



EFFECTO DE SUPLEMENTOS FERMENTADOS CON POLLINAZA SOBRE EL CONSUMO Y DEGRADACIÓN DEL PASTO CUBA CT-115

EFFECT OF SUPPLEMENTS FERMENTED WITH POULTRY MANURE ON CONSUMPTION AND DIGESTIBILITY OF GRASS CUBA CT-115

Jesús A. Ramos-Juárez¹, Ernesto Martínez-Urbina¹, Francisco Izquierdo-Reyes¹, Emilio M. Aranda-Ibañez¹, Luis M. Vargas-Villamil^{1*}, David Hernández-Sánchez² y Bertín M. Joaquín-Torres^{1†}

¹Colegio de Postgraduados (CP), Campus Tabasco, H. Cárdenas, Tabasco, México. ²CP, Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia (luis@avanzavet.com)

RESUMEN

Los pastos tropicales presentan digestibilidad baja, por lo que se deben buscar alternativas para mejorar la degradación de la materia seca y sus componentes. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la suplementación a base de pollinaza, fermentada y sin fermentar, en el consumo y degradación ruminal de nutrientes del pasto Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*). Se evaluaron cinco tratamientos: T1: pasto Cuba CT-115, T2: T1 + pollinaza sin fermentar, T3: T1 + pollinaza fermentada, T4: T1 + pollinaza + pulido de arroz fermentado y T5: T1 + pollinaza + pulido de arroz sin fermentar. Se utilizaron cinco toros con fístula ruminal y un diseño cuadrado latino 5x5. Se determinó el índice de consumo de materia seca (ICMS), degradación *in situ* de la MS (DIMS), degradación efectiva ruminal de la MS (DERMS), MO (DERMO), PC (DERPC), FDN (DERFDN) y FDA (DERFDA), N-NH₃ y pH ruminal. El ICMS fue de 2.5 % del PV en dietas suplementadas y 2.0 en el control ($P < 0.01$). La DIMS a 24 h de incubación ruminal fue 46.9 % en dietas suplementadas y 41.8 % en el control. La DERMS fue similar entre tratamientos ($P > 0.05$), mientras que la DERFDN y DERFDA tuvieron promedios de 35.2 % y 25.0 %, siendo 19.74 % y 33.2 % mayores en relación al pasto, respectivamente. La DERPC fue menor en dietas suplementadas ($P < 0.01$). El pH ruminal fue similar entre tratamientos ($P > 0.05$), con un valor promedio de 6.6. Las mayores concentraciones de N-NH₃ (29.8 y 29.1 mg dL⁻¹) ocurrieron a tres h después de la alimentación en T4 y T5, respectivamente. El uso de la pollinaza, con o sin fermentar en dietas de bovinos, puede ser una alternativa para mejorar la eficiencia de utilización del pasto Cuba CT-115.

Palabras clave: *Pennisetum purpureum*, consumo, digestibilidad, pasto Cuba CT-115, pollinaza.

SUMMARY

The digestibility of tropical pastures is low, so alternatives must be sought to improve the degradation of dry matter and its components. The objective of this study was to evaluate the effect of supplementation based on poultry manure with and without fermentation on the consumption and ruminal degradation of nutrients in Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*). Five treatments were evaluated: T1: Cuba grass CT-115, T2: T1 + unfermented poultry manure, T3: T1 + fermented poultry manure, T4: T1 + poultry manure with polished fermented rice and T5: T1 + manure with polished unfermented rice. Five bulls with ruminal fistula and a 5 x 5 latino square design were used. Dry matter intake (DMI), *in situ* DM degradation (IDMD), effective ruminal DM degradation (ERDMD), OM (EROMD), CP (ERCPD), NDF (ERNDFD) and FDA (ERADFD), N-NH₃ and ruminal pH were determined. DMI was 2.5 % in supplemented diets compared to the control 2.0 % ($P < 0.01$). IDMD at 24 h of

ruminal incubation was 46.0 % in supplemented diets compared to the control 41.8 %. The ERDMD was similar between treatments ($P > 0.05$). ERNDFD and ERADFD were 35.2 % y 25.0 %, 19.74 % y 33.2 % higher than grass, respectively. ERCPD was lower in supplemented diets ($P < 0.01$). Ruminal pH was similar among treatments ($P > 0.05$), with an average value of 6.6. The highest N-NH₃ concentrations (29.8 and 29.1 mg dL⁻¹) occurred at 3 h post-feeding in T4 and T5, respectively. The use of fermented or unfermented poultry manure in cattle diets can be an alternative to improve the efficiency of utilization of grass Cuba CT-115.

Key words: *Pennisetum purpureum*, Cuba CT-115 grass, degradation, intake, poultry manure.

INTRODUCCIÓN

Los pastos son la base de la alimentación de los rumiantes en las regiones tropicales; sin embargo, su disponibilidad y calidad dependen de la precipitación pluvial, debido a que durante el estiaje el contenido de nutrientes disminuye, lo que limita la actividad microbiana, la degradación ruminal, el consumo de materia seca y finalmente la producción de carne y/o leche (Ku-Vera *et al.*, 2014). Uno de los pastos que disminuye su digestibilidad de manera considerable conforme la planta madura, es el pasto Cuba CT-115. Este cultivar presenta entrenudos cortos y baja altura, por lo que tiene potencial para utilizarse en pastoreo directo y produce alrededor de 15 t de materia seca (MS) ha⁻¹ año⁻¹ (Araya y Boschini, 2005), con valores de digestibilidad de 59.9, 48.3 y 44.3 % a 30, 43 y 60 d de rebrote (Barrera-Álvarez *et al.*, 2015). En otros cultivares, como Maralfalfa, se reportan digestibilidades de 55.7 y 52.1 % a 42 y 63 d, respectivamente (Clavero y Razz, 2009) y en King Grass 58.6 % a 60 d (Chacón y Vargas, 2009) y 48 % a 120 d (Ordaz *et al.*, 2018). Por otro lado, la pollinaza, que es el residuo de la industria avícola compuesta de cantidades variables de excreta de pollo de engorda, cama y residuos de alimento, se ha utilizado en la alimentación de rumiantes como fuente de nitrógeno no proteínico y minerales (Masaka *et al.*, 2015); sin embargo, su alto contenido

de microorganismos patógenos y residuos químicos de medicamentos veterinarios constituyen un riesgo potencial sanitario para los rumiantes que la consumen e incluso para el hombre en el manejo de dicho subproducto (Zhang *et al.*, 2013). Los tratamientos de la pollinaza con fermentación sólida o líquida han mostrado que mejoran sus características organolépticas, al reducir el mal olor y al eliminar coccidias y salmonellas (Citalán *et al.*, 2016). Además, el proceso de la fermentación microbiana permite mejorar la composición química (Jiménez-Alfaro *et al.*, 2020), por los metabolitos que se producen y se quedan en el producto fermentado, que pudieran estimular el crecimiento de los microorganismos ruminales (Elías *et al.*, 2001), mejorando la digestibilidad de la dieta, debido a que la suplementación de nutrientes energéticos, proteínicos y minerales incrementan la degradación ruminal de la materia seca de los pastos (Ramos-Juárez *et al.*, 2018) y la digestibilidad de la caña de azúcar de 56.8 a 67.8 % (Aranda-Ibáñez *et al.*, 2016). Debido a que los pastos con baja digestibilidad retardan el paso del alimento a través del tubo digestivo y reduce el consumo (Valles *et al.*, 2016) es necesario buscar alternativas para mejorar su degradación ruminal. Por lo que, el objetivo del presente estudio fue evaluar el potencial de la suplementación basada en pollinaza, fermentada y sin fermentar, en el consumo y degradación ruminal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

El estudio se realizó durante los meses de mayo a agosto de 2014, en el campo experimental y laboratorio de Ciencia Animal del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, ubicado a 17° 59' 15.6" LN y 93° 35' 06.9" LO, con una altitud de 12 msnm. El clima del lugar es cálido húmedo, con temperatura media anual de 26.2 °C y precipitación media anual de 2240 mm (García, 1988).

Tratamientos y diseño experimental

Para determinar el efecto del tipo de suplemento en la degradación, *in situ* y efectiva, del pasto y de los mismos suplementos, se utilizaron cinco toretes de tipo racial (*Bos taurus* × *Bos indicus*) de 315.4 ± 7.9 kg de PV, con fistula ruminal. Se evaluaron cinco tratamientos: T1 = pasto Cuba CT-115 (Control), T2 = T1 + pollinaza sin fermentar, T3 = T1 + pollinaza fermentada, T4 = T1 + pollinaza + pulido de arroz fermentado y T5 = T1 + pollinaza + pulido de arroz sin fermentar. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño cuadrado latino 5 × 5, donde las hileras consistieron en cinco periodos experimentales y las columnas los cinco toretes. Los periodos experimentales fueron de 20 d (15 d de adaptación de los toretes a los tratamientos evaluados

y cinco días de muestreo).

Animales, alimentación y manejo

A los cinco toretes se les proporcionó el pasto Cuba CT-115, el cual se cosechó a 90 d de rebrote. Previo al inicio del experimento, la parcela se dividió en 12 fracciones de 20 × 20 m y se realizaron cortes de uniformidad a una altura de 10 cm en forma manual, con diferencia de una semana en cada una de las parcelas. Después de 30 d de efectuado el corte de uniformidad se realizó una fertilización con 100 kg ha⁻¹ de N en una sola aplicación. El pasto se picó con molino (Azteca Siemens Nema Premium®) con tamaño de partícula de aproximadamente 2.5 cm y se ofreció a los toretes a las 7:00 y 13:00 h, considerando un rechazo del 20 % de lo ofrecido. A cada animal, consumiendo suplemento, se le ofreció diariamente a las 7:00 h, 6 g MS kg⁻¹ de PV de los suplementos a base de pollinaza con y sin fermentar (Cuadro 1). También se les ofreció agua limpia y sal mineral a libre acceso. La composición de la sal fue: Ca 130, P 120, Cl 156, Na 104, Mg 6, S 3, Fe 3, Zn 1.2, Mn 1.2, Cu 0.3 g kg⁻¹, Co 50, I 30 y Se 3 ppm.

Elaboración de los suplementos

El inóculo microbiano (IM) se obtuvo por fermentación líquida sumergida al mezclar 4 kg de pasta de soya, 4 kg de pulido de arroz, 15 kg de melaza, 500 g de minerales, 500 g de urea, 300 g de sulfato de magnesio, 5 kg de yogur natural (Yoplait®) como inóculo de bacterias lácticas y 70.7 L de agua en un tanque de 200 L. La mezcla se agitó manualmente cuatro veces al día por 3 min durante tres días. Al final del periodo de fermentación el IM presentó 4.1 de pH, 81.8 % de humedad, 24.9 % de proteína cruda (PC) y 9.97 × 10¹⁰ UFC de lactobacilos mL⁻¹. Para el pH, la mezcla fermentada se agitó y se tomaron tres muestras de 100 mL, las cuales se colocaron en vasos de precipitado de 200 mL para inmediatamente medir el pH con potenciómetro (Denver Instrument®), calibrado con sustancias buffer de pH 4 y 7. La humedad se determinó al tomar 100 mL de la mezcla por triplicado, los cuales se depositaron en vasos de precipitado de 200 mL, secándose en estufa de aire forzado (Tecnal®) a 62 °C hasta peso constante. Las muestras se molieron con molino marca Thomas - Wiley modelo 4 y criba de 2 mm, determinándose la PC mediante la norma 954.01 de la AOAC (1990). Para estimar las UFC de lactobacilos se tomaron de la mezcla fermentada 100 mL por triplicado y alícuotas de 1 mL se colocaron en placas con medio de cultivo Man Rogosa Sharpe (MRS), utilizando la técnica de vaciado en placas con incubación anaeróbica a 30 °C durante 48 h (Ramos-Izquierdo *et al.*, 2009). Los suplementos fermentados (T3 y T4) se elaboraron 20 días previo a cada periodo experimental (Cuadro 1) en una mezcladora horizontal con rotor de cintas. El peso del

Cuadro 1. Composición (% BH) de los suplementos y valores de pH.

Ingredientes	Pollinaza sin fermentar	Pollinaza fermentada	Pollinaza + pulido de arroz fermentados	Pollinaza + pulido de arroz sin fermentar
Pollinaza	100	77.1	57.1	69.1
Pulido de arroz	0	0	20	20
Inóculo microbiano	0	12	12	0
Melaza	0	10	10	10
Minerales [†]	0	0.5	0.5	0.5
Sulfato de amonio	0	0.4	0.4	0.4
pH	8.0	5.5	5.8	7.2

[†] Ca 130, P 120, Cl 156, Na 104, Mg 6, S 3, Fe 3, Zn 1.2, Mn 1.2 y Cu .3 g kg⁻¹ y Co 50, I 30 y Se 3 ppm.

suplemento mezclado fue de 90 kg, envasándose en bolsa negra de polietileno negra de 30 kg, para silo de tamaño 1.2 × 0.6 m calibre 600. El suplemento se agregó en capas de 20 cm y mediante compactación manual se extrajo la mayor cantidad de aire, cerrándose herméticamente para evitar la entrada de aire. Las bolsas con el suplemento se colocaron dentro de un costal de polipropileno para su protección y manejo, almacenándose en una bodega para su fermentación anaeróbica durante 20 d (Catalán *et al.*, 2016). Los suplementos sin fermentar (T2 y T5) se elaboraron un día antes del periodo experimental (Cuadro 1).

Composición química del pasto y suplementos

Durante los últimos cinco días de cada periodo experimental se tomó diariamente una muestra del pasto y suplementos ofrecidos a los animales, se secaron en una estufa de aire forzado (Tecnal®) a 62 °C durante 72 h y se molieron en molino (Thomas-Wiley modelo 4) con criba de 2 mm. Además, para cada periodo experimental se realizó una muestra compuesta de los alimentos ofrecidos. A todas las muestras se les determinó el contenido de humedad, MS, materia orgánica y PC (AOAC, 1990), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) (Van Soets *et al.*, 1991).

Variables evaluadas

Se determinó el índice de consumo de MS del pasto (ICMSP), suplementos (ICMSS) y total (ICMST), degradación *in situ* de MS del pasto (DIMSP), degradación efectiva ruminal de MS (DERMS), MO (DERMO), PC (DERPC), FDN (DERFDN) y FDA (DERFDA), pH ruminal y contenido de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) en el rumen. El cálculo de ICMSP, ICMSS e ICMST se realizó con base al peso vivo (PV) de los animales durante los últimos cinco días de

cada periodo experimental; para ello, se pesó diariamente lo ofrecido y rechazado del pasto y suplementos y, por diferencia, se calculó el CMS. Los animales se pesaron sin ayuno durante los últimos tres días de cada periodo experimental a las 6:00 h con una báscula electrónica (TRU-TEST XR 3000). Para estimar el efecto de los suplementos en DIMSP se utilizó la metodología descrita por Ørskov *et al.* (1980). En cada periodo experimental y tratamiento evaluado se prepararon 10 bolsas de poliseda tamaño 10 × 20 cm y porosidad 45 µm, duplicadas y correspondientes a 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 24, 36 y 48 h de incubación, a las cuales se les colocó 7 g de pasto Cuba CT-115 seco y molido en un molino (Thomas - Wiley modelo 4) con criba de 2 mm. Las bolsas se introdujeron en rumen en forma regresiva para que todas fueran retiradas al mismo tiempo, posteriormente se lavaron con abundante agua fría hasta que el afluente se tornó claro, al igual que las bolsas correspondientes a 0 h de incubación, permitiendo de esta forma estimar las pérdidas por lavado. Las bolsas fueron secadas en estufa de aire forzado a 62 °C durante 48 h. La DIMSP se calculó por diferencia entre el peso inicial y del residuo. Para DERMS, DERMO, DERPC, DERFDN y DERFDA del pasto se hizo una muestra compuesta de las fracciones no degradadas en cada uno de los cinco periodos de incubación, utilizando las metodologías mencionadas anteriormente, con una tasa de recambio ruminal de $k = 0.03 \text{ \% h}^{-1}$ y la ecuación: $DE = \sum (D(t_{i+1}) - D(t_i)) \times f(t_i, t_{i+1})$ (Kristensen *et al.*, 1982), donde: DE = degradación efectiva, $D(t_{i+1}) - D(t_i)$ = cantidad de alimento degradado durante el intervalo de tiempo t_i a t_{i+1} , $f(t_i, t_{i+1})$ = proporción de alimento que permanece en el rumen en el intervalo de tiempo t_i a t_{i+1} y $(f(t_i))$ = cantidad de alimento que permanece en el rumen, la cual se estima a partir de la tasa de pasaje (k , h^{-1}) mediante $f(t_i) = \exp(-k \times t_i)$. Para determinar el pH y el N-NH₃ ruminal se colectó líquido del saco ventral del rumen a las 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 y 24 h e inmediatamente se le determinó el pH mediante un potenciómetro (Denver

Instrument®) calibrado con sustancias buffer de pH 4 y 7. Posteriormente, se acidificaron 4 mL de líquido ruminal agregando 1 mL de ácido meta fosfórico al 25 % y se colocó en refrigeración a 4 °C, para posteriormente determinar el contenido de N-NH₃ (McCullough, 1967).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos en cada una de las variables se sometieron a un análisis de varianza para probar diferencias entre tratamientos, de acuerdo con un diseño experimental cuadrado latino 5 × 5. Se usó el procedimiento Proc Mixed de SAS (2013). Para las variables DIMSP, pH y N-NH₃ se incluyó el factor tiempo de incubación en el diseño experimental. La comparación de medias de tratamientos se efectuó mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química del pasto Cuba CT-115 y suplementos

Se observaron diferencias entre tratamientos en su composición química ($P < 0.01$). Los suplementos sin fermentar presentaron mayor contenido de MS que los fermentados y pasto Cuba CT-115. El pasto Cuba CT-115 presentó el mayor contenido de MO. PC fue mayor en los suplementos con solo pollinaza, con y sin fermentar y FDN y FDA fueron mayores en el pasto Cuba CT-115, en comparación con los suplementos (Cuadro 2). El contenido menor de MS en los suplementos fermentados en comparación con los no fermentados pudo ser por el mayor contenido de humedad del inoculo microbiano, ya que es un fermento líquido con 83 % de humedad. La MS y MO en la pollinaza sin fermentar fueron similares a lo observado por Morales *et al.* (2002) en diferentes granjas avícolas. Asimismo, MS, MO y FDN en la pollinaza fueron similares a los reportados por Al-Hello y Al-Galbi (2012) en ovinos. La cantidad de PC menor en los suplementos con pulido de arroz se puede atribuir al menor aporte de proteína de ese ingrediente, en comparación con la pollinaza que, sin embargo, fue menor al 31 % reportado por Morales *et al.* (2002); Ramos *et al.* (2013) reportaron para pollinaza 28 % de PC. Esta variabilidad puede estar relacionada con el tipo de cama, deyecciones, plumas, descamaciones, alimento derramado y fermentaciones microbianas (Ortiz *et al.*, 2006).

Índice de consumo de materia seca

Se encontraron diferencias entre tratamientos para el ICMS ($P < 0.01$). Se observó que añadiendo al pasto Cuba CT-115 suplementos a base de pollinaza se aumentó

el consumo total de la dieta a 2.55, comparado con el testigo que fue 2.0 % del PV. El incremento en el ICMST está relacionado a un efecto aditivo de los suplementos. Los valores del ICMSP están dentro del rango de 2.0 a 2.5 % del PV reportado en la literatura para alimentos fibrosos (Chacón, 2012). Al respecto, se ha indicado que el uso de fuentes de nitrógeno o carbohidratos solubles en la alimentación de rumiantes aumenta la población y actividad de los microorganismos del rumen y la eficiencia en la digestión de la dieta (Wallace, 1994) y por lo tanto el consumo de MS.

Degradación *in situ* de la materia seca del pasto

No se encontró efecto de los suplementos en DIMSP ($P > 0.5$). Sin embargo, a las 24 h de incubación se observaron diferencias entre tiempos de incubación ($P < 0.01$), donde a las 24 h los suplementos a base de pollinaza presentaron valores mayores de degradación en comparación con el pasto (46.0 vs 41.8 %). La degradación ruminal de la MS en todos los tratamientos se incrementó conforme se aumentó el tiempo de incubación de las 0 a 48 h, con valores promedio de 26.5 a 56.5 %, respectivamente (Cuadro 3). Resultados similares fueron reportados por Valenciaga *et al.* (2001), con un valor de 50.7 % a 65 d de rebrote y fertilizado con 50 kg de N ha⁻¹. Aranda-Ibáñez *et al.* (2016), al evaluar el efecto de la pollinaza en la degradación *in situ* de la caña de azúcar, reportaron una degradación del 56.8 % a 48 h. El efecto positivo de los suplementos a base de pollinaza en la degradación de MS del pasto a 24 h de incubación pudo deberse al aporte suficiente de N-NH₃, disponibilidad de carbohidratos fácilmente fermentables y a un pH de 6.2 (Aranda-Ibáñez *et al.*, 2016), con lo que se favoreció una mayor actividad de los microorganismos ruminales (Bach *et al.*, 2005).

Degradación efectiva ruminal de nutrientes

La DERMS del pasto fue similar en todos los tratamientos ($P > 0.05$). Se observó efecto de los suplementos ($P < 0.01$) en DERMO, DERPC, DERFDN y DERFDA. La DERMO en los tratamientos donde se adicionó pollinaza fue mayor en 7.7 % en comparación con el pasto (37.5 %). La DERPC fue menor en 6.8 % en todos los tratamientos donde se incluyó pollinaza en comparación con el pasto (56.6 %). Los valores mayores de la DERFDN se obtuvieron en los tratamientos donde se adicionó pollinaza, con un promedio de 35.2 %, 19.7 % mayor al obtenido con el pasto. La DERFDA fue mayor en el tratamiento donde se adicionó pollinaza fermentada, con un promedio de 28.5 %, mayor en 33.2 % al obtenido con el pasto (Cuadro 4). Resultados diferentes fueron reportados por Valenciaga *et al.* (2001), quienes para este mismo cultivar a 65 d de rebrote reportaron una degradación de MS del 50 %,

Cuadro 2. Composición química (g kg⁻¹ de MS) del pasto Cuba CT-115 y suplementos.

Nutriente [†]	Pasto Cuba CT-115	Pollinaza sin fermentar	Pollinaza fermentada	Pollinaza + pulido de arroz fermentados	Pollinaza + pulido de arroz sin fermentar
MS	210.8 c	820.5 a	697.8 b	721.7 b	838.7 a
MO	877.1 a	832.3 bc	829.2 c	838.2 bc	845.5 b
PC	82.0 d	235.8 ab	239.2 a	214.5 bc	208.0 c
FDN	757.0 a	345.1 b	266.6 c	258.8 c	284.2 c
FDA	433.7 a	76.2 bc	71.0 c	96.9 b	74.1 c

Medias con la misma letra en cada columna no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P < 0.05$).[†]MS: materia seca, MO: materia orgánica, PC: proteína cruda, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido.

Cuadro 3. Efecto de suplementos a base de pollinaza en la degradación *in situ* (%) de la materia seca del pasto Cuba CT-115, a diferente tiempo de incubación ruminal.

Tiempo de incubación (Horas)	Pasto Cuba CT-115	Pasto + pollinaza sin fermentar	Pasto + Pollinaza fermentada	Pasto + Pollinaza + pulido de arroz fermentados	Pasto + pollinaza + pulido de arroz sin fermentar
0	25.3 a	27.3 a	25.4 a	26.0 a	28.6 a
3	28.9 a	28.3 a	28.2 a	27.7 a	28.9 a
6	30.3 a	30.9 a	31.1 a	30.1 a	31.7 a
9	32.6 a	33.4 a	33.3 a	33.8 a	32.4 a
12	33.6 a	37.1 a	35.9 a	35.7 a	34.8 a
15	35.8 a	38.8 a	37.8 a	36.9 a	36.8 a
18	37.6 a	40.7 a	40.1 a	38.3 a	40.7 a
24	41.8 b	46.6 a	46.2 a	45.8 a	45.6 a
36	49.9 a	53.4 a	53.1 a	51.8 a	53.2 a
48	56.1 a	56.6 a	57.4 a	54.5 a	58.0 a

Medias con la misma letra en cada columna no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P < 0.05$).

y por Valenciaga *et al.* (2002), quienes reportaron una degradación efectiva ruminal del nitrógeno total del 64.8 %. Delgado *et al.* (2005), en toros alimentados con pasto Cuba CT-115 + suplemento de harina de soya, encontraron degradaciones ruminales de 59.3, 58.9 y 50.0 % para la MS, fracción nitrogenada y FDN, respectivamente; mientras que Barrera-Álvarez *et al.* (2015) reportaron valores de 65.7 y 66.8 % para MS y MO, respectivamente, a 60 d de rebrote del pasto Cuba CT-115. La menor DERPC en los tratamientos donde se adicionaron los suplementos con base en pollinaza pudo deberse a que las bacterias del rumen utilizaron el N-NH₄ de los suplementos, ya que los valores del N-NH₄ fueron superiores al valor crítico durante las primeras 24 h, lo que indica que la proteína del pasto no degradada pasó al tracto digestivo posterior, con lo que incrementaría la proteína metabolizable y aumentaría la

producción animal (González, 2006). La mayor DERFDN y DERFDA por efecto de adición de pollinaza pudieron estar relacionadas con el aporte de N-NH₄, carbohidratos fácilmente fermentables, energía, péptidos y aminoácidos proporcionados, con lo que se favoreció el crecimiento y actividad de los microorganismos celulolíticos (Bach *et al.*, 2005), mientras que en las dietas donde se adicionó el 20 % de pulido de arroz hubo menor N disponible y, en consecuencia, la degradación de la FDN y FDA fue menor.

pH ruminal

No se encontró diferencia entre tratamientos para el pH ruminal ($P > 0.05$). Sin embargo, el efecto fue significativo para el tiempo de incubación de los tratamientos ($P < 0.01$). Se observó que a 0 y 3 h el pH fue similar en todos

los tratamientos ($P > 0.05$), con promedios de 6.93 y 6.83, respectivamente. De las 6 a 15, el pH fue menor en todos los tratamientos donde se adicionó pollinaza, en comparación con el pasto. Posteriormente, al transcurrir el tiempo, los valores de pH se incrementaron en todos los tratamientos sin diferencia entre ellos ($P > 0.05$), con promedios de 6.47, 6.72 y 6.93 a 18, 21 y 24 h, respectivamente. Resultados similares fueron reportados por Galina *et al.* (2009), quienes al evaluar la adición de un prebiótico láctico enriquecido con nitrógeno no proteico en el ensilado de maíz, en la alimentación de toretes cebú, encontraron un pH de 6.4. Marrero *et al.* (2013), al caracterizar indicadores ruminales en ganado Charoláis alimentados con pasto Cuba CT-115, reportaron un pH ruminal de 7.75, el cual es superior al valor promedio obtenido en este estudio, que fue de 6.6. Al respecto, se ha señalado que el pH ruminal para maximizar la eficiencia fermentativa de los pastos es de 6.2 a 7.0 (Cobos-Peralta *et al.*, 2005), aunque Calsamiglia *et al.* (2008) indican que el pH óptimo para las bacterias celulolíticas es de 6.6 a 6.8 y que valores menores a 6 disminuyen la celulólisis ruminal. Por lo tanto, el pH del presente estudio indica que los suplementos a base de pollinaza favorecieron la celulólisis ruminal.

N-NH₃ ruminal

Se encontró diferencia entre tratamientos en la concentración de N-NH₃ ruminal ($P < 0.01$). Se observó que la concentración de N-NH₃ fue mayor en los tratamientos donde se adicionó pollinaza en comparación con el pasto (13.18 vs 9.26 mg dL⁻¹). La concentración de N-NH₃ ruminal fue diferente entre tiempos de incubación ($P < 0.01$). A 0 h, en los tratamientos donde se adicionó pollinaza, se obtuvieron los valores mayores (15.9 y 13.1 mg

dL⁻¹, respectivamente). A 3 h de incubación se incrementó la concentración de N-NH₃, donde los valores mayores ocurrieron en los tratamientos T4 y T5, con promedios de 29.8 y 29.1 mg dL⁻¹, respectivamente. A 6 h, el valor mayor (20.2 mg dL⁻¹) se presentó en el tratamiento T4, valor que fue similar ($P > 0.05$) a los obtenidos en T3 y T5, con 19.3 y 18.7 mg dL⁻¹, respectivamente. Posteriormente, de 9 a 18 h de incubación, la concentración de N-NH₃ fue menor sin haber diferencias entre tratamientos, con un valor promedio de 9.4 mg dL⁻¹. Sin embargo, a 21 y 24 h la concentración de N-NH₃ aumentó en todos los tratamientos donde se adicionó pollinaza, con promedios de 11.6 y 12.7 mg dL⁻¹, respectivamente. Resultados similares fueron reportados por Franco *et al.* (2004), quienes en bovinos alimentados con pasto *Brachiaria brizantha* cv. Marandú y suplementos proteínicos de alta degradación ruminal obtuvieron 27.9 mg dL⁻¹ de N-NH₃ ruminal. Asimismo, Roa y Muñoz (2012) reportaron 22.8 mg dL⁻¹ de N-NH₃ en rumen para bovinos suplementados con hojas de árboles forrajeros; Ojeda *et al.* (2012) obtuvieron de 40 a 50 mg dL⁻¹ de N-NH₃ en bovinos suplementados con nitrógeno no proteico de liberación controlada. En el presente estudio, el valor máximo de N-NH₃ ruminal, ocurrido a 3 h pos-alimentación, pudo deberse a que la producción de amoníaco ocurrió a mayor velocidad, en comparación con su utilización, mientras que la disminución de la concentración de N-NH₃ después de las 6 h pudo ser a que dicho compuesto es utilizado por los microorganismos del rumen para la formación de aminoácidos (Henderickx, 1976) y a la posible absorción ruminal para su conversión en urea en el tejido hepático (Zanton y Heinrichs, 2008).

El valor promedio de N-NH₃ ruminal (9.26 mg dL⁻¹) obtenido en el pasto Cuba CT-115 fue similar a la

Cuadro 4. Efecto de suplementos a base de pollinaza en la degradación efectiva ruminal (%) de nutrientes del pasto Cuba CT-115.

Nutriente ⁺	Pasto Cuba CT-115	Pasto + pollinaza sin fermentar	Pasto + pollinaza fermentada	Pasto + pollinaza + pulido de arroz fermentados	Pasto + pollinaza + pulido de arroz sin fermentar
MS	39.6 a	42.3 a	42.0 a	41.1 a	41.9 a
MO	37.5 b	41.0 a	40.4 a	39.7 a	40.4 a
PC	56.6 a	52.4 b	53.0 b	51.8 b	53.4 b
FDN	29.4 d	35.8 a	34.5 ab	32.1 c	33.7 bc
FDA	21.4 c	24.6 b	28.5 a	21.8 c	18.6 d

Medias con la misma letra en cada columna no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P < 0.05$). ⁺MS: materia seca, MO: materia orgánica, PC: proteína cruda, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido.

concentración reportada para este mismo cultivar por Marrero *et al.* (2013), quienes encontraron un valor de 10.85 mg dL⁻¹. Sin embargo, para el pasto *B. brizantha* cv. Marandú se reportó una concentración de 12.25 mg dL⁻¹ de N-NH₃ ruminal (Franco *et al.*, 2004). Ramos-Juárez *et al.* (2018), en caña de azúcar, obtuvieron una concentración menor a 8 mg dL⁻¹ de N-NH₃ ruminal. Lo anterior indica que la concentración de N-NH₃ ruminal para los alimentos es variable. Al respecto, se ha indicado que la concentración de N-NH₃ en rumen varía según la dieta, tipo de suplemento, tiempo transcurrido desde su ingesta, capacidad de síntesis de proteína microbiana y tasa de fermentación; sin embargo, la concentración óptima de N-NH₃ para maximizar la síntesis de proteína microbiana en el rumen es de 10 mg dL⁻¹, siempre y cuando haya suficiente energía para la actividad microbiana (Van Soest, 1994).

CONCLUSIONES

Los suplementos a base de pollinaza, fermentada y sin fermentar, adicionados a la dieta a base de pasto Cuba CT-115, tienen el potencial de incrementar el consumo total de materia seca de la dieta y mejorar la degradación efectiva ruminal de la MS, MO, FDN y FDA. Sin embargo, la degradación efectiva ruminal de la PC disminuye con la inclusión de la pollinaza en la dieta. El uso de la pollinaza, fermentada o sin fermentar, en dietas de bovinos demostró ser una alternativa para mejorar la eficiencia de utilización del pasto Cuba CT-115.

AGRADECIMIENTO

Al CONAcYT y al Programa de Maestría en Producción Agroalimentaria en el Trópico del Colegio de Postgraduados, por facilitar los equipos y los recursos para el desarrollo de la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Al M. F. y H. A. J. Al (2012) Rumen metabolism of sheep fed diet containing poultry excreta. *Pakistan Journal of Nutrition*, 11:1029-1032, <https://doi.org/10.3923/pjn.2012.1029.1032>
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists (2016) Official Methods of Analysis. 20th edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., U.S.A. 3172 p.
- Aranda I. E. M., J. A. Ramos, S. Salgado y F. T. Arias (2016) Producción y evaluación de alimentos elaborados con caña de azúcar (*Saccharum spp.*) y pollinaza fermentada en estado sólido. *Agroproductividad* 9:46-50.
- Araya M. M. y C. Boschini (2005) Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 16:37-43, <https://doi.org/10.15517/am.v16i1.5180>
- Bach A., S. Calsamiglia y M. D. Stern (2005) Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science* (E. Suppl.) 88:E9-E21, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73133-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73133-7)
- Barrera A. E., J. A. Avellaneda y E. O. Tapia (2015) Composición química y degradación de cuatro especies de *Pennisetum sp.* *Revista Ciencia y Tecnología* (Ecuador) 8:13-27.
- Calsamiglia S., P. W. Cardozo, A. Ferret and A. Bach (2008) Changes in rumen microbial fermentation are due to a combined effect of type of diet and pH. *Journal Animal Science* 86:702-711, <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0146>
- Chacón E. A. (2012) Consumo, selección de dietas y componentes del consumo del rumiante a pastoreo. *Mundo Pecuario* 3:107-120.
- Chacón P. y C. Vargas (2009) Digestibilidad y calidad de *Pennisetum purpureum* cv. King grass a tres edades de rebrote. *Agronomía Mesoamericana* 20:399-408.
- Clavero T. y R. Razz (2009) Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*) en condiciones de defoliación. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)* 26:78-87.
- Citalan C. L. H., J. J. A. Ramos, H. R. Salinas, G. A. Bucio, A. M. M. Osorio, H. J. G. Herrera y Z. M. A. Orantes (2016) Análisis sensorial de leche de vacas suplementadas con un alimento fermentado a base de pollinaza. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 3:181-191.
- Cobos M. A., M. E. Guerra, S. J. López, J. L. Báez, S. S. González y G. D. Mendoza (2005) Evaluación *in vitro* de dos amortiguadores y un ionóforo sobre variables fermentativas y microbiológicas. *Agrociencia* 2005:39:1-9.
- Delgado D. C., Y. Rosabal y J. Cairo (2005) Degradabilidad ruminal *in situ* de *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115 en Búfalos de río y Cebú comerciales. *Revista Cubana Ciencia Agrícola* 39:187-192.
- Elías A., O. Lezcano y F. R. Herrera (2001) Algunos indicadores bromatológicos y productos finales de la fermentación para la obtención de cuatro tipos de Saccharinas inoculados con Vitafer. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 35:153-158.
- Franco A. V. M., G. L. Franco y P. Andrade (2004) Parâmetros ruminais e desaparecimento da MS, OB e FDN da forragem em bovinos suplementados em pastagem na estação seca. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33:1316-1324, <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000500025>
- Galina M. A., M. A. Ortiz, F. Mondragón, M. Delgado y A. Elías (2009) Rendimiento de terneros alimentados con silo de maíz o láctico con un promotor de la fermentación ruminal. *Archivos de Zootecnia* 58:383-393, <https://doi.org/10.4321/S0004-05922009000300007>
- García E. (1988) Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana). 4^a Edición. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F. 91 p.
- González R. (2006) Degradación ruminal de granos de gandul (*Cajanus cajan*) y mucuna (*Stizolobium niveum*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 40:321-323.
- Henderickx H. K. (1976) Aspectos cuantitativos del uso de N no proteico en la alimentación de los rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 10:1-18.
- Jiménez D., J. L. Sobalvarro y J. A. Elizondo (2020) Enriquecimiento proteico de dos especies forrajeras y cáscara de piña por medio de fermentación en estado sólido. *Agronomía Costarricense* 44:175-187, <https://doi.org/10.15517/rac.v44i2.43111>
- Kristensen E. S., P. D. Moller y T. Hvelplund (1982) Estimation of the effective protein degradability in the rumen of cows using the nylon bag technique combined with the out flow rate. *Acta Agriculturae Scandinavica* 32:123-127, <https://doi.org/10.1080/00015128209435738>
- Ku Vera J. C., A. Ruiz, R. Mayo, A. J. Ayala, C. F. Aguilar y F. J. Solorio (2014) Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: Opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 48:43-53.
- Marrero Y., A. Díaz, N. González, O. Moreira, A. I. Aldama y J. Galindo (2013) Caracterización de indicadores ruminales de ganado Charolais de Cuba alimentados con forraje de *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 47:380-383.
- Masaka L., V. Mhaka, M. Sungirai y C. Nyamukanza (2015) Growth performance of Brangus steers fed graded levels of sun-dried broiler litter as a substitute for cottonseed cake. *Tropical Animal Health and Production* 47:1055-1059, <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0827-2>
- McCullough H. (1967) The determination of ammonia in whole blood by

- a direct colorimetric method. *Clinica Chimica Acta* 17:297-304.
- Morales H. T., E. O. Gutiérrez y H. B. Barragán (2002) El uso de cama de pollo de buena calidad mejora la productividad de bovinos en crecimiento en engorda intensiva. *Técnica Pecuaria México* 40:1-15.
- Ojeda A., M. Reyes y W. Rodríguez (2012) Efecto de la liberación controlada de nitrógeno sobre la fermentación y la degradabilidad *in situ* de *Cynodon dactylon*. *Revista MVZ Córdoba* 17:3133-3139.
- Ordaz R., E. Sosa, S. I. Mendoza, R. D. Amendola, S. Reyes, E. Ortega, S. Joaquín y A. Hernández (2018) Composición química del pasto King grass (*Pennisetum purpureum* Schumacher) a diferente intervalo de corte. *Agroproductividad* 11:134-139.
- Ørskov E. R., F. D. Deb-Hovell y F. Mould (1980) The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production* 5:195-213.
- Ortiz A., A. Elías, M. Valdivié y R. González (2006) Camas avícolas, una forma de incrementar el valor nutritivo de materiales muy fibrosos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 40: 59-64.
- Ramos B., A. Bucio, C. Bautista, E. Aranda y F. Izquierdo (2009) Aislamiento, identificación y caracterización de bacterias ácido lácticas para la elaboración de queso crema tropical. *Universidad y Ciencia* 25:159-171.
- Ramos J. A., A. R. López, A. Elías, C. C. Bautista, E. M. Aranda y D. C. Martínez (2013) Fermentación en estado sólido de la mezcla de pollinaza, melaza y Vitafer. Memoria de la XXIII reunión de la ALPA, La Habana, Cuba. pp. 1-5.
- Ramos J. A., L. M. Vargas, F. Izquierdo, C. R. Fernández, G. D. Mendoza, E. M. Aranda y A. Elías (2018) Efecto del nivel de urea del sacchapulido sobre la degradación del forraje elefante (*Pennisetum purpureum*). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 5:563-571, doi:10.19136/era.a5n15.1560
- Roa V. M. y J. Muñoz M. (2012) Evaluación de la degradabilidad *in situ* en bovinos suplementados con cuatro especies arbóreas. *Revista MVZ Córdoba* 17:2900-2907, <https://doi.org/10.21897/rmvz.259>
- SAS Institute (2013) Base SAS® 9.4 Procedures Guide: Statistical Procedures. Second edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 550 p.
- Valenciaga D., B. Chongo y O. La O. (2001) Caracterización del clon *Pennisetum* CUBA CT-115. Composición química y degradabilidad ruminal de la materia seca. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 35:349-354.
- Valenciaga D., B. Chongo e I. Scull (2002) Caracterización del clon *Pennisetum* CUBA CT-115. Fraccionamiento proteico y degradabilidad ruminal del nitrógeno. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 36:259-264.
- Valles M. B., G. E. Castillo y B. H. Bernal (2016) Rendimiento y degradabilidad ruminal de materia seca y energía de diez pastos tropicales a cuatro edades. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 7:141-158, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265646503001>
- Van Soest P., J. Robertson y B. Lewis (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3591.
- Van Soest P. J. (1994) Nutritional Ecology of the ruminant. Cornell University Press. Ithaca, New York. 261 p.
- Wallace R. J. (1994) Ruminal microbiology, biotechnology, and ruminant nutrition: progress and problems. *Journal of Animal Science* 72:2992-3003, <https://doi.org/10.2527/1919.72112992x>
- Zanton G. A. y A. J. Heinrichs (2008) Analysis of nitrogen utilization and excretion in growing dairy cattle. *Journal Dairy Science* 91:1519-1533, <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0624>
- Zhang Y. P., W. Mao y X. W. Li (2013) Utilization survey of livestock manure resources in large-scale farms of Yangzhou. *Animal Husbandry and Feed Science* 5:37-49.