachula (Diagnóstico Distrital) **Coordinación de programación informática y estadística**. Tapachula, Chiapas, México. 22-27pp. 2000.
- [32] STATISTIC ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS): **Statistics**. Inc. Cary, NC. USA. V. 8. 1998.
- [33] SCHELLING, G.T. Monensin mode of action in the rumen. **J. Anim. Sci.** 58: 1518-1527. 1984.
- [34] STEEL, R.G.; TORRIE, J.H. **Principles and Procedures of Statistics. A biometrical approach**. 2nd Ed. Singapore: Mcgraw-Hill, USA. 539 pp. 1981.
- [35] THORNTON, J.H.; OWENS, F.N. Monensin supplementation and in vivo methane production by steers. **J. Anim. Sci.** 52: 628-634. 1981.
- [36] TUNG, R.S.; KUNG, L. *In vitro* effects of a thiopeptide and monensin in ruminal fermentation of soluble carbohydrates. **J. Dairy Sci.** 76: 1083-1087. 1993.