

Tratamiento y calidad nutritiva de subproductos fibrosos de palma de aceite (*Elaeis guineensis*, Jacq,)*

Treatment and nutritional quality of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) fibrous by products

Aurora Cuesta P. ¹; Abelardo Conde P. ¹; Martha Liliana Moreno S. ²

RESUMEN

La industria de la palma de aceite representa uno de los renglones más importantes de la economía nacional y en el proceso industrial de la obtención del aceite de palma se originan materiales de tipo fibroso que ofrecen la posibilidad ser reutilizados. El propósito de este estudio fue determinar el efecto de la amonificación con urea y sulfato de amonio en concentraciones de amonio del 2,8 y 5,6% sobre la calidad nutricional de los residuos fibrosos obtenidos en el proceso de extracción del aceite de palma, tales como fibra (f) y sólidos retenidos en tamiz primario(stp) y secundario (sts). En el Laboratorio de Nutrición Animal de la UDCA, con materiales provenientes de la plantación Palmas de Casanare, se elaboraron microsilos distribuidos en cinco tratamientos (testigo, urea 5%, urea 10%, sulfato de amonio 11%,y sulfato de amonio 22%) y cuatro tiempos de almacenamiento (0 - 30 - 60 - 90 días). Los resultados de las pruebas fisicoquímicas presentaron variación en la calidad nutritiva, siendo mayor el efecto del sulfato de amonio al 22% en todos los subproductos. Se obtuvo un efecto positivo en el nivel de nitrógeno amoniacal y nivel de nitrógeno total, siendo este último en comparación con el testigo, 3,4 veces más para la fibra (13,0 vs 44,6 g/kg), 8,6 veces más para el stp (8,3 vs 71,6 g/kg) y 5,9 veces más para el sts(13,0 vs 76,6 g/kg). Los niveles de pared celular, al igual que las fracciones que la componen, disminuyeron con el tratamiento. Se aumentó la tasa de solubilidad y degradabilidad de la materia seca *in-sacco*, mostrando a las 48 horas un aumento para la fibra de 135,8 g/kg, para los stp de 123,7 g/kg y para el sts de 208,1 g/kg. El tiempo de amonificación no mostró efecto significativo. Los cambios positivos obtenidos por la amonificación sobre las características nutritivas de todos los materiales sugieren que pueden ser empleados en la alimentación de rumiantes, constituyéndose los resultados en información básica para adelantar estudios *in-vivo* de estos subproductos tratados.

SUMMARY

The purpose of this study was to determine the effect of the ammonification on the nutritional quality of the fibrous residues, obtained in the palm oil extraction process. Residues such as fiber (f) and solids retained in primary(stp)and secondary screens (sts), with urea and ammonium sulfate in ammonium concentrations of 2.8 and 5.6%. In the animal lab of UDCA, with materials from the plantation Palmas de Casanare, located in the Department of Casanare, Colombia, micro-silos were elaborated in five treatments (witness, urea 5%, urea 10%, ammonium sulfate 11%, ammonium sulfate 22%) and four storage times (0-30-60-90 days). The chemical-physical tests showed a variation in the nutritive quality, being higher the effect of the ammonium sulfate 22% in all the sub-products. The results showed a positive effect in the level of ammoniac nitrogen and total nitrogen

* El trabajo hace parte del proyecto de investigación "Utilización de subproductos de palma africana en la alimentación de rumiantes", financiado por UDCA. - Cenipalma - Palmas de Casanare.

1 Docentes investigadores UDCA. Apartado Aéreo 34204. Bogotá, Colombia. Correo electrónico udca@elsitio.com
2 Zootecnista. UDCA. Apartado Aéreo 34204. Bogotá, Colombia.

level, being the last one in comparison with the witness 3.4 times more for the fiber (13.0 Vs 44.6 g/Kg), 8.6 times more for the stp (8.3 Vs 71.6 g/Kg) and 5.9 times more for the sts (13.0 Vs 76.6 g/Kg). The levels of cell wall, as well as the fractions that compose it, diminished with the treatment. The rate of solubility and degradability of the dry matter Insoco grew, showing at 48 hours an increase for the fiber of 135.8 g/Kg, for the stp of 123.7 g/Kg, and for the sts of 208.1 g/Kg. The ammonification time did not present a significant effect. The positive changes obtained by the ammonification on the nutritional characteristics of all the materials suggest that they can be used in the feeding of ruminants. The results constitute basic information to in-vivo studies on these treated sub-products.

Palabras claves: Palma de aceite. Fibras, Subproductos, Valor nutritivo, Amonificación, Técnicas analíticas.

INTRODUCCIÓN

La industria palmera en Colombia realiza un gran esfuerzo por modernizarse para competir con el mercado internacional, lo que ha generado la intensificación del cultivo para obtener una mayor productividad, originando, de igual manera, el incremento de subproductos provenientes de la extracción del aceite, que ofrecen la posibilidad de ser reutilizados.

En el proceso industrial del racimo de la palma de aceite para la obtención del aceite crudo se originan materiales de tipo fibroso. En el inicio del proceso de extracción se obtiene la fibra del mesocarpio de los frutos, que junto con el cuesco sirve para generar vapor de agua al adicionarlos a las calderas (Del Hierro 1993); otros residuos, como los sólidos retenidos en tamiz primario o materiales remanentes del tamizado sólido retenido en una primera criba y sólidos de tamiz secundarios o residuos recuperados en una segunda criba, son llevados a los cultivos para ser empleados como fertilizantes (VI Mesa Redonda Latinoamericana 1990). Dichos materiales no sólo se producen diariamente en altas cantidades sino que presentan prolongados tiempos de descomposición, lo cual genera marcados problemas de contaminación.

De otra parte, la falta de alimentos para poligástricos en épocas críticas (sequías prolongadas), determina que las producciones de carne o leche disminuyan, lo que podría suplirse con estos residuos agroindustriales.

Los residuos agroindustriales hacen parte de las principales fuentes de carbohidratos renovables en el mundo, como son la celulosa, la hemicelulosa y las pectinas, las cuales se encuentran asociadas con la lignina en la pared celular de todas las plantas. La lignina favorece la estructura de la planta, pero en muchas ocasiones está presente en concentraciones altas, protegiendo físicamente la pared celular de la degradación microbiana (Preston y Leng 1989)

La literatura indica que los subproductos de la palma de aceite están constituidos por altas cantidades de pared celular (25 a 36% de fibra cruda), compuesta por sustancias químicas orgánicas caracterizadas por contener altos niveles de los complejos ligno-celulósicos y ligno-hemicelulósicos, haciéndolos pocos digestibles y limitando su aprovechamiento para la alimentación animal. Poseen proteína total entre 5 a 8% y niveles variables de grasa total para la fibra 10,4%, para remanentes de tamiz primario 61,7% y para remanentes de tamiz secundario 66,4%. Los minerales totales representados por la ceniza, varían entre 3,3% a 4,5% (Coljap 1992; Del Hierro 1993; Corredor 1994).

Por lo anterior, las mayores deficiencias nutricionales de estos residuos agroindustriales para poder ser bien utilizados en la alimentación de ruminantes son su alta indigestibilidad, determinada por los niveles de pared celular, y

los bajos contenido de nitrógeno, lo cual hace que sean degradados muy lentamente en el rumen, con el consecuente bajo consumo. Para mejorar esto es necesario someter esos residuos a algún proceso que modifique la estructura de sus paredes celulares y que además le provea de alguna fuente de nitrógeno (Forero 1990).

La amonificación es un tratamiento económicamente viable que mejora el valor nutritivo de los subproductos fibrosos, aumentando la digestibilidad de la materia seca. El tratamiento afecta la pared celular de los residuos fibrosos liberando algunos de los carbohidratos que la componen, permitiendo una fácil fermentación (Forero 1990). El amonio (NH_3) reacciona químicamente con los enlaces Beta de la pared celular de los materiales fibrosos, haciéndola más accequible a la fermentación microbiana (Kudo et al. 1994). La urea y el sulfato de amonio utilizados comúnmente en el agro como fertilizantes, son fuentes potenciales para la realización del proceso de amonificación (Cuesta y Laredo 1988).

El objetivo de la presente investigación fue el de evaluar el efecto de la amonificación con urea y sulfato de amonio sobre el contenido de proteína total, la pared celular y sus fracciones y la digestibilidad de la materia seca, en fibra o mesocarpio del fruto, sólidos remanentes en tamiz primario y sólidos remanentes en tamiz secundario de la palma de aceite.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), localizada en Bogotá, departamento de Cundinamarca, a 2.660 m s n m, con una temperatura promedio de 131C, una precipitación anual promedio de 630 mm y una humedad relativa del 77%.

Los subproductos fibrosos utilizados fueron: La fibra o mesocarpio del fruto, residuos de los lodos de tamiz primario(STP) y residuos de lodos de tamiz secundario(STS), suministrados por la plantación Palmas del Casanare ubicada en la vereda La Libertad, a 22 km del municipio de

Villanueva, departamento de Casanare con una temperatura de 281C, precipitación de 230 mm y una altitud 560 msnm.

Las fuentes de amonificación fueron la urea comercial, identificada como fertilizante, hecho en Venezuela, expendido en Colombia bajo el sello de Nitroven y con un nivel certificado del 46% de Nitrógeno y el sulfato de amonio ($\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$) comercial, identificado como abono químico granulado, licencia ICA N1 499, Barranquilla, fabricado por Monómeros Colombo-Venezolanos, con una composición garantizada de: Nitrógeno total (N) 21%, Nitrógeno amoniacal (N) 21%, Azufre (S) 24%.

Las adiciones de las fuentes a los microsilos se establecieron según el aporte de nitrógeno amoniacal (NNH_3) de cada una de ellas, en concentraciones de 2,8 y 5,6% de amonio; se determinaron niveles para la úrea del 5 y 10% y para el sulfato de amonio del 11 y 22%.

Elaboración de microsilos

La elaboración de los microsilos se efectuó utilizando bolsas de plástico transparente de (35 x 60 cm), calibre 6, sello reforzado, identificadas por tipo de material, por fuente, urea, sulfato de amonio en las concentraciones requeridas para obtener el nivel adecuado de NNH_3 el abono se adicionó uniformemente en capas y se utilizó una bomba de vacío para la extracción del aire de cada bolsa, y se usó cuerda de nylon de 1,0 mm de diámetro para atar las bolsas. Una vez desalojada la mayor cantidad de aire se retorció el extremo sobrante de la bolsa y se ato con la cuerda. Cada bolsa así elaborada conformo un microsilo, almacenado en tiempos de 0, 30, 60 y 90 días. La apertura de los microsilos se hizo según el tiempo de almacenamiento estipulado; sin embargo, debido al tiempo empleado en el montaje total del experimento, el tiempo cero (0) correspondió a ocho días de ensilado de los materiales.

Las evaluaciones de NNH_3 y pH se realizaron inmediatamente después de a la apertura de los microsilos. Para la determinación de la materia seca (MS) y posteriores evaluaciones químicas y nutricionales, se tomaron alícuotas de 350 g de

los microsillos después de cuarteos sucesivos para obtener una muestra homogénea. Los materiales se molieron en un molino Willey con tamices de 4,0 mm y de 1,0 mm.

Las evaluaciones para la caracterización química y nutricional se realizaron según las técnicas estandarizadas en el laboratorio de Nutrición Animal de la UDCA, en los materiales de cada concentración y tiempo. Se evaluó la materia seca (MS), el nitrógeno total (NT), la proteína total (PT), los lípidos totales (EE), la fibra cruda (FC), la ceniza (C), la materia orgánica (MO), la fibra detergente neutra (FDN), la fibra detergente acida (FDA), el contenido celular (CC), la celulosa (CEL) y la lignina (LIG), así como la digestibilidad de la materia seca *In Sacco* (DMSIS), estimada con base en la incubación del material en bolsas de nylon, dentro del compartimento ruminal de un bovino canulado, en tiempos de 24 y 48 horas, según la técnica de Orskov et al. (1980).

Para el análisis estadístico se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial lineal de tres materiales (fibra, sólidos de tamiz primario y sólidos de tamiz secundario), cinco tratamientos de amonificación (Testigo, Urea 5%, Urea 10%, Sulfato de amonio al 11% y Sulfato de amonio al 22%), cuatro tiempos de almace-

namiento (0, 30, 60 y 90 días) y dos repeticiones por tratamiento.

Las características evaluadas o valoradas se procesaron en el paquete estadístico S.A.S. (Statistical Analysis System) obteniendo el análisis de varianza (ANOVA) y la Prueba Duncan para la comparación de medias (Steel y Torrie 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los niveles de materia seca (MS) y de pH obtenidos para los diferentes materiales con cada una de las fuentes de amonificación.

La MS por acción del tratamiento aumentó en los diferentes materiales, siendo más significativo el cambio con sulfato de amonio que con urea. Cuando se uso el nivel del 22% de sulfato de amonio, el incremento en comparación con el testigo fue de 6,4 unidades porcentuales para la fibra, de 11,9 para el tamiz primario y de 15,4 para el tamiz secundario, presentando mayor efecto este último material, debido probablemente al mayor contenido de humedad del material testigo, factor que influye en la cantidad de los residuos agroindustriales tratados (Cuesta y Laredo 1980). Debido a que en un alimento el mayor nivel de MS está asociado con mayores componentes para el animal, se puede establecer que los materiales amonificados proporcionan mayores concentraciones de nutrientes.

El pH de los materiales amonificados con urea mostraron niveles de alcalinidad, siendo este efecto más importante para la fibra (pH 8,1) y para el STS (pH 7,9), debido al desdoblamiento la urea en gas amoníaco (NH₃), mientras que en el caso del sulfato de amonio el pH sigue

Tabla 1. Influencia de la amonificación sobre los niveles de materia seca y pH en subproductos fibrosos de la extracción del aceite de palma. Base tal como ofrecido

Parámetro	Fuente	Nivel (%)	Material		
			Fibra*	STP**	STS***
Materia seca %	Testigo	0	74,26 C ₁	38,86 C ₂	29,35 D ₃
	Urea	5	73,90 C ₁	40,14 C ₂	31,85 DC ₃
	Urea	10	76,33 BC ₁	41,44 C ₂	33,30 C ₃
	Sulfato de amonio	11	79,45 AB ₁	45,10 B ₂	38,06 B ₃
	Sulfato de amonio	22	80,65 A ₁	50,78 A ₂	44,75 A ₃
pH	Testigo	0	5,18 B ₁	4,50 A ₂	4,93 B ₁
	Urea	5	8,03 A ₁	5,53 A ₁	7,88 A ₁
	Urea	10	8,15 A ₁	5,50 A ₁	7,90 A ₁
	Sulfato de amonio	11	4,80 B ₁	4,35 A _{1,2}	4,28 B ₂
	Sulfato de amonio	22	4,89 B ₁	4,33 A ₂	4,28 B ₂

* Fibra: Mesocarpio del fruto; ** STP: Sólidos retenidos en tamiz primario; *** STS: Sólidos retenidos en tamis secundario.

Parámetros con diferente letra en cada columna pesentan diferencia significativa (P<0,05) en tratamientos.

Parámetros con diferente subnúmero en cada fila pesentan diferencia significativa (P<0,05) en materiales.

siendo ácido al igual que en los testigos, debido a que el amoníaco está en forma iónica (NH_4^+) y en medio ácido proporcionado por el ion sulfato; este nivel de pH ácido es comparable con lo presentado por los ensilajes de buena calidad (Londoño et al. 1993), adecuado para la alimentación animal.

En la Figura 1 se presentan los niveles de NNH_3 según el tratamiento de amonificación. Se pudo establecer, como se esperaba, que la amonificación aumenta positivamente los niveles de nitrógeno amoniacal (NNH_3) de los materiales. Se presenta diferencia muy significativa entre fuentes independiente de los materiales, cuando el tratamiento se hace con sulfato de amonio se aumenta en 3.4 veces el contenido en relación con la urea.

Aunque las cantidades de las fuentes en los materiales representó iguales concentraciones de NNH_3 hay diferencia significativa en los niveles, es así como al amonificar con el sulfato de amonio al 11% (2,8 de NNH_3), mostró 3,4 veces más de amonio que la urea al 5% (2,8 de NNH_3); igualmente para el nivel de 22% de sulfato de amonio (5,6% de NNH_3) se presentó un aumento de 3,9 veces comparado con la urea al 10% (5,6% de NNH_3). No se presentó diferencia significativa entre materiales; sin embargo, fue el único parámetro medido que presentó diferencia significativa en el tiempo de almacenamiento de los microsilos, independiente de los materiales; la concentración a los noventa días fue de 1,7 veces más de NNH_3 (2.350 mg/100g) comparado con el tiempo cero (1.358 mg/100g); sin embargo, se puede determinar que un período de 30 días es adecuado.

El aumento de NNH_3 por efecto del tratamiento beneficia la alimentación animal, mejorando el ambiente ruminal para una adecuada tasa de síntesis microbiana, una óptima degradación ruminal y un potencial mejor consumo de estos materiales fibrosos (Perdok y Leng 1989).

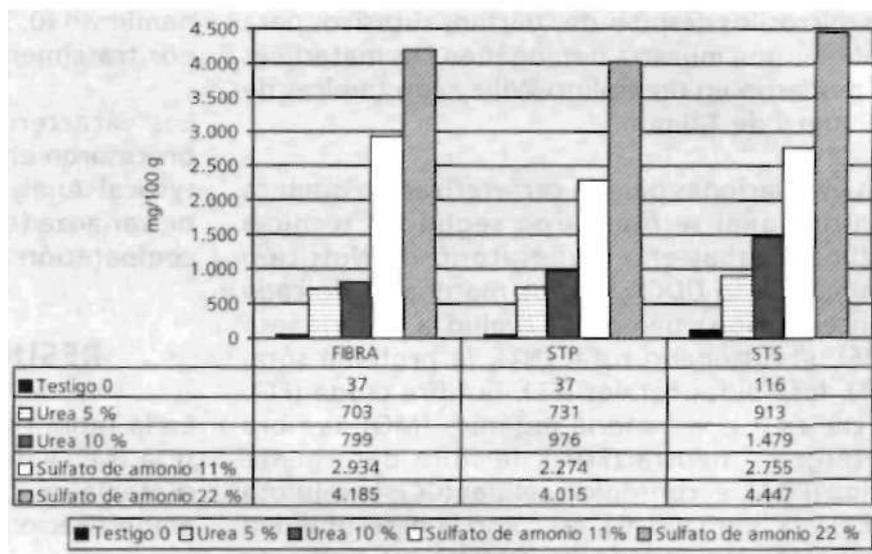


Figura 1. Niveles de nitrógeno amoniacal en materiales fibrosos de la extracción del aceite de palma, amonificados con diferentes niveles y fuentes.

Los mayores contenidos de NNH_3 presentados por los materiales tratados con sulfato de amonio hacen pensar en una posible toxicidad para los animales que los consumen; sin embargo, es importante tener en cuenta que el amoníaco suministrado por el sulfato de amonio se encuentra en forma iónica (NH_4^+), siendo esta forma menos tóxica debido a una menor difusión por las paredes del rumen y ser degradado más lentamente por las bacterias ruminales (Preston y Leng 1989).

Como se puede observar en la Figura 2, la valoración de los materiales mostró con la amonificación un efecto positivo en el nivel de NT influenciado por los niveles de nitrógeno amoniacal. En este parámetro no hubo diferencia significativa con las fuentes de amonificación, urea o sulfato de amonio, pero sí con el testigo ($P < 0,05$); sin embargo, hay diferencias para los materiales ($P < 0,05$), siendo más efectivo el tratamiento para los sólidos de tamiz primario y los sólidos de tamiz secundario que para la fibra. Se encontró diferencia estadística ($P < 0,05$) en los niveles, siendo 1,7 veces más importante el efecto cuando se amonifica con urea (10%) o sulfato de amonio (22%) en una concentración de 5,6% de NNH_3 que cuando se trata el material con nivel de 2,8% de NNH_3 y de 7,3 veces más cuando se compara con el testigo.

Este efecto es comparable con algunos residuos de cosecha como los tamos y cascarilla de cereales

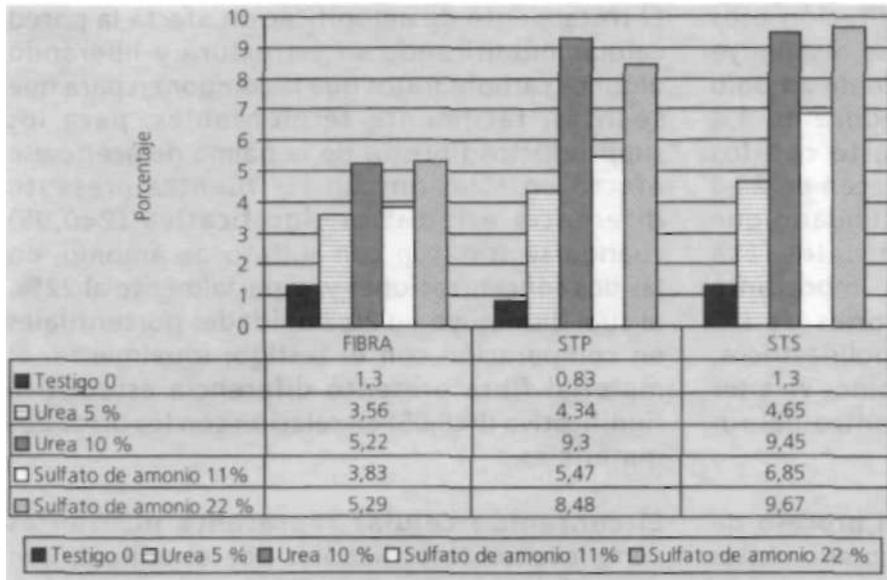


Figura 2. Niveles de nitrógeno total en materiales fibrosos de la extracción del aceite de palma, amonificados con diferentes niveles y fuentes.

la cual se incremento en 7,3 veces su nivel de PT cuando se amonificó con 5% de urea (Cuesta y Laredo 1989) y superior a lo indicado para el tamo de arroz amonificado que presenta una duplicación del nivel de NT y por tanto de PT (Forero 1990).

Este incremento de PT o NT es importante en la alimentación de bovinos porque permite maximizar la tasa de síntesis microbial, degradabilidad de la materia seca y el consumo voluntario de materiales fibrosos, como es este caso (Perdok y Leng 1989).

y tusa de maíz, los que amonificados con urea al 5% aumentaron, en promedio, 3,4 veces más su NT (Cuesta y Laredo 1989)

(63,94% y 49,04, respectivamente, Tabla 2), que al ofrecerlos a las especies rumiantes afectaría el funcionamiento ruminal (Miller 1989); sin

El efecto del tratamiento sobre la calidad nutritiva se observa en la Tabla 2, donde se presenta la variabilidad de la proteína total (PT), de los lípidos totales y de la fibra cruda.

Dado que la proteína se establece con base en el nivel de NT, este parámetro presentó la misma tendencia, eso es, se vio afectado positivamente por la amonificación, y mostró un efecto muy importante en los sólidos de tamiz primario y secundario los cuales se incrementaron entre 6 y 11 veces en comparación con el testigo, y para la fibra ese aumento estuvo entre 2,9 y 4 veces su valor inicial, niveles similares a lo reportado para la cascarilla de arroz,

Tabla 2. Características nutritivas de subproductos fibrosos de palma de aceite amonificados con diferente fuente y nivel de amonio. Base seca.

Parámetro	Fuente	Nivel (%)	Material		
			Fibra*	STP**	STS***
Proteína total %	Testigo	0	8,12 C ₁	5,18 E ₂	8,15 D ₁
	úrea	5	22,26 B ₂	27,11 D ₁	29,05 C ₁
	úrea	10	32,59 A ₃	64,36 A ₁	59,05 A ₂
	Sulfato de amonio	11	23,92 B ₃	34,16 C ₂	42,80 B ₁
	Sulfato de amonio	22	33,04 A ₁	53,00 B ₂	60,45 A ₁
Lípidos totales %	Testigo	0	6,46 ABC ₃	63,94 A ₁	49,04 A ₂
	Úrea	5	7,31 AB ₃	59,89 B ₁	47,11 AB ₂
	Úrea	10	8,18 A ₂	44,92 D ₁	43,96 B ₁
	Sulfato de amonio	11	5,93 BC ₃	48,52 C ₁	36,10 C ₂
	Sulfato de amonio	22	5,05 C ₃	39,52 E ₁	28,34 D ₂
Fibra cruda %	Testigo	0	50,65 A ₁	14,10 A ₃	16,63 A ₂
	Úrea	5	47,41 AB ₁	12,94 AB ₂	14,74 B ₂
	úrea	10	44,36 BC ₁	11,74 C ₃	14,26 B ₂
	Sulfato de amonio	11	43,78 C ₁	12,36 BC ₂	11,66 C ₂
	Sulfato de amonio	22	39,09 D ₁	9,94 D ₂	9,51 D ₂

* Fibra: Mesocarpio del fruto; ** STP: Sólidos retenidos en tamiz primario; *** STS: Sólidos retenidos en tamis secundario.

Parámetros con diferente letra en cada columna pesentan diferencia significativa (P<0,05) en tratamientos.

Parámetros con diferente subnúmero en cada fila pesentan diferencia significativa (P<0,05) en materiales.

embargo, por acción de la amonificación esos lípidos se degradan y la cantidad se disminuye especialmente cuando se usa sulfato de amonio al 22%. En el caso de fibra se reduce en 1,4 unidades porcentuales en contraste con los sólidos de tamiz primario que decrecen en 24,4 unidades y los sólidos de tamiz secundario que bajan en 20,7 unidades porcentuales. Esa solubilidad del extracto etéreo es importante porque permite mayores inclusiones de los residuos fibrosos en las dietas de poligástricos, dado que esa menor cantidad de lípidos va a ser hidrolizada con mayor eficiencia dentro del rumen.

Uno de los mayores beneficios del proceso de amonificación es la hidrólisis de los componentes de la pared celular. En el caso de los productos secundarios de la palma de aceite, la pared celular, medida como fibra cruda, se disminuyó significativamente ($P<0,05$), por efecto de la urea en 2,9 veces y en 6,1 veces por el sulfato de amonio. El tratamiento de 22% de sulfato de amonio permite disminuir significativamente ($P<0,05$) la fibra cruda en 7,62 unidades porcentuales, independiente del material; sin embargo, para el material fibra se estableció un mayor efecto, al reducir los niveles en 11,6 unidades porcentuales con respecto al testigo. En este proceso de amonificación se observó un mayor efecto que lo reportado para la paja de arroz tratada, que disminuyó la fibra cruda en sólo 1,8 unidades porcentuales (Forero 1990).

El efecto de la amonificación sobre la pared celular medida como: la fibra detergente neutra (FDN), la fracción lignocelulosa (FDA) y el contenido celular se puede apreciar en la Tabla 3.

El tratamiento de amonificación afecta la pared celular modificando su estructura y liberando algunos carbohidratos que la componen para que sean así fácilmente fermentables; para los subproductos fibrosos de la palma de aceite ese efecto en relación con las fuentes presentó diferencia estadística significativa ($P<0,05$) cuando se trataron con sulfato de amonio, en las dos concentraciones y, especialmente al 22%, el cual disminuyó en 20,3 unidades porcentuales en comparación con el testigo; igualmente, el material fibra presentó diferencia estadística significativa ($P<0,05$) en relación con los otros dos materiales.

El contenido celular representa nutrientes completamente utilizables por el animal, con digestibilidad mayor del 95% y se calcula por diferencia con el FDN.

El sulfato de amonio al 22% presenta la mayor incidencia en el tratamiento de los subproductos fibrosos de la palma de aceite, aumentándose en 20,3 unidades porcentuales, lo que permite

Tabla 3. Efectos de la amonificación sobre la pared celular de subproductos fibrosos de la palma de aceite. Base seca.

Parámetro	Fuente	Nivel (%)	Material		
			Fibra*	STP**	STS***
Fibra detergente neutra (FDN) %	Testigo	0	77,00 A ₁	50,21 A ₃	52,69 A ₂
	Úrea	5	75,03 B ₁	43,06 B ₂	43,11 B ₂
	Úrea	10	74,02 B ₁	39,11 C ₃	42,14 B ₂
	Sulfato de amonio	11	66,52 C ₁	36,16 C ₂	37,17 C ₂
	Sulfato de amonio	22	61,11 D ₁	29,46 D ₂	28,51 D ₂
Fibra detergente ácida (FDA) %	Testigo	0	65,76 A ₁	34,54 A ₃	41,44 A ₂
	Úrea	5	64,75 AB ₁	31,82 AB ₂	32,22 B ₂
	Úrea	10	63,05 B ₁	30,49 B ₂	30,68 BC ₂
	Sulfato de amonio	11	60,20 C ₁	29,06 B ₂	25,51 CD ₂
	Sulfato de amonio	22	50,63 D ₁	22,12 C ₂	20,11 D ₂
Contenido celular (CC) %	Testigo	0	22,34 D ₂	49,29 D ₁	47,31 D ₁
	Úrea	5	24,97 C ₂	56,91 C ₁	56,89 C ₁
	Úrea	10	25,98 C ₃	60,89 B ₁	57,88 C ₂
	Sulfato de amonio	11	33,49 B ₂	63,98 B ₁	62,83 B ₁
	Sulfato de amonio	22	38,89 A ₂	70,55 A ₁	71,49 A ₁

* Fibra: Mesocarpio del fruto; ** STP: Sólidos retenidos en tamiz primario; *** STS: Sólidos retenidos en tamiz secundario.

Parámetros con diferente letra en cada columna presentan diferencia significativa ($P<0,05$) en tratamientos.

Parámetros con diferente subnúmero en cada fila presentan diferencia significativa ($P<0,05$) en materiales.

establecer que la amonificación hidroliza la pared celular (FDN) en beneficio de una mayor concentración nutrientes de alta digestibilidad (CC), haciendo posible obtener materiales con cualidades nutricionales muy adecuadas para la alimentación animal.

El anterior efecto de la amonificación también incide en la fracción ligno-celulosa (FDA), en este caso la urea diluyó la FDA en 5.1 unidades porcentuales mientras que el sulfato de amonio lo hizo en 12,6 unidades, siendo ambas fuentes diferentes estadísticamente ($P < 0,05$) en relación con el testigo. El nivel del 22% fue el de mayor efecto, mostrando una disminución de 16,3 unidades con respecto al testigo, independiente del material. El material fibra presentó mayor contenido de FDA y es diferente estadísticamente ($P < 0,05$) en relación con los sólidos de tamiz primario y secundario.

Este efecto es comparable al mostrado por otros residuos agroindustriales, como en el caso del tamo de trigo amonificado con urea al 5% que se disminuyó en 7,1 unidades en comparación al testigo y el de tamo de arroz que solubilizo el FDA en 2,4 unidades porcentuales (Cuesta y Laredo 1989). Esto adquiere gran importancia en la alimentación bovina porque se le pueden ofrecer materiales con mayor posibilidad de digestión por parte del animal.

En la Figura 3 se observa la tendencia presentada por el carbohidrato estructural celulosa, la cual se afectó negativamente. El material fibra mostró mayores niveles de celulosa estadísticamente diferentes ($P < 0,05$) a lo presentado por los sólidos de tamiz primario y

secundario. El nivel del 22% de sulfato de amonio muestra mayor solubilidad, 9,0 unidades porcentuales, en comparación con el testigo y con diferencia estadística ($P < 0,05$). La urea tiene menor efecto, 2,4 unidades, mientras que con el sulfato de amonio se disminuye en 7,7 unidades porcentuales.

El comportamiento de la lignina se presenta en la Figura 4. Como componente de la pared

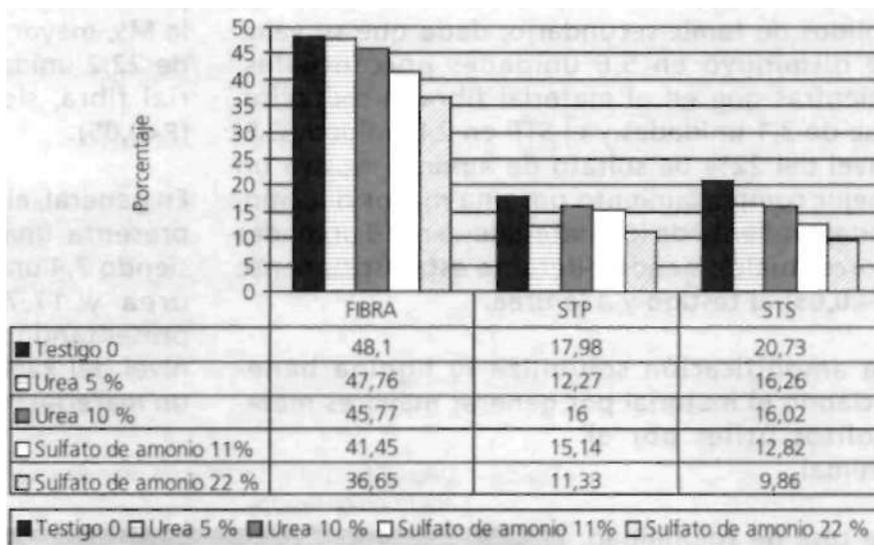


Figura 3. Niveles de celulosa de subproductos fibrosos de palma africana amonificados. Base seca.

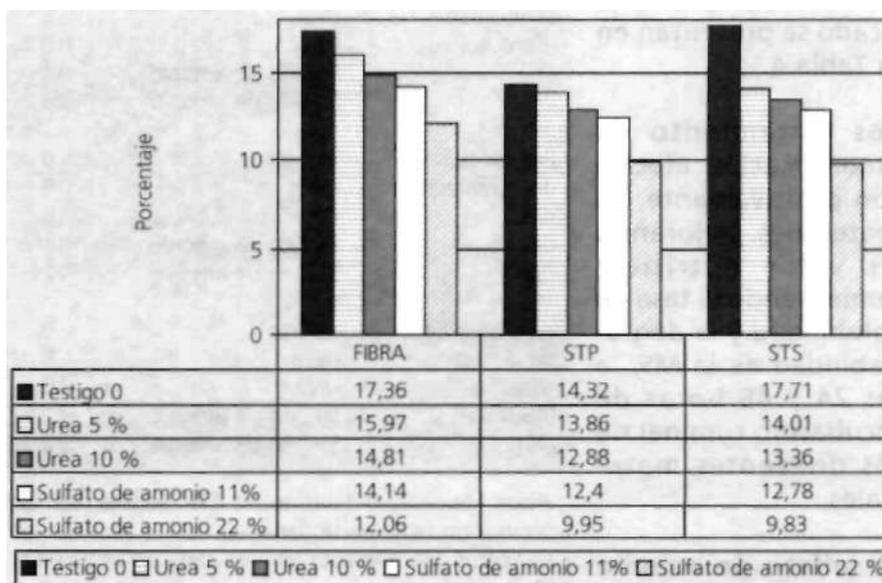


Figura 4. Niveles de lignina de subproductos fibrosos de palma africana amonificados. Base seca.

celular, igualmente el tratamiento de amonificación disminuye este parámetro. Esto es importante en términos de la calidad nutritiva del material, dado que la lignina presenta una correlación negativa con la digestibilidad de la MS y de la pared celular, porque no es digerida por las especies animales (Van Soest 1982); sin embargo, en los vegetales es valiosa para el desarrollo de su soporte estructural.

En este caso de la lignina, el tratamiento de amonificación fue más importante para los sólidos de tamiz secundario, dado que su valor se disminuyó en 5,6 unidades porcentuales, mientras que en el material fibra la reducción fue de 3,1 unidades y el STP en 2,0 unidades. El nivel del 22% de sulfato de amonio mostró un mejor comportamiento por una mayor dilución, independiente de los materiales, en 5,9 unidades porcentuales, siendo diferente estadísticamente ($P<0,05$) al testigo y a la urea.

La amonificación solubiliza la lignina beneficiando el material por generar mayores metabolitos útiles por el animal.

La tasa de solubilidad y la desaparición de la MS en el rumen de bovinos, de los materiales testigo y amonificado se presentan en la Tabla 4.

Los tratamientos de amonificación afectaron positivamente los materiales mejorando su valor nutritivo, aumentando la tasa de solubilidad y la degradabilidad de la MS, a las 24 y 48 horas de incubación ruminal de los diferentes materiales.

El sulfato de amonio presenta mayor tasa de solubilidad, en 17,9

unidades porcentuales en comparación con el testigo y en 11,5 unidades con la urea, siendo más importante el nivel del 22% que aumenta significativamente ($P<0,05$) la solubilidad en 22,7 unidades en comparación con el testigo. Los materiales se afectaron en cantidades similares y no presentaron diferencia estadística ($P<0,05$).

Cuando se estableció la degradabilidad a las 24 horas se observó que los sólidos de tamiz primario se afectaron en mayor proporción presentando 1,4 unidades de degradabilidad de la MS, mayor a los sólidos de tamiz secundario y de 22,2 unidades en comparación con el material fibra, siendo estadísticamente diferentes ($P<0,05$).

En general, el tratamiento con sulfato de amonio presenta una mayor degradabilidad de la MS siendo 7,4 unidades más importantes que con la urea y 17,7 veces mayor que el testigo, presentando diferencias estadísticas ($P<0,05$). El nivel del 22% de sulfato de amonio resultó en un material más degradado en 21,6 unidades en

Tabla 4. Degradabilidad *in sacco* de la materia seca de subproductos fibrosos de la palma de aceite amonificados.

Parámetro	Fuente	Nivel (%)	Material		
			Fibra*	STP**	STS***
Tasa de solubilidad (Cero horas) (%)	Testigo	0	11,63 D ₁	6,33 E ₂	5,09 D ₂
	Úrea	5	11,32 D ₁	11,13 D ₁	11,15 C ₁
	Úrea	10	16,17 C ₂	22,49 B ₁	12,36 C ₃
	Sulfato de amonio	11	21,34 B _{1,2}	18,84 C ₂	22,56 B ₁
	Sulfato de amonio	22	27,47 A ₂	31,31 A _{1,2}	32,22 A ₁
Degradabilidad de la materia seca (24 horas) (%)	Testigo	0	32,63 C ₃	52,37 C ₁	41,29 D ₂
	Úrea	5	34,81 C ₃	61,61 B ₁	55,23 C ₂
	Úrea	10	39,75 B ₂	62,42 B ₁	60,74 B ₁
	Sulfato de amonio	11	41,62 B ₂	63,82 B ₁	62,41 B ₁
	Sulfato de amonio	22	45,88 A ₂	73,46 A ₁	71,74 A ₁
Degradabilidad de la materia seca (48 horas) (%)	Testigo	0	34,44 C ₃	63,68 D ₁	54,85 E ₂
	Úrea	5	36,44 C ₃	65,34 CD ₁	59,94 D ₂
	Úrea	10	41,20 B ₂	66,35 C ₁	63,37 C ₁
	Sulfato de amonio	11	44,04 B ₂	69,78 B ₁	69,31 B ₁
	Sulfato de amonio	22	48,53 A ₂	76,05 A ₁	75,66 A ₁

* Fibra: Mesocarpio del fruto; ** STP: Sólidos retenidos en tamiz primario; *** STS: Sólidos retenidos en tamis secundario.

Parámetros con diferente letra en cada columna presentan diferencia significativa ($P<0,05$) en tratamientos.

Parámetros con diferente subnúmero en cada fila presentan diferencia significativa ($P<0,05$) en materiales.

comparación con el testigo, siendo estadísticamente diferente con los otros niveles de amonificación.

Teniendo en cuenta que un material se considera de buena calidad nutritiva cuando la degradabilidad de la MS a las 24 horas es mayor al 40% (Preston y Leng 1989), se puede establecer que los sólidos de tamiz primario y secundario amonificados cumplen con esa condición y que para el material fibra debe ser tratado con urea al 10% o sulfato de amonio en cualquier concentración, para presentar una mejor calidad.

A las 48 horas, la degradabilidad de los materiales también se afectó positivamente, siendo más degradados los sólidos de tamiz primario en 3,6 unidades en comparación con los sólidos de tamiz secundario y de 27,3 unidades en comparación con la fibra, presentando diferencias estadísticas ($P < 0,05$).

El nivel del 22% de sulfato de amonio presentó un mayor efecto en los materiales amonificados, siendo 15,8 unidades más degradados que el testigo y presentando diferencia estadística ($P < 0,05$) con los otros tratamientos.

El tratamiento con sulfato de amonio mejora el material (mayor degradación) en 8,5 unidades en comparación con la urea y 12,9 unidades en relación con el testigo. A su vez, la urea presenta un aumento de 4,5 unidades de degradabilidad en comparación con el testigo, con diferencia estadística ($P < 0,05$).

Este efecto de la amonificación sobre la degradabilidad ruminal de la MS, resulta en una mayor utilidad del material por parte del animal, facilitando la degradación de la MS por los microorganismos ruminales, debido a la mejora en su calidad nutritiva y como consecuencia de esto una obtención de mayores producciones potenciales.

CONCLUSIONES

- La amonificación de los subproductos fibrosos de la extracción del aceite de palma genera un cambio en sus propiedades químicas,

siendo menos importante para la fibra (mesocarpio del fruto) que para los sólidos retenidos en tamiz primario y secundario.

- El aumento de materia seca producido por el tratamiento permite mayor concentración de nutrientes, siendo más importante en los sólidos de tamiz secundario.
- El pH de los residuos fibrosos de la palma de aceite se mantiene cuando se tratan con sulfato de amonio, mientras que se torna alcalino cuando la fuente es urea.
- El nivel de nitrógeno, medido como nitrógeno amoniacal o nitrógeno total, se afecta positivamente con el tratamiento, siendo mayor la acción del sulfato de amonio en comparación con la urea.
- Los lípidos totales de los sólidos retenidos en el tamiz primario y secundario al degradarse con el tratamiento de amonificación son susceptibles a ser más digeridos.
- Los contenidos de pared celular y sus fracciones se reducen con los procedimientos de amonificación, siendo más efectivo el sulfato de amonio para diluir estos componentes.
- La amonificación aumenta la tasa de solubilidad y degradabilidad de la materia seca, contribuyendo a elevar su coeficiente de utilización por parte de los animales.
- Debido a que el tiempo de almacenamiento no presentó efecto sobre el proceso de amonificación, se concluyó que un tiempo de 30 días es adecuado para que los materiales sean ofrecidos a los animales.
- La amonificación con urea o sulfato de amonio mejora el valor nutricional de los residuos fibrosos de la industria de la palma de aceite, siendo más significativo el nivel del 22% de sulfato de amonio.
- Las características nutritivas que presentan los diferentes materiales amonificados sugieren que pueden ser utilizados en la alimentación

de poligástricos, constituyéndose en una alternativa para la alimentación de rumiantes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen de manera postuma al Dr. José Antonio Estévez Cancino por su apoyo para el desarrollo inicial del proyecto. Igualmente a Cenipalma, al Dr. Pedro León Gómez, su Director Ejecutivo, a la UDCA, Dr. Germán Anzola Montero, Rector, a Palmas de Casanare, y al Ing. Mauricio Reyes por el interés, apoyo económico y colaboración permanente.

BIBLIOGRAFÍA

- COUAP. 1992. Informe de Laboratorio. 1p.
- CORREDOR, M.C. 1994. Informe de Laboratorio No 5012. Nutrianaísis, Cali. 3p.
- CUESTA, A.; LAREDO, M. A. 1989. Amonificación de subproductos agrícolas. *En*: Segundo Curso sobre Avances en Nutrición Animal. ICA, Programa Nacional de Nutrición Animal, Bogotá. p.1-13.
- DEL HIERRO, E. 1993. Aprovechamiento de los subproductos de la palma de aceite. *Palmas* (Colombia) v. 14 no. especial, p, 149-153.
- FORERO,0.1990.Utilización de la paja de arroz en la alimentación de ganado bovino. *Acovez* (Colombia) v.14 no.2, p.9-20.
- KUDO, H. 1994. Effects of chemical treatment of barley stwaw on teching and digestibility by rumen fluid und celulotic bacteria. *Ayas* (Japón) v.7 no.3, p.389-396.
- LONDOÑO, C; TAMAYO, A.; ACOSTA, O. 1993. Ensilaje en la alimentación de rumiantes. *Actualidades técnicas ICA* (Colombia) v.8 no.003, p.3-7.
- VI MESA REDONDA LATINOAMERICANA SOBRE PALMA DE ACEITE. 1990. Memorias. San José de Costa Rica. Marzo 12 - 16.
- MILLER, W. 1989. Nutrición y Alimentación del Ganado Bovino Lechero. Acribia S.A., Zaragoza. 459p.
- ORSKOV, E.R.; HOVELL, D. B.; MOULD, F. 1980. The use of nylon tecnique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production* v.5, p.195.
- PERDOK, H.; LENG, R. 1989. Rumen ammonia requeriments for efficient digestion and intake of straw by cattle. *In*: J.V. Nolan; R.A. Leng; D.I. Demeyer (Eds.). The roles of protozoo and fungi ruminant digestion.. Penambul Book, Armidale, NSW, p.291-294.
- PRESTON, T; LENG, R. 1989. Ajustando los Sistemas de Producción Pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la Nutrición de Rumiantes en el Trópico. Cali, Circulo de Impresores Ltda. 312 p.
- STEEL, R.G. D.; TORRIE, J.H. 1988. Bioestadística, principios y procedimientos. 2ª. edición. Mc Graw Hill. Inc., USA.
- VAN SOEST P. 1982, Nutritional Ecology of the Ruminat. Cornell University. Oregon & B. Books. 357 p.