

VALORACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DIGESTIVA IN VIVO DEL FRUTO DE *Copernicia alba* (KARANDA´Y) EN UN ENSAYO DE DIGESTIBILIDAD EN OVINOS

IN VIVO DIGESTIVE ASSESSMENT OF *Copernicia alba* (Karanda'y) FRUIT THROUGH DIGESTIBILITY EXPERIMENTS IN SHEEP

Castellani P¹, Valiente O¹, Corrales M¹, Rosthoj S¹, Reinoso J.¹

¹ Departamento de Bromatología - Nutrición y Alimentación Animal - Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad Nacional de Asunción - San Lorenzo - Paraguay

RESUMEN. El presente trabajo, de carácter experimental, consistió en la valoración de la utilización digestiva in vivo de distintos niveles de inclusión de frutos de *Copernicia alba* (karanda'y en idioma guaraní) en mezclas con un heno de *Digitaria decumbens* (pasto pangola). Para esto, se alzaron en jaulas metabólicas 8 ovinos machos castrados, distribuidos de acuerdo a un diseño en cuadrado latino, en 4 grupos de 2 ovejas cada uno, 4 periodos experimentales en el tiempo y 4 tratamientos que consistieron en la inclusión de 4 niveles de frutos de *Copernicia alba* (20%, 40%, 60% y 80%) que fueron mezcladas con el heno utilizado como forraje voluminoso (alimento base). Se determinaron primeramente la digestibilidad aparente de la materia seca (DMS), materia orgánica (DMO), proteína bruta (DPB), fibra neutro detergente (DFND) y extracto etéreo (DEE) del alimento base y luego de las distintas proporciones de frutos de *Copernicia alba*. Los resultados correspondientes al diseño en cuadrado latino fueron sometidos a análisis de varianza, resultando estadísticamente significativo solamente el efecto del tratamiento sobre la DEE ($p < 0,05$), lo que permitió trazar una regresión para observar su evolución. Además, se determinaron los coeficientes de digestibilidad aparente de la *Copernicia alba* aplicando el método de cálculos por diferencias, cuyos resultados fueron: 53, 59, 53 y 88% para la DMS, DMO, DFND y DEE, respectivamente. El estudio permite concluir que los incrementos proporcionales en la inclusión de frutos de *Copernicia alba* no presentan un efecto asociativo de disminución o mejora en la digestibilidad de los componentes bromatológicos de la ración, a excepción del EE que efectivamente fue incrementándose.

Palabras clave: digestibilidad aparente, *Copernicia alba*, *Digitaria decumbens*, ovinos.

ABSTRACT. This work, experimental in nature, involved digestive assessment in vivo utilization of different levels of *Copernicia alba* fruits (karanda'y in Guaraní) inclusion in mixtures with *Digitaria decumbens* hay (grass pangola). For this, 8 castrated sheep were rose in metabolic cages, distributed according to a Latin square design, in 4 groups of 2 animals each, 4 experimental periods at a time, and 4 treatments consisted of 4 levels including *Copernicia alba* fruits (20%, 40%, 60% and 80%) were mixed with hay used as voluminous forage (basic food). The apparent digestibility of dry matter (DMD), organic matter (OMD), crude protein (DPB), neutral detergent fiber (DFND) and ether extract (DEE) from basic food were first determined and then for each different proportions of *Copernicia alba* fruits. Latin square design's results were subjected to variance analysis, resulting statistically significant treatment effect only on DEE ($p < 0.05$), which allowed to observe it's evolution by a regression drawing. In addition, *Copernicia alba*'s apparent digestibility coefficients were determined by applying differences calculations method, the results were: 53, 59, 53 and 88% for DMD, OMD, DFND and DEE respectively. The study concluded that proportional incrementation of *Copernicia alba* fruits inclusion do not have an associative effect over digestibility reduction or improvement in bromatological ration components except for EE that was actually increased.

Keywords: apparent digestibility, *Copernicia alba*, *Digitaria decumbens*, sheep.

Dirección para correspondencia: Prof. Dr. Pedro Gustavo Castellani - Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Asunción, Casilla de Correo N° 1061 - Ruta Mcal. Estigarribia km 10,5 - Campus Universitario - San Lorenzo - Paraguay

E-Mail: pcastellani@vet.una.py

Recibido: 23 de diciembre de 2013 / **Aceptado:** 06 de junio de 2014

INTRODUCCIÓN

Las posibilidades de emplear subproductos provenientes de cultivos tropicales y del procesamiento de cereales y oleaginosas, constituyen una larga lista de alimentos de aplicación tradicional, cuyas potencialidades como alimentos fueron bastante estudiados. En el sentido de que para lograr una eficiente utilización, resulta importante tener un conocimiento de sus características nutricionales, siendo los principales parámetros de evaluación, el contenido de nutrientes, el consumo y la digestibilidad ya conocidos. Una limitante de los alimentos tradicionales constituye el costo elevado que casi siempre presentan, razón por la cual, las investigaciones actuales van dirigidas a buscar la utilización o suplementación con alimentos alternativos y de bajo costo (1,2).

La *Copernicia alba* (karanda'y en idioma guaraní) denominada también "Palma Negra" en la Argentina y "Carandá" en el Brasil, es una palmera de 6 a 23 metros de altura que forman gran parte de la vegetación de las sabanas indudables del Chaco paraguayo; produce gran cantidad de frutos en baya, pulposos y negruzcos de 1 a 1,5 cm de diámetro que son consumidos habitualmente por la fauna silvestre y por algunos animales domésticos criados en forma extensiva (2), de allí que se lo considera un fruto palatable. Por esto, es importante considerarlo como una opción muy válida a ser tenida en cuenta, para su uso como un ingrediente alternativo adicional en la alimentación animal (3,4).

Existe antecedente local de su valoración nutricional, pero apenas de modo in vitro, tanto en lo que se refiere a la digestibilidad de la materia seca (DMS) como de la materia orgánica (DMO) (5). Ante la falta de información referente a su valor nutricional, en pruebas realizadas directamente en animales, surge la necesidad de estudiar la digestibilidad de frutos de la *Copernicia alba* incluyéndolos en distintos niveles, en la alimentación de animales rumiantes que se encuentran consumiendo un forraje voluminoso base, y de esta manera apuntar a la búsqueda de un alimento alternativo que pueda ser utilizado como opción interesante para suplementar en condiciones de pastoreo, especialmente durante el periodo de crisis forrajera invernal, evento histórico que se repite años tras año en las condiciones climáticas del

Paraguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el experimento fueron recogidos frutos de *Copernicia alba* del bajo Chaco paraguayo, por siega directa a partir de los racimos con frutos bien desarrollados; los cuales fueron embolsados para luego ser trasladados hasta el lugar de realización del experimento, donde inmediatamente se procedió al secado al sol directo. Posteriormente fueron embolsados nuevamente para su almacenamiento, hasta el momento de inicio del estudio.

En el ensayo de digestibilidad, se utilizaron 8 ovinos, machos castrados de raza cruzada, adultos con peso vivo promedio de 34 kg, que fueron desparasitados con ivermectina al 1%, en dosis de 200 µg/kg de peso vivo, 15 días antes de iniciar el periodo de acostumbramiento.

Primeramente se realizó el ensayo de digestibilidad con el suministro de 100% de forraje voluminoso (alimento base) consistente en heno de *Digitaria decumbens* en los 8 animales a fin de acostumbrarlos y determinar la digestibilidad de la ración base por un periodo de 16 días (10 días de acostumbramiento y 6 días de medición). La cantidad suministrada se fijó en un nivel de 40 gramos por kilogramo de peso metabólico (PV^{0.75}), para lo cual previamente los animales fueron pesados en una báscula de la marca FSK de origen japonés con capacidad máxima de 400 kg. Tanto la composición química de la *Copernicia alba*, como de la *Digitaria decumbens* se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición bromatológica del heno de *Digitaria decumbens* y frutos de *Copernicia alba* en Base Seca, expresados en porcentaje (%)

Componentes bromatológicos	Heno de <i>Digitaria decumbens</i> (Pangola) (%)	Frutos de <i>Copernicia alba</i> (Karanda'y) (%)
MS	87,86	93,73
MO	93,86	95,92
PB	2,81	6,13
ELN	25,5	15,22
FB	28,45	18,48
FND	63,64	67,08
EE	1,91	7,49

MS: Materia Seca; MO: Materia Orgánica; PB: Proteína Bruta; ELN: Extracto Libre de Nitrógeno; FB: Fibra Bruta; FND: Fibra Neutro Detergente; EE: Extracto Etéreo.

Fuente: Laboratorio del Departamento de Bromatología, Nutrición y Alimentación Animal, FCV-UNA. 2012.

El primero contiene un valor muy bajo de Proteína Bruta (PB) pero bastante elevado de Fibra Neutro Detergente (FND), probablemente debido al predominio de tallos sobre hojas, lo que sugeriría una henificación en estado vegetativo muy maduro, típico de los henos del Chaco paraguayo, indicativo de que se trata de un forraje voluminoso de baja calidad (5).

La composición química de los frutos de *Copernicia alba*, presentan características similares a las de los alimentos fibrosos o voluminosos, debido a su bajo contenido en PB y elevada concentración en FND; siendo otro aspecto a resaltar el aporte bastante importante de aceite (EE) que presentan.

Posteriormente, se realizó el estudio de digestibilidad in vivo de la *Copernicia alba* de acuerdo al diseño en cuadrado latino (4x4), con 4 grupos de dos animales clasificados por semejanza de peso vivo, 4 periodos experimentales y 4 tratamientos consistentes en:

Tratamiento 1 (T1) = 80% de heno de *Digitaria decumbens* y 20% de fruto de *Copernicia alba*.

Tratamiento 2 (T2) = 60% de heno de *Digitaria decumbens* y 40% de fruto de *Copernicia alba*.

Tratamiento 3 (T3) = 40% de heno de *Digitaria decumbens* y 60% de fruto de *Copernicia alba*.

Tratamiento 4 (T4) = 20% de heno de *Digitaria decumbens* y 80% de fruto de *Copernicia alba*.

Los ovinos ubicados en jaulas metabólicas individuales, fueron identificados por números y contaron con comedero y bebedero individuales. Las bolsas colectoras de heces se sujetaron a la región perineal por medio de arneses, a fin de facilitar y permitir la recolección de toda la materia fecal excretada diariamente.

El alimento se ofreció 2 veces por día, en horario de 8:00 y 16:00 hs, respectivamente, dividiendo en partes iguales la cantidad ofrecida en cada horario. Tanto la cantidad ofertada como la parte no consumida fueron pesadas diariamente. El agua también se ofreció con frecuencia diaria, eliminando previamente las sobras antes de su reposición matinal. Además, fueron ofrecidos 20 gramos diarios de sal mineral para ovejas.

Se recolectaron las heces de cada animal en

bolsas colectoras, almacenándose en su totalidad en un congelador a -18°C, hasta llegar al fin de cada periodo de recolección de heces. Posteriormente las muestras pertenecientes a cada animal, fueron mezcladas entre sí, tomándose a partir de allí una muestra homogénea, que correspondió al 10% del peso fresco total para análisis químico. Luego del pesaje para la determinación de MS, las muestras fueron asperjadas con solución de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a fin de evitar la pérdida de nitrógeno volátil.

Las muestras, tanto de los alimentos en estudio como también de las heces, fueron analizadas para determinar la concentración de MS, PB, MO, EE, FB y cenizas por el método de la AOAC 1965 (7), y la FND por el método de Van Soest 1967 (8).

Se realizó un análisis de varianza de acuerdo al diseño en cuadrado latino, para lo cual se aplicó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_j + Y_k + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Variables de respuesta correspondientes al coeficiente de digestibilidad de MS, MO, PB, EE y FND.

μ = Media general del experimento.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (diferentes niveles de frutos de *Copernicia alba* y de heno de *Digitaria decumbens*).

β_j = Efecto del j-ésimo periodo (periodo experimental).

Y_k = Efecto del k-ésimo grupo (grupo de animal).

ϵ_{ijk} = Error experimental.

Se consideraron significativas las fuentes de variaciones estudiadas, cuando $p < 0,05$, y cuando el análisis de varianza de las variables estudiadas resultó significativo, se realizó la prueba de contraste ortogonal para verificar si la evolución de los coeficientes de digestibilidad en relación al porcentaje de inclusión de *Copernicia alba* fue lineal, cuadrática o cúbica. Además, en función a la forma de evolución, se determinó la ecuación de regresión, para la posterior extrapolación a un nivel de 100% de frutos de *Copernicia alba* y de esa manera estimar su digestibilidad como único alimento.

El otro método utilizado para la determinación de los coeficientes de digestibilidad de los frutos de *Copernicia alba* fue el cálculo por diferencia, según el método propuesto por Schneider y Flat (1975) (9).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedios de digestibilidad del alimento base, heno de *Digitaria decumbens* se presentan en la Tabla 2, donde se observa que los coeficientes de Digestibilidad de la Materia Seca (DMS), Materia Orgánica (DMO), Fibra Neutro Detergente (DFND) y Extracto Etéreo (DEE) son relativamente bajos, los que reflejan en cierta manera la calidad del mismo, pudiendo considerarse como normal para forrajes tropicales deshidratados, similar a los que serían los valores de una paja de cereal de invierno de zonas templadas como el trigo (10).

Tabla 2. Valores promedios con desviación estándar (DE) de Digestibilidad de la Materia Seca (DMS), Materia Orgánica (DMO), Fibra Neutro Detergente (DFND) y Extracto Etéreo (DEE) del heno de *Digitaria decumbens* expresados en porcentaje (%)

Digestibilidad de los Componentes Bromatológicos	Coefficientes de Digestibilidad ± DE (%)
DMS	44 ± 7,3
DMO	52 ± 7,1
DFND	54 ± 8,1
DEE	56 ± 7,8

Los coeficientes promedios de digestibilidad in vivo (DMS, DMO, DFND y DEE) de las raciones correspondientes a cada tratamiento (cuatro diferentes niveles de inclusión de *Copernicia alba*), así como el nivel de significancia (probabilidad) resultante del análisis de varianza se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Coeficientes de digestibilidad aparente in vivo de la Materia Seca (DMS), Materia Orgánica (DMO), Fibra Neutro Detergente (DFND) y Extracto Etéreo (DEE) expresados en porcentajes (%) en los distintos tratamientos (T1, T2, T3, T4), el error estándar de la media (EEM) y nivel de significancia estadística.

Digestibilidad de los Componentes Bromatológicos	T 1	T 2	T 3	T 4	EEM	Probabilidad
DMS	40,8	42,3	43,3	47,3	2,88	0,4801
DMO	48,0	49,3	50,8	54,8	2,55	0,3511
DFND	45,0	46,0	47,3	50,3	2,89	0,6228
DEE	73,3 _a	77,3 _{ab}	82,3 _{ab}	86,8 _b	2,25	0,0232

ab: Promedios que no comparten letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Los valores de digestibilidad de la proteína bruta (DPB) no fueron incluidos en los resultados porque los coeficientes de digestibilidad obtenidos fueron negativos en algunos casos, situación que

pudo deberse al bajo contenido de dicho componente en la ración, lo que implica que la excreción del nitrógeno metabólico fecal sea probablemente superior a los que provienen de la propia ración en estudio, lo que hace que pierda importancia el coeficiente de digestibilidad aparente que pudiera estimarse. En este sentido, en los rumiantes, el nitrógeno metabólico fecal excretado suele ser en promedio de 0,5-0,6 g por 100 g de materia seca consumida, lo que equivaldría aproximadamente a un 4% de la proteína bruta en la ración, es por eso que los coeficientes de digestibilidad aparente son negativos para las raciones que contienen menos del 4% de proteína bruta (11).

En ninguna de las variables dependientes estudiadas se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en los efectos grupos de animales y periodos experimentales. Igualmente, en lo que respecta al efecto de los tratamientos sobre la DMS, DMO y la DFND no fueron estadísticamente significativos ($p > 0,05$). Sin embargo, no ocurrió lo mismo con la DEE, la cual evidenció un incremento estadísticamente significativo ($p < 0,05$) al aumentar la inclusión de frutos de *Copernicia alba* en la ración, siendo altamente significativa con el contraste ortogonal solamente la forma de evolución lineal ($p = 0,004$). Estos resultados indican que, la calidad nutricional de la ración, no mejoró en la medida en que aumentó la inclusión de frutos de *Copernicia alba*, a excepción de la DEE.

En la Figura 1 se presenta la regresión lineal resultante de la correlación entre la DEE con los diferentes porcentajes de inclusión de frutos de *Copernicia alba* en la ración, donde se observa un coeficiente de determinación bastante elevado ($R^2 = 0,89$), lo que indica que el 89% de la variación de la digestibilidad está explicada por los cambios en los porcentajes de inclusión de frutos de *Copernicia alba* y, lo que permitió estimar la DEE que fue del 96,2% por extrapolación con la ecuación de regresión de la Figura 1. Este resultado es comparable al obtenido en el estudio de la digestibilidad in vivo de un alimento similar, el expeller de almendra de coco, que posee un remanente de aceite del 8%, cercano a los que presentan los frutos de *Copernicia alba* y, una digestibilidad que también aumenta de acuerdo a su nivel de inclusión (12).

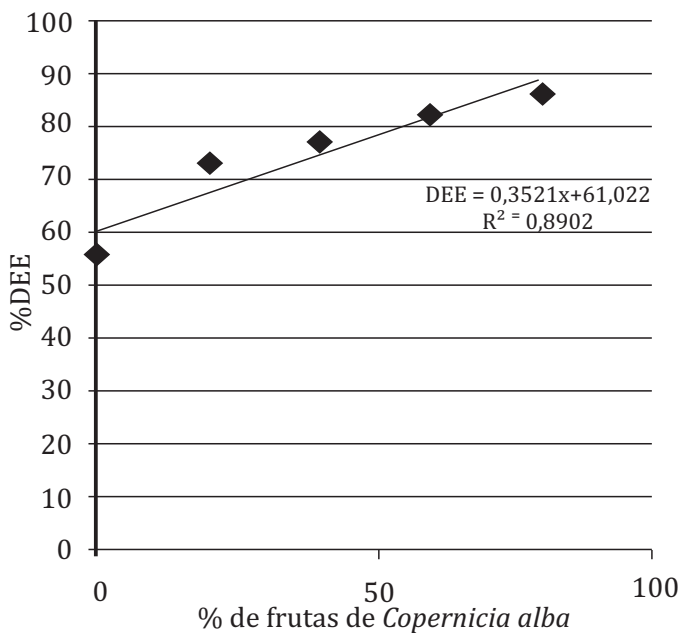


Figura 1. Regresión lineal entre el % de DEE y los distintos porcentajes de inclusión de frutos de *Copernicia alba* (0, 20, 40, 60 y 80%).

El cálculo del coeficiente de digestibilidad por diferencia según el método propuesto por Schneider y Flat (1975) se presenta en la Tabla 4, y fue la única manera en las condiciones de este trabajo, que pudo estimarse la digestibilidad de la MS, MO y FND de los frutos de la *Copernicia alba* como único alimento (sin mezclar con forraje voluminoso), debido a la ausencia de un efecto estadísticamente significativo sobre los coeficientes de digestibilidad en la medida que se aumentaba su porcentaje de inclusión en los tratamientos aplicados en este estudio (9).

Los valores de DMS, DMO y DFND, son coeficientes que pueden considerarse intermedios y coherentes si se toma en cuenta la composición química bromatológica que presenta (Ver Tabla 1), siendo similares a los de los pastos tropicales.

Tabla 4. Coeficientes de digestibilidad del fruto de *Copernicia alba* expresados en porcentajes (%) de la Materia Seca (DMS), Materia Orgánica (DMO), Fibra Neutra Detergente (DFND) y Extracto Etéreo (DEE) estimados por el método de Schneider y Flat (1975)(9).

Digestibilidad de los Componentes Bromatológicos	Coefficientes de Digestibilidad (%)
DMS	53
DMO	59
DFND	53
DEE	88

Otro alimento de característica similar es la harina de palmiste, aunque también presenta diferencias en cuanto al coeficiente de DMO (68%), superior al determinado para los frutos de *Copernicia alba*, además de la DEE (68%) que resulta ser inferior a lo calculado en el presente estudio para los frutos de *Copernicia alba* (Ver Tabla 4) (10).

CONCLUSIÓN

El incremento en la proporción de la inclusión de frutos de *Copernicia alba* no afecta de manera importante y significativa a los coeficientes de DMS, DMO y DFND. Sin embargo, la DEE se incrementa evolucionando de manera lineal cuando aumentan los porcentajes de inclusión del alimento en estudio.

Así mismo, los incrementos proporcionales en la inclusión de frutos de *Copernicia alba* en una ración mixta con heno de un pasto tropical no presentan un efecto asociativo de disminución o mejora en la digestibilidad de los componentes bromatológicos de la ración, a excepción del EE que efectivamente fue incrementándose.

El coeficiente de DEE estimado por cálculo (88%) es relativamente más bajo que el hallado por extrapolación (96,2%), pero ambos valores son elevados teniendo en cuenta el tipo de alimento del que se trata.

Los valores de DMS, DMO y DFND se encuentran en un rango de 53 a 59%, lo que sugiere que se trata de un alimento similar y comparable a los pastos tropicales de calidad media a alta.

AGRADECIMIENTO

A la Asociación Rural del Paraguay (ARP) Regional Central Chaco por haber financiado parte de la Investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lacchmann M, Araujo O. 1999. La estimación de la digestibilidad en ensayo con rumiantes (en línea). Maracaibo, Venezuela. Consultado 10 de abril de 2012. Disponible en: www.avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/Digestibilidadadderumiantes.pdf

2. Lopez JA, Little E, Ritz, Rombold J, Hahn W. Arboles Comunes del Paraguay. 2° ed. San José Cuerpo de paz. Colección e intercambio de información. 2002.
3. Benitez B, Pereira C, Gonzalez F, Bertoni S. Plantas nativas e introducida utilizadas por sus fibras en Paraguay; morfología, aprovechamiento y estado de conservación. *Steviana*. 2009; 1(5): 5-23.
4. Puechagut PB, Polini N, Bellis LM, Rivera LO. A disappearing oasis in the semiarid Chaco: Deciduous palm regeneration and establishment. *J Nat Conserv*. 2013; 21: 31-36
5. Florentin M, 2011. Digestibilidad in vitro de los frutos de karanday (*Copernicia alba*). Tesis (Doctor en Ciencias Veterinarias). San Lorenzo, Paraguay: Orientación Producción Animal. FCV.UNA. 72p.
6. Piccioni M.. Diccionario de alimentación animal, Zaragoza: Acribia; 1970.
7. AOAC (Association of official analytical chemist). Official methods of analysis. 10a. ed. Washington: AOAC; 1980.
8. Van Soest PJ, Wine RH. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 4ª ed. Washington. AOAC; 1967.
9. Schneider B, Flatt W. The Evaluation of Feeds through Digestibility Experiments. 1a ed. Valencia: Avigan; 1975.
10. Sauvant D, Perez J, Tran G. 2004. Tabla de Composición y de Valor Nutritivo de las Materias Primas destinadas a los Animales de Interés Ganadero. 1a ed. Barcelona: Mundi-Prensa; 2004.
11. Bondi A. Nutrición Animal. Zaragoza: Acribia; 1988.
12. Corrales MP 2010. Valoración de la digestibilidad in vivo e in vitro del expeller de almendra del *Acrocomia totai mart*, en ovinos. Tesis (Maestría en Nutrición y Alimentación Animal). Departamento de Bromatología, Nutrición y Alimentación Animal, San Lorenzo, Paraguay: FCV.UNA. 62p.