

Nota técnica

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE POLLINAZA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES Y FERMENTATIVAS DEL ENSILADO DE SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES DE YUCA (*Manihot esculenta*)

Jose Arce^{1*}, Augusto Rojas*, Matthew Poore^{**}

Palabras clave: Ensilaje; yuca; pollinaza; subproductos; nutrición; fermentativo.
Keywords: Ensilage; cassava; poultry litter; by-products; nutrition; fermentative.

Recibido: 05/05/14

Aceptado: 25/08/14

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la adición de 0, 5, 10, 15 y 20% de pollinaza al subproducto de yuca en el proceso de ensilaje. Tanto las características de composición nutricional como las fermentativas fueron evaluadas. Se determinó que la adición de pollinaza favorece significativamente el incremento de MS, PC, EE, Ce, Ca, FDN, FDA, Cel y Hem en el ensilado, sin encontrar tendencias claras en el contenido de lignina. Por el contrario, la adición de pollinaza promovió un efecto detrimental en la concentración de CNF y en la DIVMS del ensilado. Se evaluaron además el pH, la capacidad amortiguadora, el contenido de nitrógeno amoniacal y las características sensoriales del ensilado en función del nivel de pollinaza. El pH mostró una tendencia al aumento conforme la adición de pollinaza, mientras la capacidad amortiguadora y el nitrógeno amoniacal se incrementaron significativamente al aumentar la proporción de pollinaza utilizada. La evaluación organoléptica dio como resultado mejores características en los tratamientos con mayor contenido de subproducto avícola, debido

ABSTRACT

Effect of poultry litter addition on the nutritional and fermentative characteristics of cassava (*Manihot esculenta*) by-products silage. The addition of poultry litter at 0, 5, 10, 15 and 20% to cassava by product in the ensiling process was evaluated. Both nutritional and fermentative characteristics were determined. Increasing levels of poultry litter had a significant effect on DM, CP, EE, Ash, Calcium, NDF, ADF, Cellulose and Hemicellulose content of the silage; however, no clear tendencies were found for lignin content. On the other hand, poultry litter addition decreased NFC concentration and IVDMD of the silage. Buffer capacity, pH, N-NH₃ and organoleptic traits of silage were also evaluated for all treatments. The pH showed a growing tendency as poultry litter was increased, whereas buffer capacity and N-NH₃ were significantly increased with higher rates of poultry litter added to the silage. Organoleptic evaluation indicated better characteristics in treatments with higher poultry litter content. Treatments with low poultry litter content showed a slight alcoholic smell and no

1 Autor para correspondencia. Correo electrónico: jose.arcecordova@ucr.ac.cr

* Centro de Investigaciones en Nutrición Animal y Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

** Departamento de Ciencia Animal, North Carolina State University.

a un leve olor alcohólico en los tratamientos con menor contenido de pollinaza y la ausencia de aroma amoniacal en los 5 tratamientos estudiados. Se definió el nivel de 10% de pollinaza como el mejor en términos de características nutricionales y fermentativas del material obtenido.

ammonia smell was evident for the 5 treatments evaluated. The 10% poultry litter treatment was defined as the best to preserve nutritional and fermentative characteristics of the silage.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el cultivo de yuca ha experimentado un gran auge en Costa Rica pues de acuerdo con información del Consejo Nacional de Producción (CNP 2013), para el 2012 se exportaron 93 mil toneladas de yuca de las cuales el 62% como yuca parafinada o fresca y 38% como yuca congelada, además se reportó que 3301 toneladas de yuca parafinada ingresaron al mercado del CENADA (CNP 2012), que representó aproximadamente 96 mil toneladas de yuca comercializadas tanto fuera como dentro del país para ese año. Se estimó que más del 99% de la producción se produce en el cantón de San Carlos (CNP 2013) lo que representa una alta disponibilidad de subproductos de la cosecha e industrialización en una región que concentra cerca del 31% del total de cabezas de ganado del país (CORFOGA 2013). En la actualidad existen principalmente fincas lecheras que utilizan subproductos de yuca para la alimentación de bovinos, pero es poco lo que se ha hecho a nivel de investigación en Costa Rica para conocer las características nutritivas de ese material y su conservación a través del ensilaje.

La utilización de pollinaza como fuente proteica en la alimentación de rumiantes y como aditivo en el proceso de ensilaje ha sido documentada por otros autores, dando a conocer este subproducto de la industria avícola como un material con alto contenido de materia seca y medio de proteína cruda, de la cual un porcentaje

considerable corresponde a nitrógeno no proteico y proteína altamente soluble en rumen (Arroyo et ál. 2003, Gutiérrez et ál. 2003, Mata 2011, Tobía y Vargas 2000a). Existen aspectos importantes de bioseguridad relacionados con el uso de pollinaza como suplemento para rumiantes, debido a la posibilidad de que este material presente microorganismos patógenos como salmonella y sustancias químicas como antibióticos y coccidiostatos que representan un riesgo para la salud pública (Williams 2013). La legislación costarricense establece distintos tratamientos para la pollinaza y la gallinaza, uno de ellos consiste en el ensilaje del material que garantice un pH final inferior a 4,7 (La Gaceta 2000).

La incorporación de ambos materiales en la dieta de rumiantes no solo ofrece una alternativa de manejo de ambos desechos sino también puede representar una alternativa para suplementar la deficiencia nutricional de los forrajes (Sánchez y Soto 1996, Sánchez y Soto 1999a, Sánchez y Soto 1999b, Sánchez y Soto 1999c) mediante un sistema de suplementación racional y adecuadas prácticas de pastoreo que mejoren el aprovechamiento del forraje (Arce et ál. 2013a, Arce et ál. 2013b, Villalobos y Arce 2013, Villalobos et ál. 2013) y la posible reducción en el uso de alimentos balanceados y materias primas importadas que representan un 50-60% de los costos de producción en el sector lechero (León 2009, Castro 2012, González 2013).

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el valor nutricional del ensilado

de subproductos de yuca como suplemento para las dietas de rumiantes, así como evaluar el efecto de la adición de pollinaza como fuente proteica sobre las principales características nutricionales y fermentativas del ensilado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de los subproductos utilizados

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizaron desechos provenientes de la industria avícola y de producción de yuca para consumo humano. El desecho de yuca corresponde a puntas y trozos que son de menor calidad, así como la cáscara que es removida de la raíz.

Con respecto a la pollinaza, corresponde a la cama o material compuesta en este caso por

aserrín de madera, restos de alimento que cae de los comederos, plumas y excretas de las aves, es extraída, empacada en sacos.

Tanto el subproducto de yuca como la pollinaza utilizados para este experimento, fueron obtenidos de la zona de Aguas Zarcas de San Carlos y recolectados en octubre del 2012. Las muestras fueron tomadas en forma aleatoria de la bodega de uno de los distribuidores encargados de comercializar estos subproductos en las fincas ganaderas de la Zona Norte. Posteriormente se elaboraron muestras conjuntas de aproximadamente 50 kg de cada subproducto, de manera que fuera posible contar con suficiente material para elaborar los microsilos experimentales y realizar los análisis de composición nutricional de cada subproducto previo al ensilaje (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición Nutricional (MS) de los materiales previos al proceso fermentativo.

Subproducto	*Composición Nutricional											
	MS	PC	EE	Cenizas	FDN	FDA	Hem	Cel	Lignina	CNF	DIVMS	Calcio
Pollinaza	81,03	27,67	2,96	21,62	36,16	17,52	18,64	14,53	2,99	11,59	64,6	3,22
Yuca	34,26	3,33	0,92	2,63	10,51	7,88	2,63	5,84	2,04	82,61	89,7	0,21

*Valores expresados en base seca.

Tratamientos experimentales y elaboración de los microsilos

La definición de cada tratamiento se basó en el nivel de inclusión de pollinaza en la mezcla, con niveles de 0, 5, 10, 15 y 20% de pollinaza

como proporción del peso total en fresco del material a ensilar (Cuadro 2).

Para garantizar el ambiente anaeróbico requerido durante el proceso de fermentación, se elaboraron microsilos con bolsas de polietileno especiales para empaque al vacío y con 0,063 mm

Cuadro 2. Proporciones de yuca y pollinaza para los 5 tratamientos experimentales.

Subproducto	*Nivel de inclusión de pollinaza (%)				
	0	5	10	15	20
Yuca (g)	1000	950	900	850	800
Pollinaza (g)	0	50	100	150	200

*Proporciones de la mezcla expresadas en base fresca.

de grosor. El subproducto de yuca fue picado a un tamaño de partícula menor a 1 pulgada que permitiera el correcto mezclado con la pollinaza. Cada bolsa fue preparada de manera individual llenándola con 1000 gramos del material a ensilar para lo cual se guardaron las proporciones de yuca:pollinaza según el tratamiento correspondiente. El aire fue extraído por medio de una bomba de vacío y cada bolsa sellada con cinta adhesiva para evitar el ingreso de aire. Una vez listos los silos se dejaron bajo condiciones de laboratorio a temperatura y humedad ambiente y protegidos de la luz directa del sol por un lapso de 90 días para que tuviera lugar el proceso de fermentación correspondiente.

Evaluación organoléptica

Transcurrido el periodo fermentativo se procedió a abrir los microsilos y hacer una evaluación sensorial (EO) inicial con una adaptación al método propuesto por Betancourt (2005) y López et ál. (2009) para evaluación de las características sensoriales de ensilajes de forrajes. Al tratarse en este caso de materiales de naturaleza distinta a un forraje, se evaluó olor, textura y humedad del ensilado en una escala cuantitativa del 1 al 4, con la siguiente clasificación: 1 excelente, 2 bueno, 3 regular y 4 malo. Para el olor se definió como excelente un olor dulce a fruta madura, como bueno una ligera sensación avinagrada, regular un fuerte olor a vinagre y malo un olor butírico o putrefacto. En el caso de la textura, se consideró excelente cuando el material conservó sus contornos intactos, buena cuando los bordes presentaban irregularidades, regular cuando los bordes eran irregulares y el material presentaba una leve sensación jabonosa, y mala en los casos que se formaba una masa amorfa y jabonosa. Para la evaluación de humedad se consideró como excelente el material que no humedece las manos al ser comprimido con la mano, bueno el material que humedece ligeramente la mano al ser comprimido pero no se compacta y vuelve a su consistencia normal, regular cuando presenta goteo y compactación al ser comprimido,

y malo el que se moldea fácilmente y produce efluentes al ser comprimido.

Análisis fermentativos y de composición nutricional

En lo que respecta a análisis fermentativos, se tomó una muestra de cada microsilo para obtener los extractos en agua destilada según la metodología de McDonald y Henderson (1962) y determinar el pH y la capacidad amortiguadora (CA) del ensilado. Ese mismo extracto fue utilizado para medir la concentración de nitrógeno amoniacal expresada como porcentaje del nitrógeno total (N-NH₃) según Tobía (2004).

Se determinó la composición nutricional de los materiales iniciales por medio de una muestra conjunta de subproducto de yuca y otra de pollinaza en fresco. Con el mismo propósito se muestreó cada microsilo una vez finalizado el proceso de fermentación. A cada muestra se le determinó el contenido de materia seca (MS) (AOAC 1990) y posteriormente se sometió a un proceso de molienda a un tamaño de partícula de 1 mm, para luego determinar contenido de proteína cruda (PC) (AOAC 1990), extracto etéreo (EE), cenizas (Ce), calcio (Ca) (AOAC 2000), fibra neutro detergente (FDN), fibra ácido detergente (FDA), lignina (Van Soest y Robertson 1985), y digestibilidad in vitro de la materia seca (Van Soest et ál. 1991). Una vez obtenidos los valores de FDN, FDA y lignina se calculó por diferencia la celulosa (Cel), hemicelulosa (Hem) y los carbohidratos no fibrosos (CNF).

Análisis estadístico de la información

La información fue analizada con el programa Statistical Analysis System (SAS 2003) por medio de un diseño irrestricto al azar con 5 tratamientos experimentales y 5 repeticiones cada tratamiento, para un total de 25 microsilos. Adicionalmente, mediante la prueba de Waller-Duncan se determinaron las diferencias entre medias de los tratamientos para las variables estudiadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición nutricional

Se encontró un efecto altamente significativo ($p < 0,0001$) de la adición de pollinaza sobre MS, PC, EE, Ce, Ca, FDN, FDA, Hem, Cel, CNF y DIVMS; y un efecto significativo sobre el contenido de lignina del ensilado ($p < 0,05$) (Cuadro 3).

La materia seca del material conservado fluctuó desde 32,6% sin adición de pollinaza hasta 41,5% con el máximo nivel de inclusión del subproducto avícola, que presentó incrementos significativos conforme la adición de pollinaza a la mezcla (Cuadro 3). Gutiérrez et ál. (2003) reportaron un efecto similar al adicionar pollinaza a subproductos de piña. Lo anterior se debe al bajo nivel de humedad presente en la pollinaza, que corresponde a 19% en este caso y coincide con valores de materia seca superiores al 80% reportados por otros autores (Tobía y Vargas 2000a, Tobía et ál. 2001, Mata 2011).

Es importante recalcar que a nivel tropical es difícil encontrar materiales ensilados con contenidos bajos de humedad, en este sentido otros autores han reportado ensilajes con contenidos de 10 a 22% de MS (López et ál. 2009, Gutiérrez et ál. 2003, Cubero et ál. 2010, Castillo et ál. 2009). En la presente investigación todos los tratamientos presentaron un contenido de materia seca superior a 30%, lo cual permite garantizar las condiciones de humedad requeridas para un adecuado proceso fermentativo y favorece el consumo por parte de los animales (Mc Donald 1981).

Conforme aumentó la proporción de pollinaza en el ensilado, se observó un incremento lineal en la concentración de PC del mismo, que cubrió un rango entre 3,45% y 13,5% (Cuadro 3), aspecto que coincide con lo reportado por otros autores (Alejos de la Fuente 2013). Este incremento se debe al alto contenido proteico de la pollinaza (27,7%) en comparación con el subproducto de yuca (3,33%) (Cuadro 2). Otros estudios han encontrado contenidos de PC similares

Cuadro 3. Composición Nutricional del ensilado de yuca con 5 niveles de adición de pollinaza.

Nutrimento*	% de inclusión de pollinaza**					Pr<F
	0	5	10	15	20	
MS	32,60e	34,00d	37,24c	39,15b	41,53a	0,0001
PC	3,45e	6,57d	9,13c	11,24b	13,49a	0,0001
EE	0,86c	2,10b	3,92a	4,08a	3,26a	0,0001
Ce	2,64e	5,00d	7,04c	8,69b	10,90a	0,0001
FDN	8,90d	11,77c	13,38b	14,15b	16,98a	0,0001
FDA	7,13d	9,10c	9,92b	10,48b	12,50a	0,0001
Lig	1,75ab	1,90a	1,88a	1,57b	1,90a	0,0488
Hem	1,78d	2,67c	3,46b	3,68b	4,48a	0,0001
Cel	5,38e	7,20d	8,04c	8,91b	10,60a	0,0001
CNF	84,15a	74,56b	66,53c	61,83d	55,37e	0,0001
DIVMS	91,90a	88,57b	87,40b	85,10c	83,60c	0,0001
Ca	0,17e	0,52d	0,88c	1,22b	1,57a	0,0001

*Valores expresados en base seca.

**Medias con letra distinta dentro de una misma fila son estadísticamente diferentes.

cercanos al 30% en la pollinaza con cama de burucha o aserrín (Tobía y Vargas 2000a), a pesar de ello otros autores reportan contenidos mucho más bajos de aproximadamente 15% (Gutiérrez et ál. 2003, Vargas y Mata 1994). La adición de pollinaza permitió mejorar el aporte de PC del ensilado, pues niveles de inclusión iguales o superiores al 10% de pollinaza garantizan un suministro mínimo de 7-8% de PC para un adecuado funcionamiento ruminal y consumo voluntario (Allison 1985, Milford y Minson 1965), ya que logró inclusive, niveles de PC similares a los de algunas fórmulas de alimento balanceado para rumiantes disponibles a nivel comercial. Aproximadamente 70% de la proteína cruda proveniente de la pollinaza corresponde a nitrógeno no proteico o degradable en rumen (Tobía y Vargas 2000b), lo cual implica que animales de mediano-alto potencial genético requerirán suplementación con fuentes de proteína verdadera sobrepasante para su adecuado desempeño.

En lo que respecta a EE otros autores han reportado valores similares a los observados en la presente investigación para cáscaras de yuca frescas y ensiladas (Dairo 2011, Solano 2012), mientras para la pollinaza se han publicado valores que van desde 1,4 hasta 4,4% (Gutiérrez et ál. 2003, Tobía y Vargas 2000a, Vargas y Mata 1994). Como se aprecia en el Cuadro 2, el mayor contenido de EE presente en la pollinaza (2,96%) con respecto al subproducto de yuca (0,92%), favoreció que los 3 tratamientos con mayor inclusión de pollinaza presentaran contenidos significativamente mayores de grasa que los demás con un promedio de 3,75% (Cuadro 3), superior al observado en forrajes tropicales, lo cual podría favorecer el consumo energético de animales en pastoreo sin sobrepasar el consumo prudente de grasas entre 2-5% (Doreau y Ferlay 1994).

La concentración de cenizas del ensilaje presentó un incremento significativo conforme la adición de pollinaza al presentar un rango entre 2,64-10,9% (Cuadro 3). Lo anterior se debió al alto contenido mineral encontrado en la pollinaza (21,62%), similar al reportado por otros autores (Gutiérrez et ál. 2003) y mayor al reportado

por algunos estudios que presentan valores cercanos al 15% (Tobía y Vargas 2000a, Vargas y Mata 1994). El alto contenido de cenizas se refleja en la concentración de Ca del ensilado, que fluctuó entre 0,17 y 1,57% con diferencias significativas entre los 5 niveles de pollinaza probados y un incremento lineal al aumentar la proporción de pollinaza de la mezcla, lo cual se debe al contenido de este mineral en el subproducto avícola utilizado (Cuadro 2). Es importante tomar en cuenta este alto aporte de Ca a la hora de balancear la dieta de los rumiantes suplementados con este tipo de materiales, ya que así evita deficiencias o desbalances minerales por interacciones con otros elementos importantes como el fósforo y el zinc.

En lo que respecta a los componentes de la pared celular, en el Cuadro 3 se observa que la FND y la FDA presentaron comportamientos muy similares al incrementarse de manera significativa conforme la adición de pollinaza al ensilado, ya que mostraron rangos para FND entre 8,9% y 16,98%, mientras que la FDA varió de 7,1% a 12,5%, el contenido de lignina del ensilado no presentó diferencias significativas entre los tratamientos probados debido a la pequeña diferencia encontrada entre las concentraciones de lignina de los 2 subproductos utilizados.

Los contenidos de FDN y FDA para ensilados de subproductos de yuca con pollinaza obtenidos en esta investigación, permiten caracterizar este material como una fuente pobre en fibra (NRC 2001) que para ser utilizada como suplemento, se debe complementar con alimentos que permitan un aporte adecuado de fibra con el fin de prevenir problemas de acidosis ruminal. En este sentido los contenidos de FDN y FDA encontrados para la pollinaza en esta investigación son similares a los reportados por Tobía y Vargas (2000a) pero muy distintos a los publicados por otros autores que encontraron contenidos de aproximadamente el doble (Gutiérrez et ál. 2003, Vargas y Mata 1994) lo cual tiene importantes implicaciones prácticas al considerar su inclusión dentro de los sistemas de alimentación de bovinos, si se considera además, la variación

en la calidad de la pollinaza y la aparente relación inversa entre su contenido proteico y fibroso.

Respecto a los demás componentes de la pared celular, en el Cuadro 3 se detalla el contenido de Hemicelulosa y Celulosa del ensilado de pollinaza con subproducto de yuca, fluctuó entre 1,78-4,48% y 5,38-10,6% respectivamente conforme al incremento en la proporción de pollinaza en el ensilado y coincidente con el bajo contenido de ambos componentes presente en el subproducto de yuca, pues éste último por el contrario es un material rico en CNF (Cuadro 2), motivo por el cual se observó una disminución lineal en estos carbohidratos de fácil disponibilidad al adicionar pollinaza al ensilado, ya que cambió de 84,15% a 55,37% al ensilar el subproducto de yuca con 0 y 20% de pollinaza, respectivamente. Desde el punto de vista del proceso de ensilaje, inclusive el nivel más bajo de CNF obtenido al adicionar 20% de pollinaza es lo suficientemente alto para garantizar una adecuada fermentación (McDonald 1981). De acuerdo con Sánchez (2007) la principal limitante de los pastos tropicales desde el punto de vista nutricional corresponde a su aporte energético, debido entre otras cosas a sus bajos contenidos de CNF usualmente inferiores al 10%, lo cual define al ensilado evaluado en la presente investigación como una alternativa interesante para complementar dicha deficiencia.

Los parámetros de DIVMS encontrados en esta investigación permiten evidenciar la alta digestibilidad que posee el subproducto de yuca cercana al 90%, que en conjunto con una digestibilidad de casi 65% para la pollinaza utilizada, permite generar materiales con buen aprovechamiento por parte del rumiante (Cuadro 2). Se encontró un descenso significativo en la DIVMS del ensilado conforme a la adición de pollinaza (Cuadro 3) probablemente debido a que la pollinaza es un material más rico en fibra y lignina y por el contrario con menor contenido de CNF que el subproducto de yuca. Sin embargo se puede observar que el rango de DIVMS para los 5 niveles de pollinaza utilizados estuvo entre 91,8% y 83,6% lo cual permite obtener un material altamente digestible que complementa de manera muy oportuna las raciones a base de pastoreo de los sistemas ganaderos costarricenses.

Características fermentativas

Se determinó un efecto altamente significativo del nivel de pollinaza sobre el pH del ensilado ($p < 0,001$), N-NH₃ ($p < 0,0001$), CA ($p < 0,0001$) y las características organolépticas evaluadas (EO) ($p < 0,001$) (Cuadro 4).

La adición de pollinaza hasta un 15% provocó una disminución en el pH del ensilado probablemente debido a una mejora en el

Cuadro 4. Características fermentativas del ensilado de yuca con distintos niveles de pollinaza.

Parámetro**	% de inclusión de pollinaza*					Pr<F
	0	5	10	15	20	
pH	4,53ab	4,63a	4,30c	4,38bc	4,60a	0,001
N-NH ₃	1,45d	2,70c	3,12c	6,45b	8,23a	0,0001
CA	141,50c	174,80b	149,94c	204,68a	219,38a	0,0001
EO	1,60a	1,56a	1,37a	1,00b	1,00b	0,001

Medias con letra distinta dentro de una misma fila son estadísticamente diferentes.

**N-NH₃ = nitrógeno amoniacal como porcentaje del nitrógeno total; CA = capacidad amortiguadora mEq NaOH.100g⁻¹MS. EO = Evaluación Organoléptica.

contenido de MS requerido para la fermentación. Contrariamente, al adicionar 20% de pollinaza el pH aumentó de manera significativa lo cual posiblemente se relacione con el mayor contenido de nitrógeno disponible (Alejos de la Fuente 2013, Gutiérrez et ál. 2003). La capacidad amortiguadora no mostró una tendencia clara para los niveles de inclusión de pollinaza de 0, 5 y 10%; sin embargo al alcanzar niveles de 15 y 20% se obtuvo un incremento significativo alcanzando valores de hasta 219,4 mEq de NaOH.100 g⁻¹ MS, contrario a lo reportado por Gutiérrez et ál. (2003) al adicionar pollinaza a subproductos de piña ya que reportaron una tendencia a la disminución de dicho parámetro. Comportamiento similar se esperaba obtener en la presente investigación pues el aumento en la concentración de PC y cenizas (acompañado del incremento lineal en la concentración de Ca) (Cuadro 3) genera un efecto amortiguador sobre los ácidos orgánicos producidos durante la fermentación (McDonald y Henderson 1962) y una elevación del pH, que se traduce en una menor cantidad de NaOH necesaria para elevar el pH del material (López et ál. 2009).

La adición de pollinaza al ensilaje produjo un aumento de la concentración de nitrógeno amoniacal, ya que cambió de 1,45% en el tratamiento sin pollinaza a 8,23% para el tratamiento con 20% de subproducto avícola, como consecuencia del incremento en el nitrógeno aportado por la pollinaza (Alejos de la Fuente 2013, Gutiérrez et ál. 2003). Según este parámetro el proceso fermentativo a modo general es adecuado para todos los tratamientos, en especial cuando se utilizan valores de 10% de inclusión de pollinaza o menores con los cuales se obtienen contenidos de N-NH₃ menores a 5% característicos de ensilajes de excelente calidad (Peña y Del Pozo 1992). Gutiérrez et ál. (2003) reportaron contenidos entre 13 y 23% de N-NH₃ para niveles de pollinaza de 0 a 30%. Los valores obtenidos en la presente investigación son comparables a los reportados para ensilaje de maíz en Costa Rica (Castillo et ál. 2009, Cubero et ál. 2010).

La evaluación sensorial dio como resultado una mejor puntuación para los 2 tratamientos con mayor contenido de pollinaza clasificándose como excelentes, en comparación con los otros 3 que se clasifican entre buenos y excelentes. Esta clasificación no coincide con lo observado en los parámetros fermentativos, pues los tratamientos con mayor proporción de pollinaza produjeron mayores contenidos de N-NH₃, a pesar de ello inclusive estos tratamientos presentan parámetros fermentativos aceptables, lo que podría implicar que la agudeza de los sentidos no sea suficiente como para discriminar entre ellos, y por el contrario otros aspectos como el olor levemente alcohólico de los tratamientos con bajo contenido de pollinaza les afectara en términos de puntuación al no percibirse olores fuertes a amoníaco en ninguno de los 5 tratamientos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El ensilaje de subproductos de yuca mezclados con pollinaza a nivel experimental presenta características adecuadas que sugieren la necesidad de pruebas con silos de mayor escala. Se recomienda además dar seguimiento a los resultados de esta investigación mediante evaluaciones de respuesta animal que incluyan el ensilado de subproductos de yuca con pollinaza como componente de la ración en sistemas basados en pastoreo.

La mezcla de 90% subproducto de yuca con 10% de pollinaza parece dar los mejores resultados, pues permite parámetros fermentativos que indican un proceso de conservación adecuado, mientras que desde el punto de vista nutricional se obtiene un material de muy buena calidad reflejado en la DIVMS y el contenido de PC.

El ensilado de subproductos de yuca con pollinaza corresponde a un material altamente concentrado en carbohidratos fermentables que sirven como fuente de energía de rápida disponibilidad para los microorganismos del rumen, que complementan de manera adecuada el forraje que consumen los animales en pastoreo. Se

debe balancear la ración de manera que se prevengan problemas de acidosis por deficiencias de fibra en la dieta.

El pH de todos los tratamientos probados en esta investigación fue menor al nivel máximo establecido por la legislación costarricense que regula la utilización como suplemento para rumiantes. Sin embargo se recomienda realizar pruebas para evaluar el efecto directo del proceso de ensilaje sobre la presencia de químicos y antibióticos utilizados en las granjas, y poblaciones microbianas de especial interés como la salmonella.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al personal del Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) por la colaboración brindada en la ejecución de los análisis de laboratorio y a la Vicerrectoría de Investigación de la UCR por el apoyo financiero brindado.

LITERATURA CITADA

- ALEJOS DE LA FUENTE J. 2013. Ensilaje de pencas de nopal tunero con excretas pecuarias. Tesis de doctorado. Colegio de Posgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. 97 p.
- ALLISON C. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: A review. *Journal of Range Management* 38(4):305-311.
- ARCE J., VILLALOBOS L., WINGCHING R. 2013a. Costo de producción de ensilaje en fincas de Asociados de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. *Revista Ventana Lechera* 21:4-8.
- ARCE J., VILLALOBOS L., WINGCHING R. 2013b. Costos de producción de pastos de piso en fincas de Asociados de la Cooperativa de Productores de leche Dos Pinos R.L. *Revista Ventana Lechera* 21:9-12.
- ARROYO C., ROJAS A., ROSALES R. 2003. Urea o pollinaza como suplemento proteico para toretes consumiendo ensilaje de pulpa de pejibaye. *Revista Agronomía Costarricense* 27(2):69-73.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). 1990. Official methods of analysis. 15 ed. Washington, D.C. 1008 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). 2000. Official methods of analysis. 17 ed. Washington, D.C. 2000 p.
- BETANCOURT M., GONZALEZ I., MARTINEZ DE ACURERO M. 2005. Evaluación de la calidad de los ensilajes. *Revista Digital Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela* 8:1-5 .
- CASTRO K. 2012. Análisis de 60 fincas en el programa de costos, Oficina de análisis del sector primario y Programa de transferencia tecnológica, Cooperativa Dos Pinos R.L. In: Primer Seminario de costeo administrativo de la empresa lechera. San Carlos, Costa Rica. 25 p.
- CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCIÓN (CNP). 2012. Sistema de Información e Inteligencia de Mercados. Raíces y Tubérculos. *Boletín Yuca*. N° 5 Octubre 2012. 7 p.
- CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCIÓN (CNP). 2013. Sistema de Información e Inteligencia de Mercados. Análisis de Mercados de Yuca. N° 4 Setiembre 2013. 7 p.
- CORPORACIÓN GANADERA NACIONAL (CORGOFA). 2013. Encuesta Ganadera Nacional 2012. Informe de resultados. San José, Costa Rica. 36 p.
- CUBERO J., ROJAS A., WINGCHING R. 2010. Uso del inóculo microbio elaborado en finca en ensilaje de maíz (*Zea mays*). Valor nutricional y fermentativo. *Revista Agronomía Costarricense* 34(2):237-250.
- DAIRO A. 2011. Utilization of ensiled metabolizable mixture of cassava peels and caged layers. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 11(5):5110-5124.
- DOREAU M., FERLAY A. 1994. Digestion and utilization of fatty acids by ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 45:379-396.
- GONZÁLEZ J. 2013. Situación actual y perspectivas del sector lácteo costarricense. Visión de la Cámara Nacional de Productores de leche. In: Congreso Nacional Lechero 2013. San Carlos, Costa Rica 56 p.
- LA GACETA. 2000. Reglamento sobre el manejo y control de gallinaza y pollinaza. Decreto N° 29145 MAG-S-MINAE. La Gaceta N° 242. 18 de diciembre del 2000.
- LEÓN H. 2009. Gerencia Eficiente de empresas lecheras. In: Congreso Nacional Lechero. San Carlos, Costa Rica. 57 p.
- LÓPEZ M., WINGCHING R., ROJAS A. 2009. Características fermentativas y nutricionales del ensilaje de rastrojo de piña (*Ananas comosus*). *Revista Agronomía Costarricense* 33(1):1-15.
- MATA L. 2011. Tabla de composición de materias primas usadas en alimentos para animales. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 127 p.
- MCDONALD P. 1981. The biochemistry of silage. John Wiley Ltd. New York. 226 p.
- MCDONALD P., HENDERSON A.R. 1962. Buffering capacities of herbage samples as factor in silage.

- Journal of Science Food and Agriculture 13:395-400.
- MILFORD R., MINSON D. 1965. Intake of tropical pastures species. In International Grassland Congress, 9th, Sao Paulo. 815 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th edition. National Academy Press. Washington D.C. 408 p.
- PEÑA P., DEL POZO P. 1992. Explotación de pastos y forrajes. ISCAH: La Habana, Cuba. 106 p.
- SÁNCHEZ J. 2007. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación de ganado lechero. In: XI Seminario de Pastos y Forrajes en sistemas de producción animal. Barquisimeto, Venezuela. 14 p.
- SÁNCHEZ J., SOTO H. 1996. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos I. Materia seca y componentes celulares. *Nutrición Animal Tropical* 3:3-18.
- SÁNCHEZ J., SOTO H. 1999a. Calidad nutricional de los forrajes de una zona con niveles medios de producción de leche, en el trópico húmedo del norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 23(2):165-171.
- SÁNCHEZ J., SOTO H. 1999b. Contenido de energía estimada para el crecimiento del ganado bovino, en los forrajes del trópico húmedo del norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 23(2):173-178.
- SÁNCHEZ J., SOTO H. 1999c. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos III. Energía para la producción de leche. *Nutrición Animal Tropical* 5:31-49.
- SEGURA A., SABORÍO D., SÁENZ M. 2003. Algunas normas de calidad en raíces y tubérculos tropicales de exportación en Costa Rica. *Revista Agronomía Costarricense* 27(1):49-61.
- SOLANO A. 2012. Alimentación para producción de leche en el trópico. Cooperativa de Productores de leche Dos Pinos R.L. 141 p.
- TOBÍA C. 2004. Introducción del ensilaje de soya en un sistema de producción intensiva de leche en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis de doctorado, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 120 p.
- TOBÍA C., VARGAS E. 2000a. Evaluación de las excretas de pollos de engorde (pollinaza) en la alimentación animal. I. Disponibilidad y composición química. *Agronomía Costarricense* 24(1):47-53.
- TOBÍA C., VARGAS E. 2000b. Evaluación de las excretas de pollos de engorde (pollinaza) en la alimentación animal. II Fraccionamiento de los componentes nitrogenados y contenido de energía. *Revista Agronomía Costarricense* 24(1):55-62.
- TOBÍA C., VARGAS E., ROJAS A., SOTO H. 2001. Evaluación de las excretas de pollos de engorde (pollinaza) en la alimentación animal. III. Rendimiento productivo de toretes de engorde. *Revista Agronomía Costarricense* 25(2):35-43.
- VAN SOEST P., ROBERTSON J. 1985. Analysis of forages and fibrous feeds. Cornell University. Ithaca, New York. 165 p.
- VAN SOEST P., ROBERTSON J., LEWIS B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3586-3597.
- VARGAS E., MATA L. 1994. Utilización de las excretas de aves en la alimentación de los rumiantes. *Nutrición Animal Tropical* 1:59-71.
- VILLALOBOS L., ARCE J. 2013. Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la región de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. I. Producción de materia seca y fenología. *Revista Agronomía Costarricense* 37(1):91-101.
- VILLALOBOS L., ARCE J., WINGCHING R. 2013. Producción de biomasa y costos de producción de pastos estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), Kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) y Ryegrass perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica. *Revista Agronomía Costarricense* 37(2):91-103.
- WILLIAMS C. 2013. Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo, pp. 47. In: FAO (ed). Revisión del desarrollo avícola. Roma, Italia.



Todos los derechos reservados. Universidad de Costa Rica. Este artículo se encuentra licenciado con Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica. Para mayor información escribir a rac.cia@ucr.ac.cr