

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES Y FERMENTATIVAS DE MEZCLAS ENSILADAS DE DESECHOS DE PIÑA Y AVÍCOLAS¹

Francisco Gutiérrez,* Augusto Rojas-Bourrillón,^{2/}* Herberth Dormond,* Mathew Poore** y Rodolfo Wing Ching-Jones*

Palabras clave: Desechos de piña, pollinaza, ensilaje, nutrición.

Keywords: Pineapple waste, poultry litter, silage, nutrition.

RESUMEN

Mediante el uso de microsilos se analizó las características fermentativas y nutricionales de ensilajes de mezclas de desechos frescos de piña y avícolas. Las mezclas se establecieron en relación base fresca de 100% piña; 90:10; 80:20 y 70:30 piña: pollinaza, respectivamente, con 5 repeticiones por tratamiento. Los ensilajes se prepararon simulando el manejo de silos comerciales, colocando los materiales en capas de tal manera que la capa superior e inferior fueron de desechos de piña. La adición creciente de pollinaza incrementó los contenidos de materia seca, proteína cruda, fibra detergente ácido, lignina, sílice y elementos minerales mayores y trazas. Contrariamente, la inclusión de pollinaza redujo los contenidos de extracto etéreo, fibra detergente neutro, hemicelulosa, celulosa y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca. La inclusión de pollinaza en la mezcla aumentó los valores de pH, nitrógeno amoniacal, ácido butírico y redujo los contenidos de ácido láctico, etanol y ácido acético de los ensilajes. Se concluye que la mezcla 90:10 desechos de piña y pollinaza presenta las mejores características fermentativas (pH: 3,62; NH₃-N/N total: 16%; ácido láctico 3,19% MS;

ABSTRACT

Nutritive value and fermentative characteristics of pineapple waste and poultry litter silages. By using laboratory silos, mixtures of pineapple waste and poultry litter were ensiled during 60 days to study fermentation and quality characteristics. Ratios of pineapple and poultry litter used were based on 100% pineapple; 90:10; 80:20 and 70:30 wet basis, respectively. Materials were arranged on layers in such a way that the upper and lower were pineapple waste. The addition of poultry litter in the mixture increased dry matter, crude protein, ADF, lignin, silica and mineral content of the silages, but decreased ether extract, NDF, hemicellulose, cellulose and IVDMD. Addition of poultry litter increased silage pH, ammonia nitrogen, butyric acid content and decreased lactic acid, acetic acid and ethanol concentrations. It is concluded that a mixture of 90:10 of pineapple waste and poultry litter resulted on good fermentation silages with pH values of 3.62, 16% ammonia-nitrogen; lactic acid 3.19 %DM, and, butyric acid 0.06%DM. The nutrient content of this silage was 13% DM, 10% CP, 2% EE, 65% FND, 15% NSC, 35% FAD, 30% hemicellulose, 30% cellulose, 3.9%

1/ Recibido para publicación el 7 de junio del 2002.

2/ Autor para correspondencia.

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

** Departamento de Ciencia Animal, Universidad de Carolina del Norte, Estados Unidos.

ácido butírico 0,06% MS) y nutricionales con un valor de DIVMS de 79%; y contenidos de 13% MS; 11% PC; 2% EE; 65% FDN; 15% CNE; 35% FDA; 30% hemicelulosa; 30% celulosa; 3,9% lignina; 0,43% sílice; 1,28% de Ca; 0,73% de P y 0,20% de Mg.

lignin, 0.43% silica, 1.28% Ca, 0.73% P, 0.20% Mg and 79% IVDM digestibility.

INTRODUCCIÓN

El sector frutícola en la región de San Carlos ha experimentado un acelerado crecimiento, especialmente, en los cultivos de naranja y piña. Esto ha permitido el establecimiento de empresas industrializadoras de estas frutas, las cuales generan grandes volúmenes de desechos anualmente.

Los desechos de piña (pulpa y cáscara) han sido utilizados en la alimentación de rumiantes por parte de productores de leche y carne de la región, con resultados satisfactorios en la producción de leche y condición corporal de los animales. Además, este tipo de suplemento, ha beneficiado a estos productores, al sostener y aumentar la carga animal por hectárea en épocas de déficit forrajero. No obstante, dada la estacionalidad de la producción de piña y por consiguiente la de los desechos de esta fruta, la necesidad de buscar una alternativa sustentable para el uso de estos desechos y disminuir su efecto contaminante, genera la posibilidad de utilizarlos en forma ensilada.

La técnica del ensilaje ha demostrado ser una alternativa adecuada para preservar desechos agrícolas similares, como pejibaye (Rojas *et al.* 1995), pulpa de cítricos (Scott 1990), camote (Ruíz *et al.* 1981) y yuca (Fournier 1982). Debido a que estos desechos presentan bajos niveles de proteína cruda, se establece la necesidad de suplementar ese faltante mediante la incorporación de fuentes nitrogenadas, entre las cuales los desechos avícolas representan una alternativa potencial debido a su facilidad de adquisición, aporte de N y de materia seca de bajo costo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de pollinaza sobre la dinámica del proceso fermentativo y el valor nutritivo de ensilajes de desechos de piña.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tratamientos

Se utilizó 20 microsilos, los cuales fueron contruidos con baldes plásticos de 5 galones con una capacidad máxima para contener 18,02 kg de desechos de piña o 6,8 kg de pollinaza. Se usó un niple de acero inoxidable de 112 mm de diámetro, que se colocó en la base del mismo, para adaptarle una manguera plástica, al final de ésta se le colocó un tapón de acero inoxidable con rosca, para recolectar los efluentes. Una vez que el balde se completó con las capas determinadas de mezcla, se procedió a taponar el recipiente y se verificó que no quedara ninguna entrada de aire al sistema. Estos baldes se colocaron bajo condiciones ambientales de laboratorio durante 60 días.

A los desechos de piña se les agregó niveles crecientes de pollinaza, para mantener las siguientes relaciones porcentuales de desechos de piña:pollinaza en base fresca: 100:0, 90:10, 80:20 y 70:30, para un total de 4 tratamientos con 5 repeticiones. Los desechos de piña y la pollinaza se colocaron en capas, de manera que las capas del fondo y de encima del recipiente fueran de desechos de piña, para simular silos comerciales. Se mantuvo una relación de capas de desechos de piña por capa de pollinaza de 4:3. Las relaciones en base seca de las

mezclas evaluadas se presentan en el cuadro 1, y la composición proximal de los materiales empleados en la elaboración de los microsilos, previo a su ensilaje, se resumen en el cuadro 2.

Mediciones

Durante el proceso fermentativo se recolectó y midió el volumen de efluentes. Después de 60 días y previamente pesados, los microsilos fueron abiertos, se procedió a descartar el material putrefacto según apreciación visual, cuando todo el material se encontraba en condiciones putrefactas, esto se consideró como efecto de tratamiento.

En el material preensilado y ensilado se analizó el contenido de materia seca mediante estufa a 60°C, durante 48 h, proteína cruda, extracto etéreo (AOAC 1990), carbohidratos no estructurales (Eastridge 1994), fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa, hemicelulosa, lignina, sílice y digestibilidad *in vitro* (Van Soest

y Robertson 1985). Muestras de piña sin ensilar fueron obtenidas cada semana con la finalidad de caracterizar la variación en el contenido nutricional (Cuadro 3). La concentración de ácido láctico se determinó por colorimetría, según Barker y Summerson (1941). Los análisis de Ca, P, Mg, K, Fe, Cu, Zn, Mn, se realizaron mediante la metodología descrita por Briceño y Pacheco (1984); citados por Henríquez *et al.* (1995).

El pH de las muestras ensiladas se determinó en extractos, mezclando 20 g de ensilaje fresco con 80 ml de agua destilada, se agitó por 30 min y luego se determinó el pH.

La capacidad alcalinizante del material ensilado se determinó mediante la metodología indicada por McDonald y Henderson (1962).

La concentración de nitrógeno amoniacal, se determinó por medio del método de destilación Kjeldahl, AOAC (1990).

La determinación de la concentración de los ácidos: acético, N-buárico y propiónico, se

Cuadro 1. Relaciones en base seca de las mezclas evaluadas.

Relación v/v	Proporción de materia seca	
	Pulpa y cáscara de piña (%)	Pollinaza (%)
100/0	100	0
90/10	71,40	28,60
80/20	52,59	47,41
70/30	39,29	60,71

Cuadro 2. Características nutricionales de los materiales utilizados en la evaluación (Base seca).

Nutrimento	Material	
	Pulpa y cáscara de piña	Pollinaza (cama de burucha)
Materia seca (%)	8,04	76,73
Proteína cruda (%)	6,56	15,19
Extracto etéreo(%)	1,20	1,40
Fibra cruda(%)	15,93	30,09
Fibra Detergente Neutro (%)	77,61	68,75
Fibra Detergente Ácido (%)	26,07	39,39
Carbohidratos no estructurales (%)	12,0	nd*
Cenizas(%)	3,49	20,32
Energía bruta (Kcal kg ⁻¹)	4,40	3,83
D.I.V.M.S. (%)	86,19	52,65

* nd= no determinado.

Cuadro 3. Variación de la composición nutricional de los desechos de piña frescos (Base seca).

Nutrimento	Valor			
	Promedio	Mínimo	Máximo	C.V.
Humedad (%)	88,55	88,05	89,22	0,53
Materia seca 60°C	11,45	10,78	11,95	4,10
Materia seca total (%)	10,17	9,29	10,72	5,48
Proteína cruda (%)	7,63	7,39	7,87	6,46
Extracto etéreo (%)	1,70	1,45	2,07	13,60
Fibra Detergente Neutro (%)	67,88	63,20	74,39	6,44
Fibra Detergente Ácido (%)	39,97	35,10	45,58	11,34
Carbohidratos no estructurales (%)	18,58	12,74	23,67	22,43

realizó mediante cromatografía de gases. El cromatógrafo utilizado cuenta con una columna HP-INNOWAX, de una longitud de 30 m.

El contenido de etanol se determinó mediante la metodología descrita por AOAC (1990).

Análisis estadístico de la información

La información se analizó utilizando un diseño irrestricto al azar, en donde cada uno de los 4 tratamientos se repitió 5 veces para un total de 20 microsilos. Las tendencias con relación al porcentaje de pollinaza adicionado se evaluaron a través de análisis de regresión para obtener tendencias de mejor respuesta utilizando el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados, tendencias y significancias con respecto a la composición nutricional, composición mineral y parámetros fermentativos se resumen en los cuadros 4, 5 y 6, respectivamente.

Materia seca (MS)

Los contenidos promedio de materia seca, fluctuaron de 12,97% (10% de inclusión) a 18,91% (30% de inclusión). El ensilaje con únicamente desechos de piña presentó un porcentaje de 10,27% (Cuadro 4).

El análisis del volumen de efluentes, producido durante el proceso de ensilaje, indica que la inclusión de pollinaza provocó una disminución

Cuadro 4. Composición nutritiva de los ensilajes de desechos de piña con pollinaza (Base seca).

	Nivel de inclusión de pollinaza(%)				DE (±)	Tendencia	Significancia
	0	10	20	30			
Materia seca (%)	10,27	12,97	15,67	18,91	0,37	Lineal	0,001
Proteína cruda (%)	7,72	10,28	11,60	12,33	0,24	Lineal	0,04
Extracto etéreo(%)	2,52	2,04	1,65	1,58	0,28	Lineal	0,04
Fibra Detergente Neutro (%)	67,08	65,02	61,19	59,88	2,46	Lineal	0,02
Carbohidratos no estructurales (%)	18,46	14,72	13,79	12,34	2,73	Lineal	0,05
Fibra Detergente Ácido (%)	35,39	35,46	36,13	36,93	0,83	Lineal	0,05
Hemicelulosa (%)	31,69	29,57	25,07	22,95	2,31	Lineal	0,01
Celulosa (%)	32,19	30,13	29,52	28,81	0,73	Lineal	0,05
Lignina (%)	1,95	3,89	5,06	6,40	0,95	Lineal	0,01
Sílice (%)	0,33	0,43	0,62	0,77	0,14	Lineal	0,01
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (%)	82,30	78,60	71,10	70,37	1,66	Lineal	0,04

en la producción de efluentes, en donde el tratamiento que contenía un 100% de desechos de piña, produjo en promedio 842,5 ml en comparación con valores de 11,6 a 2,6 ml, conforme se adicionaba pollinaza. Este comportamiento estaría asociado a la capacidad absorbente y al alto contenido de materia seca de la pollinaza. Debido a diferencias en el contenido de materia seca entre el material utilizado para la elaboración de ensilajes en relación al material muestreado posteriormente (Cuadro 4) no es posible calcular los valores de pérdida de nutrimentos durante el proceso fermentativo.

Rude y Rankins (1991) y Harmond *et al.* (1975), informaron de aumentos en el contenido de materia seca en los ensilajes de pasto Bermuda y forraje de maíz respectivamente al agregar pollinaza, con valores de 35 a 54% (al incluir hasta 20% de pollinaza) y de 40 a 50% (con adiciones de 15 a 45% de pollinaza en la mezcla) respectivamente, valores superiores a los cuantificados en la presente investigación, lo cual es reflejo de las diferencias en los contenidos de humedad de los materiales utilizados.

Si bien se ha establecido que un alto contenido de materia seca es deseable, ya que favorece el proceso de estabilización, lo cual reduce las pérdidas de nutrimentos por efluentes, además de que existe una correlación positiva entre éste parámetro y el consumo animal (Wangness y Muller 1981), los valores determinados fueron similares a los informados por otros autores (Scott 1990), cuando utilizaron desechos altos en humedad, como la pulpa de cítricos.

Proteína cruda (PC)

El contenido de proteína cruda aumentó al incrementar el nivel de inclusión de pollinaza en la mezcla (Cuadro 4). Los contenidos promedio fluctuaron de 10,28% (10% de inclusión) a 12,33% (30% de inclusión), mientras que el ensilaje con 100% de desechos de piña presentó un promedio de 7,72%.

Rojas *et al.* (1995), indican que niveles inferiores a 7% de proteína cruda en los forrajes, se asocian con consumos bajos, lo que indica que los desechos de piña podrían tener limitaciones si no se suplementan con fuentes proteicas.

Por su parte, Harmond *et al.* (1975), mencionan aumentos en el contenido de proteína cruda en los ensilajes al agregar pollinaza e indican que la contribución más significativa de la adición de pollinaza en mezclas, es incrementar el contenido de proteína cruda. Similarmente, Figland y Russel (1991), Rasool *et al.* (1998), Rude y Rankins (1991), Iftikhar *et al.* (1991), encontraron incrementos en el contenido de proteína cruda al agregar hasta un 20% de pollinaza a ensilajes de maíz quebrado, forraje Sudax (*Sorghum sudanense* x *Sorghum vulgare*) y pasto Bermuda.

Extracto etéreo (E.E)

La inclusión de pollinaza disminuyó el contenido de extracto etéreo en los ensilados (Cuadro 4). Los contenidos promedio fluctuaron de 2,04% (10% de inclusión) a 1,58% (30% de inclusión), mientras que el nivel de 100% de desechos de piña presentó un 2,52%.

La incorporación progresiva de pollinaza redujo los contenidos de extracto etéreo debido, principalmente, a un efecto de dilución al tener la pollinaza menores contenidos de este componente que la pulpa y la cáscara de piña.

Los valores obtenidos son muy similares a aquellos informados por Sánchez y Soto (1996), para forrajes tropicales como pasto Estrella africana (21-25 días de pastoreo) de 2,08% y 1,89% (26-30 días de pastoreo), para pasto Kikuyo (26-30 días de pastoreo) de 2,35% y para el pasto King grass (cosechado entre 50 y 60 días) de 1,73%.

Carbohidratos no estructurales (CNE)

La inclusión de pollinaza disminuyó el contenido de carbohidratos no estructurales en los ensilados (Cuadro 4). Esta tendencia está asociada al menor contenido de carbohidratos solubles en la pollinaza, que sustituye a un sustrato más rico en estos nutrimentos como son los desechos de piña. Este efecto también se refleja en el proceso fermentativo, al presentar los ensilajes con altos niveles de pollinaza bajos contenidos de etanol y ácidos orgánicos. El contenido de carbohidratos no estructurales presentó diferencias

significativas entre tratamientos, variando desde 18,46% (100% de desechos de piña) hasta 12,34% (30% de inclusión).

Harmond *et al.* (1975), informaron resultados similares, atribuyendo el contenido de carbohidratos no estructurales a la adición creciente de pollinaza y al bajo nivel de éstos en la materia seca de la misma (4,4%).

Los valores de carbohidratos no estructurales encontrados en las mezclas ensiladas, son superiores al promedio general, informado por Sánchez y Soto (1996), para especies forrajeras de piso (pasto Estrella africana, Ruzzi, Kikuyo, San Juan Blanco y Morado), el cual fue de 8,72%, y para el pasto de corte (King grass) el contenido fue de 8,68%. Los autores indican la necesidad de aportes de carbohidratos no estructurales mediante suplementos, lo cual parcialmente podría ser satisfecho mediante el uso de estas mezclas ensiladas; además estos valores en los forrajes han sido asociados al desarrollo de ensilajes de mala calidad, lo cual se estaría evitando, al considerar que las mezclas sin ensilar estarían presentando altos niveles de ellos.

Fibra detergente neutro (FDN)

La inclusión de pollinaza resultó en una reducción en el contenido de pared celular de los ensilados (Cuadro 4). Los mayores contenidos de pared celular se obtuvieron en los ensilajes con 100% de desechos de piña (67,08%) que se reducen a 59,38%, cuando la inclusión de pollinaza fue del 30%, aunque las diferencias solo fueron significativas entre los niveles de 10 y 20% de inclusión de pollinaza.

Rasool *et al.* (1998), Rude y Rankins (1991) y Morrison (1979), han demostrado disminuciones en el contenido de la pared celular al incluir pollinaza en ensilajes con base a forraje Sudax, pasto Bermuda y pasto Ryegrass perenne. Este comportamiento lo han asociado al período de ensilaje, así como a la capacidad de la microflora del ensilaje de producir celulasas y hemicelulasas extracelulares, para reducir los polisacáridos y así transportar éstos a través de la membrana bacteriana. Esta reducción estaría también asociada al menor contenido de FDN en la pollinaza.

Considerando que el mayor aporte nutricional de la piña proviene del contenido de la fibra detergente neutro, que en la presente investigación fue de 86% de digestibilidad *in vitro* de la materia seca de este material, es de suponer que la fibra detergente neutro es altamente fermentable en rumen, similar a la presente en la pulpa de cítricos (Rojas 1996), lo cual podría favorecer el consumo debido a su alta tasa de fermentación ruminal.

Fibra detergente ácido (FDA)

El contenido de FDA durante el ensilaje aumentó al incrementar el nivel de inclusión de pollinaza en la mezcla (Cuadro 4). Los contenidos promedio fluctuaron de 35,46% (10% de inclusión) a 36,93% (30% de inclusión), mientras que en el tratamiento con 100% de desechos de piña se cuantificó un 35,39%, lo cual está relacionado con la mayor concentración de este nutrimento en la pollinaza.

Rasool *et al.* (1998), informaron de un incremento significativo de la fibra detergente ácido al incrementar el porcentaje de pollinaza mezclado con forraje Sudax Figland y Russel (1991) encontraron resultados similares al trabajar con maíz quebrado y pollinaza. Por otra parte, Rude y Rankins (1991) encontraron una variabilidad en el contenido de FDA (19-44%), al trabajar con mezclas de pollinaza y pasto Bermuda, pero no encontraron una tendencia definida por efecto de la inclusión de pollinaza.

Fraccionamiento de la fibra detergente neutro

Al adicionar pollinaza los contenidos de celulosa y hemicelulosa disminuyeron, mientras que los contenidos de lignina y sílice aumentaron (Cuadro 4). Este comportamiento ha sido informado por Rasool *et al.* (1998) y Figland y Russel (1991).

Morrison (1979) encontró que, al someter el pasto Ryegrass perenne, a la acción de ácidos débiles, como el benzoico y el hexanoico, una pequeña parte de las pérdidas de la celulosa y hemicelulosa fue causada por la acción microbiana.

Esto sugiere la acción de algunas especies de la microflora del ensilaje, capaces de producir celulasas y hemicelulasas extracelulares, puesto que estos polisacáridos son demasiado grandes como para ser transportados a través de la membrana bacteriana.

El incremento en la concentración de lignina y sílice se debe a la mayor concentración de estos nutrimentos en la pollinaza y a su escasa o nula degradación durante el proceso de fermentación del ensilaje.

Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

La incorporación de niveles crecientes de pollinaza causó una disminución lineal sobre la digestibilidad *in vitro* de la materia seca en los ensilados de desechos de piña (Cuadro 4). Los valores promedio fluctuaron entre 82,30% (100% desechos de piña) hasta 70,37% (30% de inclusión de pollinaza). Esta disminución en la digestibilidad está relacionada con una sustitución de sustratos altamente fermentables y presentes en los desechos de piña (como son su alto contenido de fibra detergente neutro y carbohidratos no estructurales) por concentraciones menores de estos nutrimentos presentes en la pollinaza, ésto asociado a un mayor aporte de lignina por ésta materia prima.

A pesar de que la mejoría en el contenido de proteína cruda del ensilado, al adicionar la pollinaza, anticipaba una mayor digestibilidad *in vitro* de la materia seca, es notable que el factor limitante para asegurar un óptimo comportamiento animal es la calidad de la fibra presente en los ensilajes de mezclas de pollinaza y desechos de piña.

Hadjipanayiotou (1984), menciona una disminución en la digestibilidad de los ensilados, como respuesta a la adición creciente de pollinaza en paja de cebada con proporciones 1:1 (pollinaza: paja de cebada) y 2:1 (pollinaza: paja de cebada), cuantificando valores de digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica de 37 y 35%, respectivamente.

Contenido macro mineral

La inclusión de pollinaza presentó una tendencia lineal creciente en los contenidos macro minerales de los ensilados de desechos de piña (Cuadro 5). Este incremento lineal es debido al aporte de los mismos por la pollinaza. Jacobs *et al.* (1997), mencionan que la pollinaza es una excelente fuente de macro minerales y que el exceso de éstos no es problema, excepto bajo condiciones específicas, como cuando existen altos niveles de Ca en presencia de un desbalance con otros minerales, causando fiebre de leche en vacas recién paridas.

La ventaja que ofrece este tipo de ensilado, es que puede suplir en mayor proporción las necesidades minerales del ganado, lo que podría disminuir los costos por concepto de suplementación mineral, tomando en cuenta los posibles desbalances minerales que se puedan presentar, especialmente con el nivel de Ca y el P. En el presente trabajo se encontró una cantidad superior a la recomendada para el ganado lechero (0,43 a 0,77% y 0,25 a 0,48%) en la materia seca (NRC 1996), respectivamente y la tolerable para el ganado de carne (0,17 a 0,53% y 0,17 a 0,59%) en la materia seca (NRC 1989), respectivamente.

Contenido micro mineral

La inclusión de pollinaza aumentó el contenido de Fe, Cu, Zn y Mn de los ensilados de desechos de piña (Cuadro 5).

Al comparar el contenido de elementos trazas de los ensilajes con los requerimientos establecidos, se aprecia un aporte importante de estos nutrimentos. Según las tablas del NRC (1996), para el ganado lechero, los niveles de Fe, Cu, Zn y Mn en base seca son: 12-43, 9-18, 43-73 y 12-14 ppm, respectivamente. En ganado de carne, las concentraciones, según las tablas del NRC (1989) son de: 50, 10, 30 y 20 ppm para Fe, Cu, Zn y Mn en base seca, respectivamente.

En el cuadro 5, se observa que el nivel máximo de inclusión de pollinaza en la mezcla, produjo ensilados en donde los niveles de micro

Cuadro 5. Composición mineral de los ensilajes de desechos de piña con pollinaza (Base seca).

	Macro minerales (%)				DE (±)	Tendencia	Significancia
	Nivel de inclusión de pollinaza (%)						
	0	10	20	30			
Ca	0,17	1,28	2,09	2,75	0,07	Lineal	0,001
P	0,13	0,73	0,82	1,03	0,10	Lineal	0,07
Mg	0,09	0,20	0,30	0,37	0,01	Lineal	0,01
K	1,56	1,83	2,11	2,15	0,12	Lineal	0,04
Micro minerales (ppm)							
Fe	613,40	663,20	722,60	824,70	151,51	Lineal	0,02
Cu	21,20	39,30	46,30	54,60	4,00	Lineal	0,03
Zn	160	191,10	225	258,40	61,37	Lineal	0,0002
Mn	52	128	195	244	7,75	Lineal	0,005

Cuadro 6. Parámetros fermentativos de los ensilajes de desechos de piña con pollinaza.

	Nivel de inclusión de pollinaza(%)				DE (±)	Tendencia	Significancia
	0	10	20	30			
pH	3,29	3,62	4,35	4,87	0,05	Lineal	0,01
Capacidad buffer (meq NaOH 100 g ⁻¹ MS)	163,25	151,78	147,91	146,99	22,37	Lineal	0,10
% NH ₃ -N/N total	13,38	15,90	21,63	23,17	1,34	Lineal	0,02
Ácido láctico (% en MS)	3,27	3,19	2,03	1,26	0,28	Lineal	0,04
Etanol (% en MS)	4,54	2,82	2,40	1,83	0,54	Lineal	0,05
Acido acético (% en MS)	2,86	1,96	1,66	1,03	0,59	Lineal	0,02
Acido butírico (% en MS)	0	0,06	2,06	1,99	0,10	Lineal	0,04

minerales son aceptables, dados los niveles máximos de tolerancia antes citados.

Características fermentativas

Capacidad buffer

Los valores de capacidad buffer de los ensilajes se observan en el cuadro 6. La adición de pollinaza desfavorece la fermentación durante el ensilaje, debido a su alta capacidad tampón, causada por su alto aporte en N soluble (Esmail 1997). Esta característica tiende a neutralizar la producción de ácidos como el láctico y acético durante la fermentación. Dicho comportamiento está asociado al mayor valor de pH cuantificado

en los ensilajes con alta adición de pollinaza (Cuadro 6).

Por la información anterior se deduce que niveles de inclusión de pollinaza mayores al 10% afectarán la estabilidad del ensilaje, dada la reducción en la tasa de producción de ácidos orgánicos en el material ensilado.

Nitrógeno amoniacal (NH₃-N/N total)

El contenido de N amoniacal, respecto al N total de los ensilajes, aumentó al incrementar los niveles de pollinaza en la mezcla (Cuadro 6). Los contenidos promedio fueron de 15,90% (10% de inclusión) a 23,17% (30% de inclusión). El ensilaje con 100% de desechos de piña tuvo un nivel del 13,38%.

Se ha encontrado que un ensilaje de excelente calidad, se refleja en los valores de N amoniacal, los cuales oscilan entre el 5% y el 8%, respecto al N total (Peña y Del Pozo 1992). Concentraciones menores al 11% de N amoniacal se califican como aceptables y un ensilaje de mala calidad es aquel que contiene valores de N amoniacal superiores al 15%, (Moreno 1977).

Al considerar esta información se observa que la inclusión de pollinaza en niveles mayores al 10%, genera cantidades de N amoniacal que exceden los estándares de calidad aceptados e indican en forma directa el grado de proteólisis y de fermentaciones indeseables que están ocurriendo (Moreno 1977), y a su vez, estas altas concentraciones estarían inversamente relacionadas con el consumo (Moreno 1977).

Rasool *et al.* (1998), encontraron aumentos en el contenido de N amoniacal con respecto al N total de ensilajes, utilizando niveles crecientes de pollinaza y detectaron que el N total incrementó ligeramente y el N proteico disminuyó considerablemente. Resultados similares fueron mencionados por Harmond *et al.* (1975), quienes encontraron incrementos en el nivel de N amoniacal con respecto al N total en ensilajes de forraje de maíz, al agregarles urea o niveles crecientes de pollinaza e indicaron que dicho incremento del N amoniacal se debía a la hidrólisis de la urea, procesos proteolíticos, procesos de deaminación de las proteínas del material forrajero o por la conversión de otros constituyentes nitrogenados a amoníaco.

En el presente trabajo se observó el efecto desfavorable de la pollinaza, al incrementar el contenido de N amoniacal en los ensilados con cada nivel creciente de pollinaza. Con base en los resultados obtenidos, podría esperarse una respuesta poco favorable en el consumo de ensilados con niveles de pollinaza superiores al 10% de inclusión.

Valor de pH

Los valores de pH del ensilaje aumentaron en forma creciente al incrementar el nivel de inclusión de pollinaza en la mezcla (Cuadro 6). El valor de pH para el tratamiento con 100% de de-

sechos de piña fue de 3,29 mientras que los valores fluctuaron de 3,62 a 4,87 al incluir 10% y 30% de pollinaza, respectivamente. La pollinaza al ser un material altamente amortiguador requiere de altas cantidades de ácidos, los cuales provienen del aporte de carbohidratos de los desechos de piña; sin embargo, este proceso es limitado por el alto contenido de humedad de los ensilajes, favoreciendo la proliferación de microorganismos que causan degradación de proteína y producción de ácido butírico.

Rasool *et al.* (1998), informaron de aumentos en el valor de pH en los ensilajes elaborados con forraje Sudaz al agregar pollinaza, debido a las altas concentraciones de amonio. Harmond *et al.* (1975), utilizando forraje de maíz y niveles crecientes de pollinaza, encontraron que el pH final de las mezclas que contenían pollinaza fue más alto que el encontrado en el tratamiento control (sin pollinaza). Tendencias similares fueron encontradas por Rude y Rankins (1991), utilizando forraje de maíz, pasto Johnson y pasto Bermuda mezclados con niveles crecientes de pollinaza con aumentos de 3,8-4,9; 4,3-6,1 y de 4,2-5,7, respectivamente.

Si se considera que un buen ensilaje debe tener un pH entre 3,7 y 4,2 (Moreno 1977), se aprecia que la inclusión de un 20% de pollinaza aleja a estos ensilados de ser clasificados como aceptables, desde el punto de vista de calidad fermentativa.

La importancia de un valor de acidez bajo en el ensilaje, radica en que se reduce la proteólisis y se mejora la estabilidad de los aminoácidos (McDonald 1981).

Ácidos orgánicos y etanol

El nivel de ácido láctico y de acético disminuyó mientras que la concentración de ácido butírico aumentó al incrementar el nivel de pollinaza en el ensilaje de piña (Cuadro 6). Únicamente el valor de ácido láctico obtenido en el ensilaje con adición de 10% de pollinaza puede ser considerado aceptable, si se toma en consideración que los ensilajes de buena calidad contienen ácido láctico entre 3-13% de la materia seca.

Debido a las características de los desechos de piña como la alta humedad, bajo contenido de proteína, disponibilidad de azúcares y alta acidez inicial, se favorece el desarrollo de levaduras, las cuales producen cantidades importantes de etanol utilizando los carbohidratos solubles disponibles (Stefanie *et al.* 1999). Se establece así una competencia con las bacterias productoras de ácido láctico por los azúcares disponibles y una vez establecidas las levaduras al agotarse los azúcares estas pueden utilizar el lactato como fuente de fermentación (Lara y Lara 1977).

Como se aprecia en el cuadro 6 conforme se adiciona pollinaza se disminuye la concentración de etanol, lo cual es el resultado de una disminución en la disponibilidad de azúcares fermentables y ésta disminución reduce la producción de ácido láctico y acético. Consecuentemente, esta baja concentración de ácidos deseables asociado a la alta humedad de las mezclas y al efecto amortiguador de la pollinaza, favorecen la proliferación de bacterias productoras de ácido butírico, las cuales estimulan la proteólisis y el incremento en N amoniacal, favoreciendo un valor de pH alto. Lara y Lara (1977), hacen énfasis en el hecho de que si el pH del medio no alcanza rápidamente el nivel crítico, las fermentaciones indeseables llevadas a cabo por las bacterias productoras de ácido butírico predominarán a partir de los lactatos producidos y los azúcares residuales. Generalmente, se acepta que los ensilados de buena calidad no deben contener ácido butírico; sin embargo (Lara y Lara 1977), consideran que niveles menores al 2% pueden ser indicativos de ensilados de calidad aceptable. Si se considera que un ensilado de mala calidad es aquel que presenta valores de ácido butírico de 1-7% y niveles de 0,5-2% de ácido láctico (Lara y Lara (1977), el uso de niveles mayores al 10% de inclusión de pollinaza en la mezcla no sería recomendable para los ensilados de desechos de piña, según la tendencia observada en el cuadro 6.

CONCLUSIONES

La incorporación de desechos de piña en la alimentación del ganado puede ser incrementada

con la implementación de la técnica del ensilaje y la calidad del mismo mejorada con la adición de un 10% de pollinaza. Esta estrategia favorecería sistemas de producción amigables con el ambiente.

LITERATURA CITADA

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (AOAC). 1990. Official methods of analysis. Washington. D.C. 1213 p.
- BARKER S.B., SUMMERSON, W.H. 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *J. Biol. Chem.* 138: 535.
- EASTRIDGE M. 1994. Influence of fiber intake on animal health and productivity. Tri-State Dairy Nutrition Conference. 45 p.
- ESMAIL S. 1997. Poultry litter as a dietary ingredient for livestock. *World Poultry* 13(4): 23-25.
- FIGLAND J., RUSSEL J. 1991. Effects of moisture content and ensilation on the composition, intake and digestibility of broiler litter. *J. Anim. Sci. Supplement* 1 (69): 169.
- FOURNIER A. 1982. Uso de la técnica de microsilos en la conservación de yuca, camote, banano, con carne de tilapia (*Tilapia* sp). Tesis de Licenciatura con énfasis en Zootecnia. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Universidad de Costa Rica. 71 p.
- HADJIPANAYIOTOU M. 1984. Estiércol de aves para alimentar a los rumiantes. *Revista Mundial de Zootecnia* (49): 32-38.
- HARMOND B., FONTENOT J., WEBB K. 1975. Ensiled broiler litter and corn forage. I. Fermentation characteristics. *J. Anim. Sci.* 40(1): 144-155.
- HENRÍQUEZ C., BERTSCH F., SALAS R. 1995. Fertilidad de suelos: Manual de laboratorio. San José, Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 64 p.
- IFTIKHAR A., FONTENOT J., ALLEN V. 1991. Nutritional value and palatability of corn stover treated with different sources of nitrogen. *J. Anim. Sci. Supplement* 1: (69, 80).
- JACOBS J., KUNKLE W., TERVOLA R., MILES R., MATHER F. 1997. Broiler litter, Part 1: a feed ingredient for ruminant. University of Florida. Institute of Food

- Animal and Agricultural Science. Florida Cooperative Extension Service. p. 1-5, 13.
- LARA Y LARA P.E. 1977. Diferentes niveles de melaza y urea en el ensilaje de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis M.Sc. Universidad de Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 72 p.
- MCDONALD P. 1981. The Biochemistry of Silage. John Wiley and Sons, Ltd. New York. 226 p.
- MCDONALD P., HENDERSON A. 1962. Buffering capacities of herbage samples as factor of silage. *Journal of Science and Food Agriculture* (13): 395-400.
- MORENO A.H. 1977. Evaluación de ensilajes de Pasto Panamá (*Saccharum sinense*), para la alimentación de vacas de doble propósito. Tesis M.Sc. Universidad de Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 98 p.
- MORRISON I. 1979. Changes in the cell wall components of laboratory silages and the effect of various additives on these changes. *J. Agric. Sci., Camb.* 93:581-586.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1989. Nutrient requirement of beef cattle. National Academic of Science, Washington. D.C.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1996. Nutrient requirement of dairy cattle. National Academic of Science, Washington. D.C.
- PEÑA P.M., DEL POZO P. 1992. Explotación de pastos y forrajes. ISCAH: La Habana, Cuba. p. 106.
- RASOOL S., SIAL M., AHSAN-UL-HAQ JAMIL A. 1998. Chemical changes during ensiling of sudax fodder (*Sorghum sudanense*/*Sorghum vulgare*). *Anim. Fd. Sci. Tec.* 72: 347-354.
- ROJAS A., GÓMEZ M., AGUIRRE D. 1995. Caracterización nutricional y digestibilidad *in vitro* del ensilaje de mezclas de fruto de pejíbaye (*Bactris gasipaes*) y morera (*Morus alba*). *Agronomía Costarricense* 19(2): 39-43.
- ROJAS A. 1996. Uso de desechos agroindustriales en la alimentación del ganado lechero. Seminario: Ganado lechero. Costa Rica, Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica, Universidad Nacional, North Carolina State University, UDLP. 25 p.
- RUDE B., RANKINS D. 1991. Ensiling various forages with broiler litter. *J. Anim. Sci. Supplement* 1 (69): 233.
- RUIZ M., LOZANO E., RUIZ A. 1981. El uso del camote (*Ipomea batatas* L.), en la alimentación animal: III. Adición de diversos niveles de raíces y urea al ensilaje del follaje de camote. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 11 p.
- SAS. 1985. User guide: Statistics. SAS Inst. Inc. Cary, NC.
- SÁNCHEZ J., SOTO H. 1996. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del Cantón de San Carlos. I Materia seca y componentes celulares. *Revista Nutrición Animal Tropical* 3(1): 3-18.
- SCOTT D.G. 1990. Efecto de la adición de diferentes proporciones de caña íntegra picada (*Saccharum officinarum*) y de residuo integral de naranja (*Citrus sinensis*), sobre la composición final de un ensilaje con pasto King grass (*Pennisetum* sp c.v. King grass). Tesis de Lic. con énfasis en Zootecnia. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Universidad de Costa Rica. 61 p.
- STEFANIE J., ELFERINK O., DRIEHUIS F., GOTTSCHAL, SPOELSTRA S. 1999. Silage fermentation processes and their manipulation. Institute for Animal Science and Health, Lelystad, The Netherlands. 16 p.
- VAN SOEST P.J., ROBERTSON J.B. 1985. Analysis of forages and fibrous food: a Laboratory manual for animal science. Cornell University, New York. 613 p.
- WANGNESS P.J., MUELLER L. 1981. Maximum forage for dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 65: 1.

