



Abanico Veterinario. Enero-Diciembre 2023; 13:1-19. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2023.17>
Artículo Original. Recibido: 15/07/2022. Aceptado:09/07/2023. Publicado: 07/11/2023. Clave: e2022-51.
<https://www.youtube.com/watch?v=liFE9CBmF48>

Contenido mineral y de nutrientes de ensilados de rastrojo de maíz con excretas pecuarias y subproductos ricos en carbohidratos



Mineral and nutrient content of corn stover silage with livestock excreta and by-products rich in carbohydrates

Domínguez-Vara Ignacio^{1ID}, Bórquez-Gastelum José^{*1ID}, Lugo-de-la-Fuente Jorge^{2ID}, Trujillo-Gutiérrez Daniel^{1ID}**

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Toluca, México. ²Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias, Toluca, México. *Autor responsable: Domínguez-Vara Ignacio. **Autor de correspondencia: Trujillo-Gutiérrez Daniel, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, México. E-mail: igy92@hotmail.com, jlborquez@yahoo.com.mx, jorgelug@gmail.com, danielgtg_dan@yahoo.es

RESUMEN

Esta investigación se realizó para determinar el contenido mineral del ensilado de rastrojo maíz con tres fuentes de nitrógeno no proteico y dos fuentes de carbohidratos. Las fuentes de nitrógeno (NS) fueron urea agrícola (UA), pollinaza deshidratada (PO) y cerdaza fresca (CF); y las fuentes de carbohidratos (CS) fueron melaza de caña y subproductos de panadería. Después de 30 d de fermentación, los microensilados se abrieron y se midió la concentración de Ca, P, Na, K, Mg, Co, Cu, Mn, Fe, y Zn. Los resultados fueron sujetos a análisis con un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2 y modelo de efectos mixtos. Hubo interacciones ($P < 0.01$) NSxCS sobre el contenido mineral de todos los ensilados. El ensilado PO+MC fue mayor ($P < 0.01$) en Ca, P, Na, Mg y K. Los ensilados con CF tuvieron mayor ($P < 0.01$) contenido de Cu, y los tratamientos a base de PO tuvieron mayor ($P < 0.01$) contenido de Mn. En general, los mayores contenidos de minerales se observaron en ensilados a base de PO y CF. Se concluye que el ensilado de rastrojo de maíz enriquecidos con PO con MC puede proveer macro y microminerales en la alimentación de rumiantes.

Palabras clave: minerales, ensilado, pollinaza deshidratada, cerdaza fresca, melaza de caña.

ABSTRACT

This research was carried out to determine the effect of corn stover silage with three non-protein nitrogen sources plus two carbohydrate sources on its mineral content. Nitrogen sources (NS) were agricultural urea (AU), dehydrated poultry litter (PL) and swine manure fresh (SM); and those of carbohydrates (CS) sugar cane molasses (SCM) and bakery by-products (BBP). After 30 d of fermentation, the microsilages were opened and the concentration of Ca, P, Na, K, Mg, Co, Cu, Mn, Fe, and Zn were measured. The results were subjected to analysis with a completely randomized design with a 3x2 factorial arrangement of treatments and under a mixed effects model. There were ($P < 0.01$) NSxCS interactions on the mineral content of all silages. The PL+SCM silage was higher ($P < 0.01$) in Ca, P, Na, Mg and K. The SM silage had higher ($P < 0.01$) Cu content, and the PO-based treatments had higher ($P < 0.01$) Mn content. In general, the



highest mineral content was observed in silages based on PL and SM. It is concluded that corn stover silage enriched with PL with SCM can provide macro and micro minerals in ruminant feed.

Keywords: minerals, silage, poultry litter, swine manure, sugar cane molasses.

INTRODUCCIÓN

En áreas tropicales de México y Centro América, la economía doméstica de los granjeros pobres se basa en el cultivo del maíz y cría de rumiantes. El grano de maíz es usado como alimento humano, y los animales son alimentados con rastrojo de maíz principalmente. Los nutrientes del rastrojo son marginales para rumiantes en mantenimiento (NRC, 2007; NASEM, 2016), además, la proteína cruda y minerales como P, Mg, Co, Cu y Zn son bajos (Zinn *et al.*, 1996). Está documentado que la cerdaza fresca y la pollinaza pueden ser incluidos como fuentes de nitrógeno para rumiantes (Jayathilakan *et al.*, 2012; Bórquez *et al.*, 2018), pero al mismo tiempo, pueden ser fuentes de minerales debido a su alto contenido de ceniza. Las excretas pecuarias contaminan el ambiente con patógenos y malos olores (Pell, 1997; Schiffman, 1998); pero el proceso de fermentación anaerobia (ensilaje) elimina malos olores y disminuye considerablemente la carga de patógenos (López-Garrido *et al.*, 2014), y por consiguiente pueden ser usados para alimentación de rumiantes (Denton *et al.*, 2005; Seok *et al.*, 2016) en forma de ensilado (Bórquez *et al.* 2010). El proceso de ensilaje requiere de carbohidratos solubles para iniciar y mantener la fermentación (González-Muñoz *et al.*, 2022). La melaza de caña tiene alta concentración de carbohidratos (So *et al.*, 2020) y minerales (ppm): Mn (18), Zn (34), Cu (4.9), Bo (3), Co (0.6) y Fe (115) (NASEM, 2016; Senthilkumar *et al.*, 2016; Tendonkeng *et al.*, 2018). La melaza de caña (Trujillo *et al.*, 2014) y los subproductos de panadería pueden ser usados como fuente carbohidratos rápidamente fermentables en ensilados (França *et al.*, 2012; Mahmoud *et al.*, 2017; Salama *et al.*, 2019).

En México, las regulaciones sobre los residuos de origen pecuario se acotan al manejo de las descargas en cuerpos de agua y sobre bienes nacionales (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2012), así como a la sanidad e inocuidad agroalimentaria de productos agrícolas (Acevedo *et al.*, 2017). No obstante, no existen regulaciones sobre la utilización de excretas de especies pecuarias en la alimentación de rumiantes.

Por lo tanto, se postuló que los ensilados de rastrojo de maíz con excretas pecuarias combinadas con subproductos altos en carbohidratos solubles pueden ser una fuente de minerales para rumiantes. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar el contenido de Ca, P, Na, Mg, K, Co, Cu, Mn Fe y Zn en ensilados a base de rastrojo de maíz con pollinaza deshidratada, cerdaza fresca y urea agrícola mezclados con melaza de caña o subproducto de panadería.



MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del experimento

Esta investigación se realizó en la Unidad de Investigación y Docencia en Producción Animal, y en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México (FMVZ-UAEMex), ubicada en Toluca, México a 19°16'W y 2745 m de altitud.

Ingredientes y elaboración de microensilados

La cerdaza fresca (heces y orina; CF) se obtuvo de cerdos en engorda de la granja experimental de la FMVZ-UAEMex. Los insumos como la pollinaza deshidratada (PO), urea agrícola (UA), melaza de caña (MC), subproducto de panadería (SPP) y rastrojo de maíz se obtuvieron de vendedores comerciales. Se obtuvieron muestras de los insumos, se almacenaron en frascos de vidrio y se mantuvieron en condiciones de oscuridad hasta su análisis químico proximal. Las fuentes de nitrógeno (UA, PO y CF) y fuentes de carbohidratos (MC y SPP) se mezclaron para preparar seis microensilados (tratamientos; Cuadro 1) basados en rastrojo de maíz y agua: UA+MC (control), UA+SPP (control), PO+MC, PO+SPP, CF+MC y CF+SPP. Las proporciones de los ingredientes de los ensilados se basó en los tratamientos probados por Trujillo *et al* (2014). Los microsilos con diez repeticiones por tratamiento se elaboraron con tubos de PVC (10 cm diámetro y 20 cm largo). En cada tubo se colocó 2.5 kg de material mezclado con agua corriente ($\pm 60\%$) (Cobos *et al.*, 1997), y este se compactó para expulsar el oxígeno. Después los microsilos se sellaron con una película plástica para prevenir el deterioro por oxígeno. El período de fermentación duró 30 d a temperatura ambiente bajo sombra.

Cuadro 1. Composición y proporciones de inclusión de ingredientes (% MS) de los tratamientos previo al ensilaje

Ingredientes	Tratamientos*					
	UA		PO		CF	
	MC	SPP	MC	SPP	MC	SPP
Rastrojo de maíz	63	63	38	38	30	30
Urea agrícola	3	3	0	0	0	0
Pollinaza deshidratada	0	0	39	39	0	0
Cerdaza fresca	0	0	0	0	53	53
Melaza de caña de azúcar	34	0	23	0	17	0
Subproducto de panadería	0	34	0	23	0	17

*Todos los tratamientos fueron inoculados con Sil-All 4x4 (10 mg kg MS⁻¹) que contiene una mezcla de *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactii*, *Enterococcus faecium* y *Lactobacillus salivarius*. UA, urea agrícola; PO, pollinaza deshidratada; CF, cerdaza fresca. MC, melaza de caña de azúcar; SPP, subproducto de panadería.



Los niveles de ingredientes utilizados en los ensilados fueron sugeridos por Bórquez *et al.* (2010) y Mejía *et al.* (2013).

Composición química y determinación de minerales

Una vez completado el periodo de fermentación, los microsilos se abrieron y se tomaron 100 g por cada repetición para obtener una muestra compuesta de 1000 g por tratamiento. Las muestras por tratamiento se dividieron en dos submuestras de 500 g. La primera se colocó en un frasco Erlenmeyer de 1000 mL con 500 mL de agua destilada y se agregaron 4 gotas de timol, esta se selló con plástico y se guardó durante 24 h. Al día siguiente, se midió pH con potenciómetro portátil (Hanna H198130; Hanna Instruments Italy). La segunda se secó en estufa de aire forzado a 65°C por 72 h (AOAC, 1990) para determinar materia seca (MS) y se molió en Molino Wiley (Malla 1 mm; Model 4 Thomas Scientific Swedes, NJ). Se determinó proteína cruda (Kjeldjhal, N×6.25) y materia orgánica según la AOAC (1990). La fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y lignina detergente ácido de acuerdo con Van Soest *et al.* (1991) y método ANKOM. Para el análisis de minerales se usaron 2 g MS de cada tratamiento con seis repeticiones, las cuales se digirieron en 8 mL de ácido tricloroacético al 10 %, estas se centrifugaron y con el sobrenadante se determinó P en espectrofotómetro (Génesis 20) con luz ultravioleta visible (Harris & Popat, 1954). Los minerales Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn, y Co se determinaron con espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer 3110) (Fick *et al.*, 1976). El Na y K se analizaron por flamometría (Corning 410). El Cuadro 2 muestra el contenido mineral previo al ensilaje de los ingredientes usados en los microensilados.

Cuadro 2. Contenido mineral (% MS) de ingredientes usados para preparar los microensilados

Mineral	Ingredientes ¹				
	Rastrojo de maíz	Subproducto de panadería	Melaza de caña de azúcar	Pollinaza deshidratada	Cerdaza fresca
Calcio, %	0.30	0.15	0.65	2.15	2.61
Fósforo, %	0.07	0.19	0.07	0.28	0.18
Magnesio, %	0.10	0.10	0.36	2.15	2.61
Potasio, %	1.10	0.35	3.70	1.95	3.16
Sodio, %	0.06	0.72	0.18	0.21	1.38
Cobalto, mg/kg	Nd	Nd	Nd	3.32	2.90
Cobre, mg/kg	4.00	5.0	15.0	86.2	93.8
Manganeso, mg/kg	37.0	10.0	20.0	299.7	342.7
Hierro, mg/kg	180.0	20.0	180.0	2417.6	1449.9
Zinc, mg/kg	16.0	16.0	19.0	585.9	305.6

¹Los valores se determinaron en laboratorio utilizando seis repeticiones por ingrediente. Nd, no detectado.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con un arreglo factorial de tratamientos 3×2 con seis repeticiones por tratamiento. El análisis estadístico se realizó con PROC MIXED



(SAS Institute Inc., 2004) y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). La muestra compuesta de cada tratamiento se consideró sujeto aleatorio y los tratamientos como efectos fijos con método de estimación TYPE3. Las figuras se realizaron con R-project versión 4.1.0 (R Core Team, 2022). El modelo matemático fue: $y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + a^*b_{(ij)} + e_{ijk}$, donde: y_{ijk} = variable de respuesta, μ = media general, a_i = efecto de la fuente de nitrógeno (UA, PO, CF), b_j = efecto de la fuente de carbohidratos (MC, SPP), $a^*b_{(ij)}$ = efecto de la interacción de nitrógenoxcarbohidratos, e_{ijk} = error experimental, $e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$. Para determinar el efecto de los factores principales fuente de nitrógeno, fuente de carbohidratos e interacción, se utilizó la opción SOLUTION de MODEL (SAS Institute Inc., 2004).

RESULTADOS

Macrominerales

La composición química de los ensilados (Cuadro 3), y el efecto de NS y CS sobre la concentración de minerales se presentan en el Cuadro 4. La Figura 1 muestra la interacción NSxCS de los tratamientos para los macrominerales. Las soluciones de los estimados de los parámetros del modelo muestran que la suma de los efectos principales e interacciones resultan en el efecto total de las variables independientes sobre la variable dependiente. De esta forma, la interacción es explicada como, una parte de los efectos de la fuente de nitrógeno dependen del efecto de la fuente de carbohidratos y viceversa.

Cuadro 3. Composición química (% MS) de ensilados a base de rastrojo de maíz después de 30 d de fermentación

Ingredientes	Tratamientos					
	UA		PO		CF	
	MC	SPP	MC	SPP	MC	SPP
Materia seca, %	42.20	33.80	43.10	41.60	36.9	34.20
Proteína cruda, %	12.62	14.30	12.42	13.57	13.71	14.56
EM, Mcal/kg	2.05	2.29	2.16	2.30	2.16	2.27
Fibra detergente neutro, %	38.30	44.40	42.50	38.50	35.10	37.00
Fibra detergente ácido, %	23.70	25.00	29.00	21.40	20.10	19.80
Lignina detergente ácido, %	4.80	5.20	6.10	6.00	4.40	4.40
Cenizas	7.30	9.10	11.00	11.10	9.60	7.70
pH	4.20	4.20	4.00	4.10	4.10	4.20

UA, urea agrícola; PO, pollinaza deshidratada; CF, cerdaza fresca. MC, melaza de caña de azúcar; SPP, subproducto de panadería. EM, energía metabolizable, calculado de valores publicados de los ingredientes (NRC, 2007; NASEM, 2016).

El mayor ($P < 0.01$) contenido de Ca fue observado en los tratamientos a base de PO. Se observó un efecto positivo de POxMC y CFxMC, las cuales generaron un efecto adicional de 0.23% y 0.32% en Ca ($P < 0.01$), respectivamente (Figura 1).



Cuadro 4. Resultados del efecto de las fuentes de nitrógeno y carbohidratos sobre la concentración mineral de microensilados de rastrojo de maíz

Mineral	Tratamientos						EEM	Efectos principales		
	UA		UA		CF			NS	CS	NS x CS
	MC	SPP	MC	SPP	MC	SPP				
Macrominerales, % MS										
Ca	0.154 ^e	0.378 ^d	1.151 ^a	1.143 ^a	0.779 ^b	0.682 ^c	0.009	< 0.01	< 0.01	< 0.01
P	0.004 ^d	0.027 ^c	0.105 ^a	0.075 ^b	0.112 ^a	0.116 ^a	0.004	< 0.01	0.71	< 0.01
Na	0.561 ^b	0.452 ^c	0.928 ^a	0.574 ^b	0.362 ^d	0.062 ^e	0.018	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Mg	0.168 ^d	0.330 ^c	0.499 ^a	0.411 ^b	0.477 ^a	0.405 ^b	0.005	< 0.01	0.91	< 0.01
K	0.859 ^d	2.746 ^a	2.839 ^a	1.770 ^c	2.267 ^b	0.980 ^d	0.079	< 0.01	0.02	< 0.01
Microminerales, mg/kg MS										
Co	1.426 ^c	0.391 ^d	3.171 ^a	2.242 ^b	2.216 ^b	1.916 ^b	0.083	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Cu	0.77 ^e	6.15 ^d	18.23 ^b	14.07 ^c	25.60 ^a	25.69 ^a	0.805	< 0.01	0.69	< 0.01
Mn	128.00 ^d	103.30 ^e	214.95 ^a	219.48 ^a	178.37 ^b	160.71 ^c	2.65	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Fe	517.60 ^d	660.33 ^c	740.65 ^c	1102.97 ^a	898.21 ^b	994.19 ^{ab}	27.33	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Zn	20.24 ^e	79.91 ^d	116.11 ^c	120.30 ^c	169.86 ^b	198.07 ^a	5.61	< 0.01	< 0.01	< 0.01

UA, urea agrícola; PO, pollinaza deshidratada; CF, cerdaza fresca. MC, melaza de caña de azúcar; SPP, subproducto de panadería. EEM, error estándar de la media. NS, efecto de la fuente de nitrógeno; CS, efecto de la fuente de carbohidratos. ^{a-e}Medias con distinta literal en el mismo renglón son diferentes (P<0.01).

En relación al fósforo (P), su contenido fue afectado (P<0.01) por la fuente de nitrógeno. Se observó un aumento de 0.04% de P cuando se usó PO en vez de UA; de la misma forma, cuando se usó CF en vez de UA se produjo 0.08% Ca. La interacción CF×MC produjo mayor contenido de P (> 0.01%), y este efecto fue mayor en PO×MC (≥ 0.05% P) vs PO×SPP. En la Figura 1 se observa que los tratamientos con UA fueron menores en P, y este efecto fue más evidente en el ensilado a base de MC. Además, hubo un incremento lineal de P con el uso de excretas en los ensilados. Respecto, a la concentración de sodio (Na), esta fue mayor (P<0.01) en PO×MC que el resto (Cuadro 4). Además, se observó efecto de interacción (P<0.01) de NS×CS. El efecto de interacción sobre la concentración de Na de PO×MC y CF×MC adicionalmente produjo 0.24% y 0.19% respectivamente (P<0.01). El gráfico de interacción (Figura 1) muestra que la combinación de MC o SPP con pollinaza deshidratada aumentó el contenido de Na de los ensilados, pero cuando se combinaron con cerdaza fresca hubo un efecto negativo.

La mayor (P<0.01) acumulación de magnesio (Mg) fue en ensilados a base de MC con excretas. Se observó efecto de la fuente de N sobre este mineral. Este efecto fue evidente al comparar UA vs PO, lo cual mostró mayor contenido de Mg (0.08%) en este último. Pero cuando se utilizó CF en vez de UA, hubo un incremento de Mg de 0.07%. El efecto de NS×CS mostró un efecto aditivo (P<0.01) en PO×MC (+0.25% Mg) vs PO×SPP y



CFxMC (+0.23% Mg) vs CFxSPP, respectivamente; esto causó mayor acumulación de Mg (Figura 1).

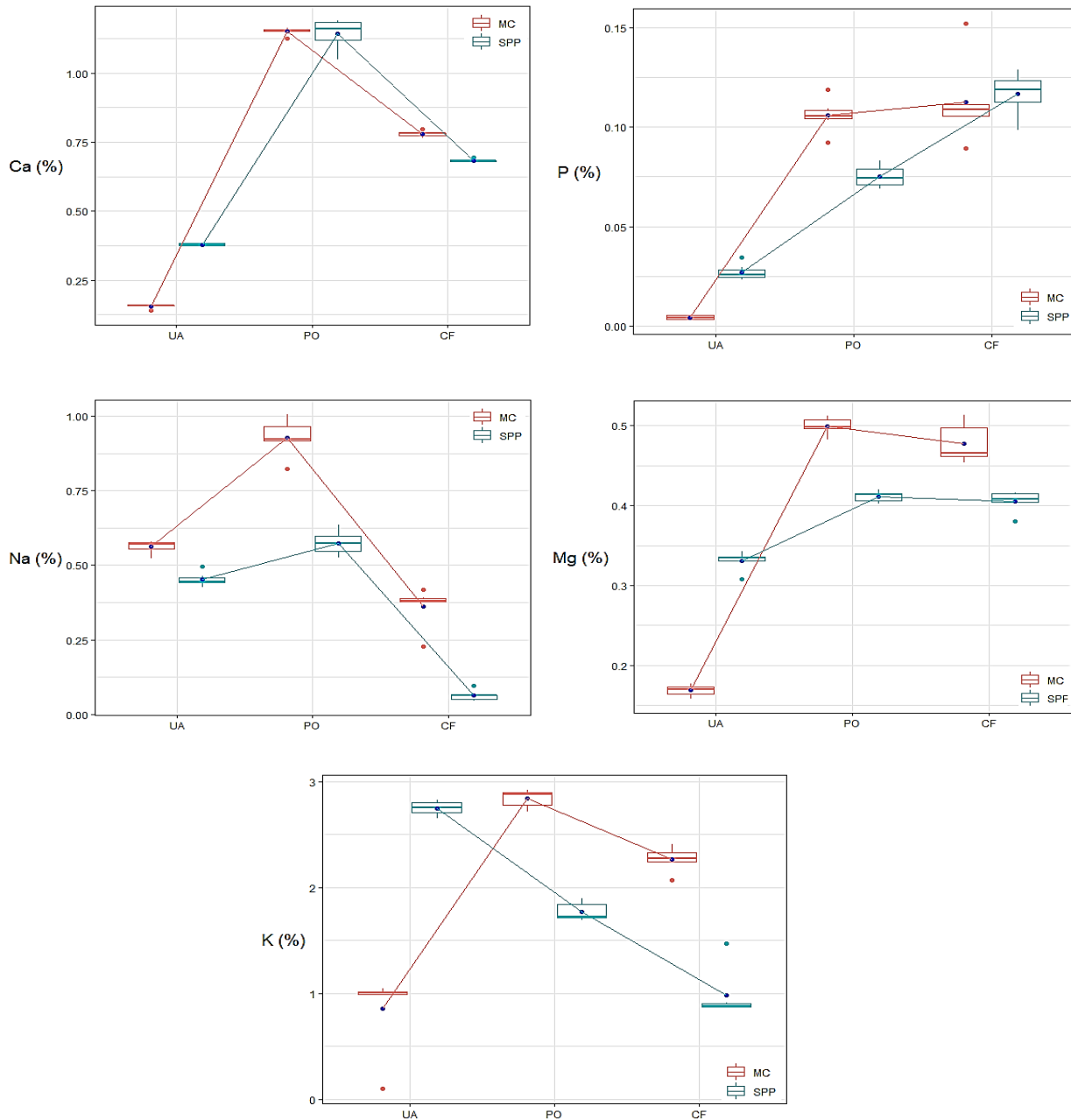


Figura 1. Efecto de interacción de las fuentes de nitrógeno y carbohidratos sobre el contenido de macrominerales. Fuentes de nitrógeno: UA, urea agrícola; PO, pollinaza deshidratada; CF, cerdaza fresca. Fuentes de carbohidratos: MC, melaza de caña de azúcar; SPP, subproducto de panadería.



Microminerales

La concentración (mg/kg MS) de todos los microminerales resultó del efecto de la interacción NSxCS (Cuadro 4 y Figura 2). La concentración de cobalto (Co) fue mayor ($P<0.01$) en el ensilado POxMC. El efecto de la fuente de nitrógeno mostró que usando PO en lugar de urea agrícola se producen más de 1.85 mg/kg de Co en los ensilados. En forma similar, usando CF en lugar de UA aumentó el contenido de Co en 1.52 mg/kg. Además, el uso de MC en vez de SSP aumentó la concentración de Co en los ensilados en 1.03 mg/kg. El contenido de cobre (Cu) fue mayor ($P<0.01$) en ensilados con CF. Se observó que en los tratamientos control (UA), la adición de MC al ensilado tuvo efecto negativo (-5.38 mg/kg de Cu) comparado con SPP; pero en el resto de los tratamientos la fuente de carbohidratos no tuvo efecto ($P=0.69$) por sí solo, sobre la concentración de Cu. Los efectos de POxMC y CFxMC produjeron 9.54 mg/kg y 5.29 mg/kg de Cu, respectivamente; que la contribución de la fuente de nitrógeno y la fuente de carbohidratos por separado. Esto permitió mayor concentración de Cu para MC en comparación con SPP cuando se mezcló con PO; sin embargo, los ensilajes a base de CF combinados con ambas fuentes de carbohidratos fueron similares (Figura 2).

La concentración de manganeso (Mn) fue mayor ($P<0.01$) en ensilados a base de PO debido al efecto de NSxCS (Cuadro 4, Figura 2). En cuanto al efecto de fuente de nitrógeno, los ensilados a base PO fueron mayores que los ensilados control (UA) en 116.18 mg/kg de Mn, asimismo CF fue mayor que UA en 57.41 mg/kg de Mn. Además, hubo un efecto positivo de la adición de MC al ensilado, lo cual resultó en una mayor acumulación (24.70 mg/kg de Mn) comparado con el efecto de la inclusión de SPP. En el gráfico de interacción (Figura 2) se observa un patrón similar en los ensilados con ambas fuentes de carbohidratos solubles. El contenido de hierro (Fe) fue mayor ($P<0.01$) en el ensilado POxSPP. El uso de PO en vez de UA tuvo un efecto benéfico al incrementar 442.64 mg/kg la concentración de Fe en los ensilados. En forma similar cuando se usó CF en lugar de UA, hubo un incremento de 333.85 mg/kg de Fe. El efecto de la interacción de POxMC disminuyó ($P<0.01$) la concentración (-219.59 mg/kg) de Fe en comparación con POxSPP. Pero cuando interaccionaron CFxMC, el Fe aumentó 46.75 mg/kg. No obstante, este efecto no fue suficiente para igualar el contenido de Fe de la interacción CFxSPP (Figura 2).

Finalmente, la concentración de zinc (Zn) fue mayor ($P<0.01$) en el ensilado con SPP. Se observó que con MC bajó el contenido de Zn cuando se combinó con UA (-59.67 mg/kg), pero cuando se mezcló con PO o CF hubo un efecto aditivo (Figura 2). Al respecto, el uso de PO en lugar de UA aumentó la concentración de Zn en 40.38 mg/kg, y la interacción POxMC adicionalmente produjo 55.48 mg/kg. Asimismo, cuando se comparó UA vs CF este último produjo más de 118.16 mg/kg de Zn, y cuando se mezcló CF con MC se produjo una cantidad adicional ≥ 31.45 mg/kg de Zn. Por lo tanto, el efecto positivo



de estos componentes en los ensilados fue suficiente para igualar la concentración de Zn (198.07 mg/kg) de la combinación CFxSPP.

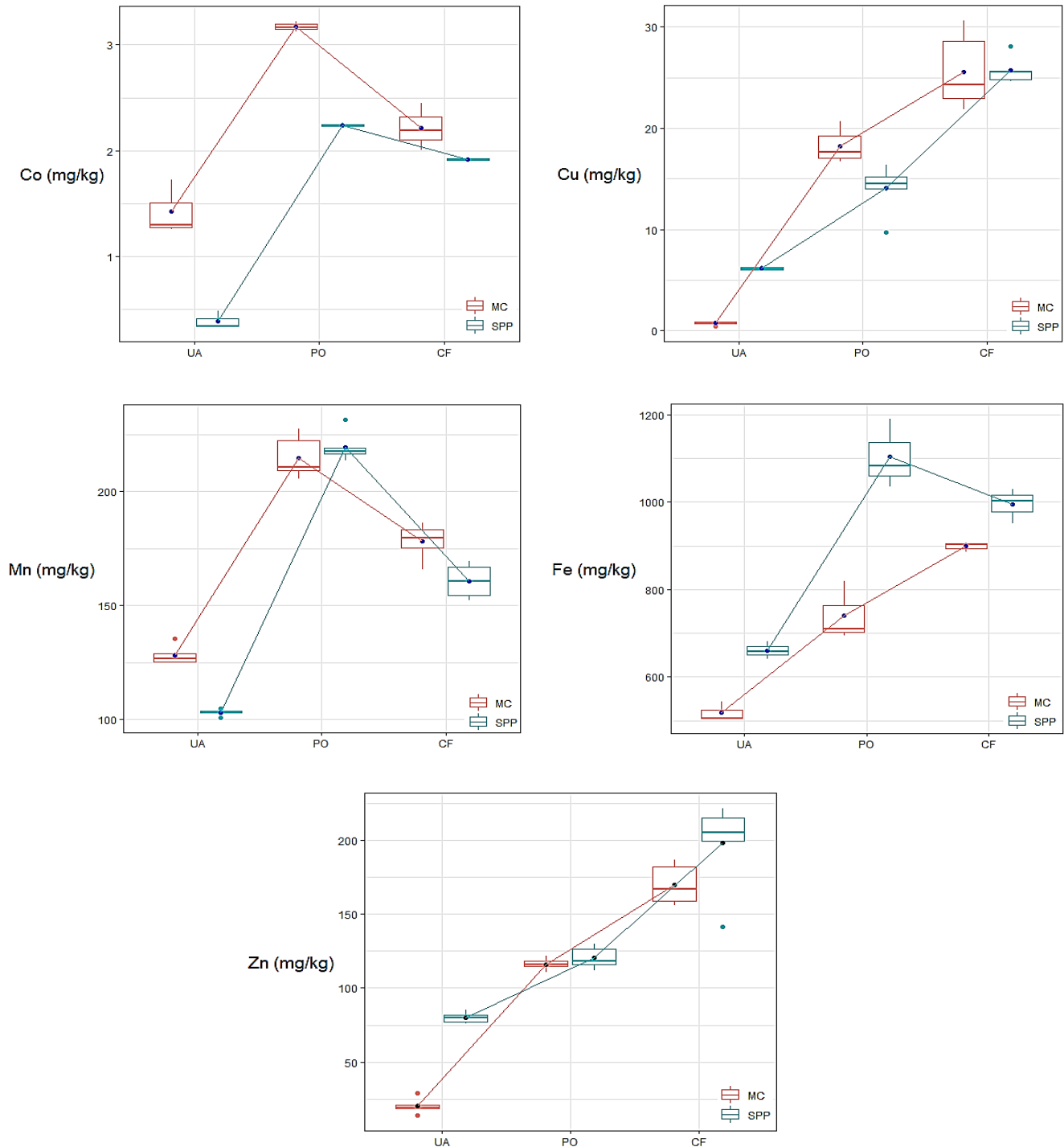


Figura 2. Efecto de interacción de las fuentes de nitrógeno y carbohidratos sobre el contenido de micro minerales. Fuentes de nitrógeno: UA, urea agrícola; PO, pollinaza deshidratada; CF, cerdaza fresca. Fuentes de carbohidratos: MC, melaza de caña de azúcar; SPP, subproducto de panadería.



DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados, el proceso de la fermentación ácido-láctica afectó el contenido mineral de los ensilados, debido a los efectos de interacción de las excretas combinados con melaza de caña o subproducto de panadería. Además, los ensilados a base de excretas con melaza de caña mostraron mayor contenido de macrominerales. En la mayoría de los tratamientos se observó efecto de la fuente de carbohidratos, excepto para Mg y Cu. No fue sorpresa que PO incrementara el contenido de minerales (Ca, P, Na, Mg, K, Co, Mn y Fe) en los ensilados, debido a su alto contenido de cenizas (Kwak, 2006). La contribución de CF a altos contenidos de P, Mg, Cu y Zn de los ensilados también se esperaba, debido a que el CuSO_4 es frecuentemente usado como agente antimicrobiano en dietas de cerdos (Shannon & Hill, 2019), y el ZnO es usado para disminuir los síntomas de diarrea (Zhou *et al.*, 2017); mientras que, el ZnSO_4 tiene efecto antimicrobiano. Asimismo, una alta concentración de Ca, K, Cu, Mn, y Fe se esperaba como consecuencia del uso de MC en los ensilados debido a su alto contenido de estos minerales en los residuos del jugo de caña extraído y de su contaminación con residuos de suelo (Senthilkumar *et al.*, 2016; Tendonkeng *et al.*, 2018) durante su manejo.

En esta investigación todos los tratamientos fueron inoculados con *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactii*, *Enterococcus faecium* y *Lactobacillus salivarius*; lo cual produjo ensilados de buena calidad (Trujillo *et al.*, 2014) con pH entre 4.1 – 4.2. El valor de pH es un factor importante para determinar la calidad del proceso de fermentación en los ensilados (Cañeque & Sancha, 1998); sus valores fueron alrededor de 4.1 y se consideran apropiados para ensilados de maíz con suficiente grano (Basso *et al.*, 2014). Pero valores altos de pH pueden indicar insuficiente cantidad de carbohidratos solubles. La interacción NS×CS se observó en todos los tratamientos; esto es relevante ya que en medios de cultivo con suficiente concentración de azúcares (glucosa >1%) se induce la expresión de la enzima fitasa (Palacios *et al.*, 2005). En el cultivo y crecimiento de bacterias ácido lácticas (LAB), los elementos minerales esenciales son Mg^{2+} , Mn^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Na^+ , y K^+ (Saeed & Salam, 2013); otros elementos como Hg^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} y Co^{2+} optimizan y controlan su actividad enzimática.

Efecto del ensilaje sobre el contenido de macro y microminerales

En las fases iniciales del proceso de fermentación, la rápida colonización de ingredientes depende de la disponibilidad de carbohidratos solubles fermentables (Wood, 1998). De esta forma, el consumo y disminución del oxígeno en el ensilado depende de los mecanismos bacterianos que reducen las condiciones aeróbicas. En el establecimiento de las condiciones anaeróbicas de la fermentación, las LAB en el ensilado con pH <4 han desarrollado mecanismos alternativos al de la enzima catalasa para eliminar radicales de oxígeno altamente reactivos. Entre estos están a) defensa enzimática por superóxido



dismutasa y b) capacidad para acumular Mn (Mn II) que evita el efecto endógeno de oxígeno tóxico ($O_2^- + 2H^+ + Mn^{2+} \rightarrow H_2O_2 + Mn^{2+}$) (Pahlow *et al.*, 2003). En el metabolismo de las LAB, el Mn^{2+} es un efector (Vos *et al.*, 2009) en la estructura y activación de numerosas enzimas. En esta investigación el contenido inicial de Mn en la mezcla de ingredientes antes del proceso de ensilaje fue bajo para los tratamientos basados en UA (26-30 mg/kg) y PO (133-135 mg/kg), pero alto con CF antes y después del ensilaje (194-196 mg/kg). Sin embargo, se observó un incremento en la concentración de Mn en ensilados basados en UA y PO, pero niveles estables con CF antes y después del ensilaje. Esto se pudo deber a una mayor respuesta protectora de las LAB en presencia de oxígeno. Al respecto, la adición de fuentes de nitrógeno (UA o PO) pudo mejorar la estabilidad anaerobia de los ensilados debido al efecto buffer de las enterobacterias en las fase iniciales del ensilaje a través de: a) reducción de la fuentes de nitrógeno a amoníaco (capacidad buffer), efecto temporal benéfico para las especies LAB (Pahlow *et al.*, 2003), y b) inhibición de concentración de clostridios, debido a la reducción del amoníaco (NH_3) a NO y NO_2 en cantidades no tóxicas; este efecto se pudo haber extendido hasta su inhibición con $pH < 4$. Las enterobacterias son especies epifitas presentes hasta 100 veces más que las LAB, clostridios, levaduras y hongos (Behrendt *et al.*, 1997) en forrajes secos y senescentes. En granos de cereales, el Mg y otros cationes divalentes pueden ser quelatados por efecto del ácido fítico (Serna-Saldivar, 2010). Las LAB han demostrado tener actividad de fosfatasa ácida (APs). López *et al.* (2000) mostraron que *Ln. Mesenteroides* S38 tiene actividad de APs, la cual disminuye la actividad del ácido fítico a medida que incrementa la producción de ácido láctico. De la misma manera, se observó mayor solubilidad del Ca y Mg en harina entera de trigo como medio de cultivo por la expresión de APs.

El magnesio (Mg^{2+}) es un elemento esencial en el crecimiento y metabolismo de las LAB (Vos *et al.*, 2009). En la vía de la glucólisis, la primera reacción en la ruta es la formación de un complejo entre el catión Mg^{2+} , ATP y glucosa, la cual liga a la hexoquinasa (Miesfeld & McEvoy, 2017). La importancia de este metabolismo es obtener piruvato y lactato bajo condiciones anaeróbicas (Wood, 1998) a partir de fermentación láctica (Madigan *et al.*, 2022) y a través de la enzima lactato deshidrogenasa (Mozzi *et al.*, 2010). En esta investigación, el contenido inicial de Mg fue mayor en MC que en SPP. Sin embargo, la fuente de carbohidratos no tuvo efecto significativo por sí misma, pero hubo efecto de interacción de NSxCS que produjo mayores concentraciones de Mg en los ensilados a base de MC con PO o CF, por lo que estas combinaciones de ingredientes promovieron mayor crecimiento de LAB durante la fermentación; esto se reflejó en los valores de pH de ambos tratamientos (Cuadro 3). Es interesante mencionar que los tratamientos basados en CF contenían mayores cantidades de Mg antes del ensilaje, pero esta tendencia cambio durante el proceso de fermentación debido al efecto del N disponible para las LAB en la excreta.



El fósforo (P) es un elemento necesario en el metabolismo de las bacterias ácido lácticas. La vía Embden-Meyerhof-Parnas (glucólisis) requiere de la hidrólisis de ATP para generar la energía libre necesaria para activar la hexocinasa, fosfofructocinasa-1 y fosfoglicerato cinasa (Miesfeld & McEvoy, 2017); también en la etapa de la fosforilación del fosfoenolpiruvato a piruvato. En las excretas del ganado, el 80% del P está contenido en forma de ácido fítico (mioinositol hexakisfosfato), principalmente en monogástricos con dietas altas en granos (Leytem & Maguire, 2007). Antes del ensilaje, los tratamientos a base de UA (MC y SPP) contenían mayores cantidades de P (0.068 y 0.109 % MS), pero después de 30 d de fermentación láctica la concentración cambio (0.004 y 0.027 % MS, respectivamente), No obstante, los ensilados basados en estiércol mantuvieron constante la cantidad de P antes y después del proceso de ensilaje. Esto se pudo deber al uso y agotamiento del P disponible por las LAB en los ensilados a base de UA, mientras que, en los tratamientos a base de excretas hubo liberación de P a través de la actividad de fitasas. Además, la expresión de la enzima fosfatasa ácida en LAB (*Lactobacillus plantarum*) puede estimularse con la presencia de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , y Cu^{2+} (Saeed & Salam, 2013) y así incrementar la disponibilidad de P de 29 a 34% (López *et al.*, 2000); en la misma forma *Pediococcus acidilactici* ha expresado extracelular e intracelularmente la actividad de fitasas (Cizeikiene *et al.*, 2015). Por lo tanto, el incremento en solubilidad y disponibilidad de P en los ensilados de excretas y el contenido mineral en los tratamientos confirmó este comportamiento. Sin embargo, la fosfatasa acida puede disminuir su efecto por el Co^{2+} y ser inhibida por Fe^{2+} (Palacios *et al.*, 2005); en ensilados a base de UA hubo un incremento en la disponibilidad de estos elementos después del proceso de ensilaje.

La fermentación láctica (pH 3.6 a 3.8) con LAB (cepas de *Streptococcus lactis* y *Lactobacillus*) más la adición de 10 a 50 mg de fitasa aumentaron la disponibilidad (>200 %) del Fe de la harina de maíz y sorgo (Svanberg *et al.*, 1993). En *Lactobacillus pentosus* CECT 4023, se ha observado un efecto estimulante del Co^{2+} y un efecto inhibitorio del Ca^{2+} en la actividad enzimática de APs (65% de homologación con APs de *Lactobacillus plantarum*); sin embargo, esto no se ha observado en otras LAB (Palacios *et al.*, 2005). La presencia y abundancia de bacterias ácido lácticas tales como *Lactobacillus plantarum* mostró correlación significativa ($r_{xy}=0.25$) con la concentración de Na en agua de bebida (Minervini *et al.*, 2019); en todos los tratamientos se observó un incremento de Na después del ensilaje. En agua de bebida, la presencia y abundancia *Lactobacillus plantarum* tiene una correlación de $r_{xy}=0.86$ con la concentración de K (Minervini *et al.*, 2019). El Zn^{2+} (ZnCl_2) y Hg^{2+} (HgCl_2) son fuertes inhibidores de la APs en *Lactobacillus curvatus* (Abdallah *et al.*, 1999). En *Lactobacillus sanfranciscensis* CB1, Hg^{2+} y Fe^{2+} son inhibidores de la enzima fitasa; además, el incremento de NaCl en el medio tuvo efecto negativo en la actividad de la enzima (De Angelis *et al.*, 2003). Esto sostiene que la disponibilidad de los elementos minerales en el ensilado basado en excretas pecuarias de esta investigación puede estar influida por la inoculación de bacterias ácido lácticas y



por la interacción de las fuentes de nitrógeno y de carbohidratos solubles. Finalmente, lo anterior implica que, el proceso de ensilaje y la reutilización de nutrientes de excretas de monogástricos en dietas para ovinos de engorda, puede suplir los requerimientos de minerales con el fin de disminuir los costos de alimentación. Desde el punto de vista bioético, el reciclaje de nutrientes de excretas mediante el proceso de ensilaje permite dotar de un insumo inocuo a la alimentación de rumiantes; disminuyendo los problemas sanitarios que pueden originar estos sin un tratamiento previo. Pero a pesar de su utilización de manera rutinaria y necesaria en la alimentación animal, no se han establecido regulaciones al respecto.

CONCLUSIÓN

Los resultados sugieren que los ensilados de rastrojo de maíz con pollinaza deshidratada o cerdaza fresca en combinación con melaza de caña o subproducto de panadería cambian la concentración de los minerales de la mezcla. El ensilado a base de PO con MC tuvo el mayor contenido de macrominerales y algunos microminerales, por lo tanto, puede ser una fuente de suministro para rumiantes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Jorge Lugo de la Fuente por las facilidades en el uso del laboratorio y su apoyo en el análisis de minerales. Asimismo, se agradece al Dr. Barajas-Cruz Rubén[†] por su colaboración y enseñanzas a lo largo de su vida profesional. Finalmente, se agradece al Dr. Reyna-Santamaría Lorenzo por su colaboración en la revisión del manuscrito científico.

LITERATURA CITADA

ABDALLAH AA, Magboul P, McSweeney LH. 1999. Purification and properties of an acid phosphatase from *Lactobacillus curvatus* DPC2024. *International Dairy Journal*. 9(12): 849–885. ISSN: 0958-6946. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(00\)00010-8](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00010-8)

ACEVEDO AI, Leos RJA, Figueroa VU, Romo LJL. 2017. Política ambiental: uso y manejo del estiércol en la Comarca Lagunera. *Acta Universitaria – Multidisciplinary Scientific Journal*. 27(4): 3-12. ISSN: 0188-6266. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1270>

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. *Official Methods of Analysis (15th ed)*, Vol. 1. Arlington, Virginia, USA: Association of Official Analytical Chemists. Pp. 771. ISBN: 0-935584-42-0.

<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>



BASSO FC, Adesogan AT, Lara EC, Rabelo CHS, Berchielli TT, Teixeira IAMA, Siqueira GR, Reis RA. 2014. Effects of feeding corn silage inoculated with microbial additives on the ruminal fermentation, microbial protein yield, and growth performance of lambs. *Journal of Animal Science*. 92(12): 5640–5650. ISSN 1525-3163.

<https://doi.org/10.2527/jas.2014-8258>

BEHRENDT U, Miiller Th, Seyfarth W. 1997. The influence of extensification in grassland management on the populations of micro-organisms in the phyllosphere of grasses. *Microbiological Research*. 152(1): 75-85. ISSN: 0944-5013.

[https://doi.org/10.1016/S0944-5013\(97\)80026-2](https://doi.org/10.1016/S0944-5013(97)80026-2)

BÓRQUEZ JL, Pinos-Rodríguez JM, González SS, Domínguez I, Bárcena R, Mendoza G, Cobos M. 2010. Use of different kind of silage dairy cattle manure in lamb nutrition. *Italian Journal of Animal Science*. 9:(1): 129-133. ISSN: 1828-051X.

<https://doi.org/10.4081/10.4081/ijas.2010.e25>

BÓRQUEZ-GASTELUM JL, Trujillo-Gutiérrez D, Domínguez-Vara IA, Pinos-Rodríguez JM, Cobos-Peralta MA. 2018. Yield performance of growing lambs fed silages with poultry litter, pig excreta and urea with molasses cane or a bakery by-product. *Agrociencia*. 52: 333-346. ISSN: 2521-9766. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n3/2521-9766-agro-52-03-333-en.pdf>

CAÑEQUE MV, Sancha SJL. 1998. *Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes*. Madrid, España: Mundi-Prensa. Pp. 260. ISBN: 8471147300.

<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300031154>

CIZEIKIENE D, Juodeikiene G, Bartkiene E, Damasius J, Paskevicius A. 2015. Phytase activity of lactic acid bacteria and their impact on the solubility of minerals from wholemeal wheat bread. *International journal of food sciences and nutrition*. 66(7): 736-742. ISSN: 0963-7486. <https://doi.org/10.3109/09637486.2015.1088939>

COBOS PM, González SM, Mendoza GDM, García CB, Bárcena RG. 1997. Nutritional evaluation of cattle manure, molasses and corn stover silage for lambs. *Small Ruminant Research*. 25(1): 33-38. ISSN: 0921-4488. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(96\)00966-2](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(96)00966-2)

DE ANGELIS M, Gallo G, Corbo MR, McSweeney PLH, Faccia M, Giovine M, Gobbetti, M. 2003. Phytase activity in sourdough lactic acid bacteria: purification and characterization of a phytase from *Lactobacillus sanfranciscensis* CB1. *International Journal of Food Microbiology*. 87(3): 259–270. ISSN: 0168-1605. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(03\)00072-2](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(03)00072-2)



DENTON JH, Coon CN, Pettigrew JE, Parsons CM. 2005. Historical and scientific perspectives of same species feeding of animal by-products. *The Journal of Applied Poultry Research*. 14(2): 352–361. ISSN: 1056-6171.

<https://doi.org/10.1093/japr/14.2.352>

FICK KA, McDowell LR, Miles PH, Wilkinson NS, Funk JD, Conrad JH. 1976. *Methods of mineral analysis for plant and animal tissues*. Gainesville, FL. USA: University of Florida. Pp. 90. PN-AAC-768. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US7764979>

FRANÇA AB, Morenz MJF, Lopes FCF, Madeiro AS, Morenz DA, de Faria BM, Cabral L. da S, da Fonseca CEM. 2012. Bakery waste in sheep diets: intake, digestibility, nitrogen balance and ruminal parameters. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 41(1): 147-153. ISSN: 1806-9290. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000100022>

GONZÁLEZ-MUÑOZ SS, Domínguez-Vara IA, Bórquez-Gastelum JL, Pinos-Rodríguez JM, Ramírez-Bribiesca JE, Trujillo-Gutiérrez D. 2022. Efecto aditivo de ensilados de pollinaza, cerdaza y urea mezclados con melaza de caña y subproducto de panadería en dietas para corderos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 25(100). ISSN: 1870-0462. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3938>

HARRIS W, Popat P. 1954. Determination of the phosphorous content of lipids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 31: 124-132. <https://doi.org/10.1007/BF02545694>

JAYATHILAKAN H, Sultana K, Radhakrishna K, Bawa AS. 2012. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *Journal of Food Science and Technology*. 49(3): 278–293. ISSN: 0975-8402. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0290-7>

KWAK WS. 2006. Effect of feeding food waste-broiler litter and bakery by-product mixture to pigs. *Bioresource Technology*. 97(2): 243-249. ISSN: 0960-8524. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.02.008>

LEYTEM AB, Maguire RO. 2007. *Environmental implications of inositol phosphates in animal manure*. In: Turner BL, Richardson AE, Mullaney EJ. (Eds). *Inositol Phosphates in the Soil–Plant–Animal System: Linking Agriculture and Environment*. Wallingford, UK: CABI. Pp. 288. ISBN: 978-1845931520.

<https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20073069292>



LÓPEZ-GARRIDO SJ, Cobos PMA, Mendoza MDD, Camacho-Escobar MA. 2014. The effect of commercial additive (Toxic-Chec) and propionic acid on the fermentation and aerobic stability of silage with pig excreta. *American Journal of Experimental Agriculture*. 4(12): 1820-1831. ISSN: 2457-0591. <https://doi.org/10.9734/AJEA/2014/12035>

LÓPEZ HW, Ouvry A, Bervas E, Guy C, Messenger A, Demigne C, Remesy C. 2000. Strains of lactic acid bacteria isolated from sour doughs degrade phytic acid and improve calcium and magnesium solubility from whole wheat flour. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48(6): 2281-2285. ISSN: 0021-8561. <https://doi.org/10.1021/jf000061g>

MADIGAN MT, Bender KS, Buckley DH, Stahl DA. 2022. Brock biology of microorganisms. 16th ed. Pearson. United Kingdom. Pp. 1129. <https://www.pearson.com/store/p/brock-biology-of-microorganisms/P100002944066/9780135860717>

MAHMOUD AEM. 2017. Substituting bakery by-products for corn grains and wheat bran in growing lambs rations increases growth rate with no adverse effect. *Pakistan Journal of Zoology*. 49(4): 1215-1221. ISSN: 0030-9923. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.4.1215.1221>

MEJÍA ULA, Bórquez JL, Salem, AZM, Domínguez VIA, González RM. 2013. Short communication. Effects of adding different protein and carbohydrates sources on chemical composition and *in vitro* gas production of corn stover silage. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 11(2): 427-430. eISSN: 2171-9292. <https://doi.org/10.5424/sjar/2013112-3547>

MIESFELD RL, McEvoy MM. 2017. *Biochemistry*. New York, USA: WW Norton & Company. Pp. 1339. ISBN: 9780393977264. <https://www.abebooks.com/9780393977264/Biochemistry-Miesfeld-Roger-McEvoy-Megan-0393977269/plp>

MINERVINI F, Dinardo FR, De Angelis M, Gobbetti M. 2019. Tap water is one of the drivers that establish and assemble the lactic acid bacterium biota during sourdough preparation. *Scientific reports*. 9: 570. ISSN 2045-2322. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36786-2>

MOZZI F, Raya RR, Vignolo GM. 2010. *Biotechnology of lactic acid bacteria: novel applications*. Iowa, USA: John Wiley & Sons. Pp. 374. ISBN: 9781118868409. <https://doi.org/10.1002/9781118868386>



NASEM (National Academies of Science, Engineering, and Medicine). 2016. *Nutrient requirements of beef cattle*. Eight revised ed. Washington, D.C. USA: The National Academies Press. Pp. 494. ISBN: 978-0-309-27335-0. <https://doi.org/10.17226/19014>

NRC. 2007. *Nutrient requirements of small ruminants. Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. Washington, D.C. USA: National Academy Press. Pp. 384. ISBN: 978-0-309-47323-1. <https://doi.org/10.17226/11654>

PAHLOW G, Muck RE, Driehuis F, Elferink SJO, Spoelstra SF. 2003. *Microbiology of ensiling*. In: Buxton DR, Muck RE, Harrison JH. *Silage science and technology*, Volume 42: 31-93. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy, Inc. Pp. 927. ISBN:9780891182344. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c2>

PALACIOS MC, Haros M, Rosell CM, Sanz Y. 2005. Characterization of an acid phosphatase from *Lactobacillus pentosus*: regulation and biochemical properties. *Journal of Applied Microbiology*. 98: 229-237. ISSN: 1365-2672. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02447.x>

PELL AN. 1997. Manure and microbes: public and animal health problem? *Journal of Dairy Science*. 80(10): 2673-2681. ISSN: 0022-0302. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76227-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76227-1)

PINOS-RODRÍGUEZ JM, García-López JC, Peña-Avelino LY, Rendón-Huerta JA, González-González C, Tristán-Patiño F. 2012. Impacto y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*. 46: 359-370. ISSN: 1405-3195. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30223110004>

R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.r-project.org/>

SAEED AH, Salam AI. 2013. Current limitations and challenges with lactic acid bacteria: a review. *Food and Nutrition Sciences*. 4(11A), 73-87. ISSN: 2157-9458. <https://doi.org/10.4236/fns.2013.411A010>

SALAMA R, Awad AA, Fouda ShM. 2019. Nutritional evaluation of some unconventional dietary energy sources in ruminants rations. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*. 22(3): 453-463. <https://doi.org/10.21608/EJNF.2019.79411>



SERNA-SALDIVAR SO. 2010. *Cereal Grains: properties, processing, and nutritional attributes*. Boca Raton, FL. USA: CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC. Pp. 794. ISBN: 9781439815601. <https://www.routledge.com/Cereal-Grains-Properties-Processing-and-Nutritional-Attributes/Serna-Saldivar/p/book/9781439815601>

SAS INSTITUTE INC. 2004. *SAS/STAT® 9.1 User's Guide*. Cary, NC. USA: SAS Institute Inc. Pp. 5136. ISBN 1-59047-243-8.
https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/sasdoc_91/stat_ug_7313.pdf

SCHIFFMAN SS. 1998. Livestock odors: implications for human health and well-being. *Journal of Animal Science*. 76(5): 1343-1355. ISSN: 1525-3163.
<https://doi.org/10.2527/1998.7651343x>

SENTHILKUMAR S, Suganya T, Deepa K, Muralidharan J, Sasikala K. 2016. Supplementation of molasses in livestock feed. *International Journal of Science, Environment and Technology*. 5(3): 1243-1250. ISSN: 2278-3687.
<https://www.ijset.net/journal/993.pdf>

SEOK JS, Kim YI, Choi DY, Kwak WS. 2016. Effect of feeding a by-product feed-based silage on nutrients intake, apparent digestibility, and nitrogen balance in sheep. *Journal of Animal Science and Technology*. 58(9): 1-5. ISSN: 2055-0391.
<https://doi.org/10.1186/s40781-016-0091-7>

SHANNON MC, Hill GM. 2019. Trace mineral supplementation for the intestinal health of young monogastric animals. *Frontiers in Veterinary Science*. 6:73. ISSN: 2297-1769.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00073>

SO S, Cherdthong A, Wanapat M. 2020. Improving sugarcane bagasse quality as ruminant feed with *Lactobacillus*, cellulase, and molasses. *Journal of Animal Science and Technology*. 62(5): 648-658. ISSN: 2055-0391. <https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.5.648>

SVANBERG U, Lorri W, Sandbeag AS. 1993. Lactic fermentation of non-tannin and high-tannin cereals: Effects on *in vitro* estimation of iron availability and phytate hydrolysis. *Journal of Food Science*. 58(2): 408-412. ISSN:1750-3841.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb04286.x>



TENDONKENG F, Fogang Zogang B, Lemoufouet J, Miegoue E, Chounna A, PamoTedonkeng E. 2018. Effect of molasses level on intake and *in vivo* digestibility of rice straw treated with urea in West African Dwarf goat (*Capra hircus*). *Journal of Animal Husbandry and Dairy Science*. 2(2): 34-40. <https://www.sryahwapublications.com/journal-of-animal-husbandry-and-dairy-science/pdf/v2-i2/5.pdf>

TRUJILLO GD, Bórquez GJ, Pinos-Rodríguez JM, Domínguez-Vara IA, Rojo RR. 2014. Nutritive value of ensiled pig excreta, poultry litter or urea with molasses or bakery by-products in diets for lambs. *South African Journal of Animal Science*. 44(2): 114-122. ISSN: 2221-4062. <https://doi.org/10.4314/sajas.v44i2.3>

VAN SOEST PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74(10): 3583-3597. ISSN: 1525-3198. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

VOS P, Garrity G, Jones D, Krieg NR, Ludwig W, Rainey FA, Schleifer K, Whitman WB. 2011. *Bergey's manual of systematic bacteriology: Volume 3: The Firmicutes*. New York. USA: Springer Science & Business Media. Pp. 1450. ISBN: 978-0-387-68489-5. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-68489-5>

WOOD BJ. 1998. *Microbiology of fermented foods*. London. UK: Springer Science & Business Media. Pp. 852. ISBN: 978-1-4613-0309-1. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0309-1>

ZHOU Xin, Yansen Li, Zhaojian Li, Yun Cao, Fei Wang, ChunMei Li. 2017. Effect of dietary zinc on morphological characteristics and apoptosis related gene expression in the small intestine of Bama miniature pigs. *Acta Histochemica*. 119(3): 235-243. ISSN: 0065-1281. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2017.01.006>

ZINN RA, Barajas R, Montano M, Shen Y. 1996. Protein and energy value of dehydrated poultry excreta in diets for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 74(10): 2331-2335. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/1996.74102331X>

Errata Erratum

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>