VALORACIÓN DEL EXPELLER DE ALMENDRA DE LA *Acrocomia aculeata* MEDIANTE ENSAYOS DE DIGESTIBILIDAD IN VIVO E IN VITRO EN OVINOS

Acrocomia aculeata's KERNEL EXPELLER EVALUATION BY IN VIVO AND IN VITRO DIGESTIBILITY TESTS IN SHEEP

Corrales MP¹, Valiente OL², Castellani P¹, Rosthoj S¹, Branda L², Peralta J¹

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

²Cátedra de Bromatología, Nutrición y Alimentación Animal. Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad Nacional de Asunción - San Lorenzo - Paraguay

RESUMEN. El experimento, consistió en la valoración de la digestibilidad del Expeller de Almendra de *Acrocomia aculeata* (EAA) en ovinos, a través de las técnicas in vivo e in vitro. Para la digestibilidad in vivo fueron alzados 8 ovinos en jaulas metabólicas de acuerdo a un diseño en cuadrado latino 4x4. Primero se determinó la digestibilidad de la Materia Seca (DMS), Materia Orgánica (DMO), Fibra Neutro Detergente (DFND) y Proteína Bruta (DPB) del alimento base (heno de *Digitaria decumbens*) y segundo la digestibilidad de las raciones que contenían proporciones crecientes de EAA (Tratamientos (T), T1: 20%; T2: 40%; T3: 60%; T4: 80%). Para la digestibilidad in vitro se utilizó una oveja fistulada en el rumen como proveedora de líquido ruminal, aplicándose los mismos tratamientos que en el in vivo. El análisis de varianza aplicado para el efecto tratamiento a cada una de las variables estudiadas en el in vivo fueron estadísticamente significativos ($p < 0,05$) y la evolución fue lineal para la DMS, DMO y DFND, pero cuadrática para la DPB y DEE. El análisis de varianza aplicado sobre el efecto tratamiento para la digestibilidad in vitro de la Materia Seca (DIVMS) y Materia Orgánica (DIVMO) fueron significativos ($p < 0,05$). A partir de estas ecuaciones de regresión se determinaron la digestibilidad in vivo e in vitro del EAA por extrapolación para un 100% de inclusión, encontrándose los siguientes valores: 65,1; 69,6; y 73,43% para la DMS, DMO, y DFND, respectivamente en el in vivo; 64,6 y 65,2% para la DIVMS y DIVMO, respectivamente. Además se establecieron ecuaciones de regresión entre la DMS y la DMO in vivo con DIVMS y DIVMO, respectivamente, encontrándose coeficientes de determinación con $R^2 \geq 0,9$; sugiriendo que es factible la aplicación de estas ecuaciones haciendo sólo una digestibilidad in vitro para estimar el in vivo en el futuro, sin perder de vista las correcciones para las subestimaciones in vitro.

Palabras clave: almendra, *Acrocomia aculeata*, digestibilidad, ovinos.

ABSTRACT. The experiment involved *Acrocomia aculeata* kernel expeller's (EAA) in vivo and in vitro digestibility tests in sheep. For in vivo digestibility test, 8 sheep were confined in metabolic cages according to a 4x4 Latin square design. The dry matter apparent digestibility (DMD), organic matter (OMD), crude protein (DPB), neutral detergent fiber (DFND) and ether extract (DEE) from basic food *Digitaria decumbens* hay (pangola grass) were first determined and then for each different increasing proportions of EAA kernel (Treatments (T), T1: 20%; T2: 40%; T3: 60%; T4: 80%). For in vitro digestibility, one sheep with cannulated rumen was used as a provider of ruminal fluid, applying the same treatments as in vivo test. This results were subjected to variance analysis, resulting statistically significant treatment effect for each of the variables studied in the in vivo ($p < 0.05$) and the evolution was linear for DMD, DMO and DFND, but quadratic for the DPB and DEE. The variance analysis applied to the treatment effect on in vitro dry matter digestibility (DIVDM) and organic matter (DIVOM) were significant ($p < 0.05$). The regression equations of in vivo and in vitro EAA digestibility determined by extrapolation the value of 100% inclusion EAA, the results of apparent digestibility were: 65.1; 69.6; and 73.43% for DMD, DMO and DFND respectively; 64.6 and 65.2% for DIVDM and DIVOM respectively. Furthermore the regression between the DDM and DOM in vivo with DIVDM and DIVOM were established $R^2 \geq 0.9$; suggesting, that in the future, is possible the application of the in vitro equations to estimate the in vivo, without losing sight of the corrections for the in vitro underestimates.

Keywords: kernel, *Acrocomia aculeata*, digestibility, sheep.

doi: <http://dx.doi.org/10.18004/compend.cienc.vet.2015.05.01.7-13>

Dirección para correspondencia: Prof. Dr. Oscar Luis Valiente Villalba - Cátedra de Bromatología, Nutrición y Alimentación Animal - 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: ovaliente@vet.una.py

Recibido: 13 de mayo de 2015 / **Aceptado:** 25 de junio de 2015

INTRODUCCIÓN

Acrocomia aculeata es posiblemente una de las plantas nativas más importante del Paraguay. Se desarrolla en gran parte de las zonas sur, norte y este del río Paraguay; sus frutos son adquiridos por la industria que tradicionalmente se dedica a la producción de aceites tanto de pulpa como de almendra. Los aceites extraídos son de buena calidad y se destinan principalmente a la elaboración de jabones (1,2,3,4).

Desde el año 2005, proyectos financiados por organismos internacionales de desarrollo se encuentran estudiando la posibilidad del empleo de estos aceites como biodiesel, logrando que su cultivo sea declarado de "interés nacional" por la Cámara de Senadores de la República del Paraguay, según declaración N° 18 del 16 de junio del 2005.

Los subproductos industriales: pericarpio (cascarilla dura), carozo (exocarpio: parte más dura de la fruta que contiene en su interior a la almendra) y las tortas o expellers de pulpa (mesocarpio: color amarillo dorado) y de almendra (endocarpio) (Figura 1), tienen diferentes composiciones químicas y por tanto la utilidad que puede darse a los mismos son diversos. Los primeros son utilizados como combustible para las calderas de las industrias, mientras que los segundos son utilizados en alimentación animal (1,2).

Figura 1. Partes del fruto del *Acrocomia aculeata* (5)

El expeller de almendra del *Acrocomia aculeata* (EAA) se utiliza habitualmente en la alimentación animal como suplemento proteico debido a la elevada concentración de Proteína Bruta que presenta (30-35% en la Materia Seca) (3,4).

La utilización del expeller de almendra de coco en la alimentación animal se basa en su

composición bromatológica o su valor potencial como alimento. Sin embargo, para utilizarlo de manera más precisa es necesario conocer su grado de aprovechamiento a nivel digestivo a través de pruebas de digestibilidad.

Como antecedente de su estudio en el país se tienen las investigaciones realizadas por Scheffer y Rodríguez (1992 y 1993), estudiando al coco integral molido así como al expeller de almendra como componentes de raciones alimenticias del ganado, ensayos que aportaron informaciones sobre el valor digestivo de las raciones que los contenían, pero sin llegar a proveer información sobre la digestibilidad como único concentrado proteico (3,4).

Es por eso, que el objetivo de este trabajo fue valorar la digestibilidad del expeller del *Acrocomia aculeata* mediante la técnica in vivo e in vitro en ovinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio las muestras del EAA fueron proveídas por una industria local. En el ensayo de digestibilidad in vivo se utilizaron 8 ovinos machos castrados adultos con importante grado de sangre de raza Corriedale, con peso vivo promedio de 35 ± 3 kg. Para la prueba de digestibilidad in vitro se utilizó un ovino canulado en el rumen.

Primeramente se realizó la prueba de digestibilidad del alimento base voluminoso (100% heno de *Digitaria decumbens* (HDD) como un experimento preliminar en los 8 ovinos con el fin de determinar la digestibilidad de dicho alimento, que después fue mezclado en distintas proporciones (Tratamientos) con el alimento en estudio (EAA). Los distintos tratamientos experimentales fueron correlacionados con los coeficientes de digestibilidad de las distintas variables estudiadas por medio de ecuaciones de regresión con el propósito de determinar los coeficientes de digestibilidad de los distintos componentes químicos por extrapolación. En esta prueba fueron destinados 15 días para el acostumbramiento a la ración, luego los animales se alzaron en las jaulas metabólicas, contando cada una de ellas con bebederos y comederos individuales, donde tuvieron un periodo de adaptación de 8 días. Posteriormente se realizó la prueba de digestibilidad propiamente dicha, durante 8 días.

En la prueba de digestibilidad in vivo del alimento en estudio (EAA) se aplicó un diseño en cuadrado latino 4x4 con 4 tratamientos, 4 periodos experimentales y 4 grupos de 2 ovinos cada uno. Los tratamientos se establecieron de la siguiente manera:

Tratamiento 1: Ración constituida por 80% de HDD y 20% de EAA.

Tratamiento 2: Ración constituida por 60% de HDD y 40% de EAA.

Tratamiento 3: Ración constituida por 40% de HDD y 60% de EAA.

Tratamiento 4: Ración constituida por 20% de HDD y 80% de EAA.

La cantidad de ración ofrecida por día a los ovinos fue fijada para un nivel de mantenimiento del 2% del peso vivo (6). El suplemento mineral fue suministrado a razón de 30 g por animal/día. La ración fue ofertada cada día en horario matutino (07:00 a.m.).

A lo largo del experimento fueron recogidos y registrados los rechazos. Las muestras de heces, de cada animal, fueron colectadas diariamente en bolsas de polietileno, incorporadas en otras bolsas de tejido de algodón y luego sujetadas al tren posterior de los ovinos mediante arneses especiales. La colecta en sí fue realizada cada 24 h (07:00 a.m.), registrándose el peso y separando una muestra del 20% del total de producción diaria, para los análisis bromatológicos correspondientes.

Las muestras de alimentos y materia fecal se analizaron químicamente en el laboratorio del Departamento de Bromatología, Nutrición y Alimentación Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Asunción siguiendo las técnicas propuestas por la AOAC, 1963 (7) para determinar los porcentajes de Materia Seca (MS), Extracto Etéreo (EE), Fibra Bruta (FB) y Proteína Bruta (PB), correspondientes al método de Wendee y determinaciones de Fibra Neutro Detergente (FND) y Fibra Ácido Detergente (FAD) correspondientes al método Van Soest 1967 (8). Los coeficientes de digestibilidad (CD) expresados en porcentajes, de los diferentes tipos de nutrientes estudiados, se calcularon utilizando la siguiente ecuación:

$$CD (\%) = \frac{\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente en heces}}{\text{nutriente ingerido}} \times 100$$

Los coeficientes de digestibilidad in vivo (DMS, DMO, DFND y DPB) fueron sometidos a análisis de varianza utilizando el programa estadístico INFOSTAT versión estudiantil (9) con un nivel de error máximo del 5% al rechazar la hipótesis nula, de acuerdo al diseño en cuadrado latino utilizado. En los casos en que las variables estudiadas resultaron significativas se realizó la prueba de contraste ortogonal. Las ecuaciones de las regresiones se utilizaron para estimar los coeficientes de digestibilidad por extrapolación.

El modelo estadístico utilizado de análisis de varianza fue el del cuadrado latino:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + C_j + H_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta en Tratamiento i, Columna j (grupo de animales) e Hilera k (periodo experimental)

μ = Media general del ensayo

T_i = Efecto de los distintos niveles de EAA (Tratamientos) i

C_j = Efecto de los grupos de animales j

H^k = Efecto del periodo experimental k

ϵ_{ijk} = Error experimental

La digestibilidad in vitro de la MS y MO (DIVMS y DIVMO) se realizó por el método de Tilley y Terry (1963) (10), y los resultados se procesaron estadísticamente por medio de análisis de varianza, con un nivel de error máximo del 5% al rechazar la hipótesis nula y de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento. En los casos que resultaron significativos, se realizó la prueba de contraste ortogonal; en tanto que para estimar los coeficientes de digestibilidad por extrapolación, se utilizaron las ecuaciones de las regresiones correspondientes.

El modelo matemático del diseño completamente al azar, utilizado en la técnica in vitro, fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta al Tratamiento i y las repeticiones j

μ = Media general del ensayo

T_i = Efecto de los distintos niveles de expeller de almendra de coco, (Tratamientos) i

ϵ_{ijk} = Error experimental

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo de acostumbramiento a la ración y bajo las condiciones del experimento, se observó una menor ingestión a la prevista, pudiendo esto atribuirse a las características físico-químicas del HDD que evidencian su baja calidad (Tabla 1). Esto hizo necesario el ajuste de la oferta de alimentos a fin de evitar rehúso, a 40 g/kg de peso metabólico, alcanzando un valor promedio de $490 \pm 124,0$ g por animal/día.

La composición bromatológica de los alimentos utilizados en el estudio se presenta en la Tabla 1. En lo que refiere al HDD, por su elevado contenido en pared celular y bajo nivel de PB, se lo clasifica como heno de baja calidad. Las características del EAA corresponden a la de un concentrado proteico (PB= 38,8%) (11). Otro aspecto a considerar es el elevado contenido de FND y FAD observado en los resultados, siendo atribuido a la presencia de una proporción importante de carozo en las mismas.

Tabla 1. Composición química en MS, MO, PB, FB, FND, FAD y EE del heno de *Digitaria decumbens* (HDD) y del Expeller de Almendra del *Acrocomia aculeata* (EAA) utilizados en el experimento, expresados en porcentajes (%) y en base seca (BS). La MS está expresada en base fresca.

Componentes	HDD	EAA
MS (%)	90,6	94,2
MO (%)	85,1	88,2
PB (%)	3,1	38,8
FB (%)	35,9	13,1
FND (%)	78,2	68,6
FAD (%)	43,5	29,9
EE (%)	2,0	8,1

Los valores de digestibilidad aparente promedio in vivo de los componentes bromatológicos del HDD fueron: $43,4 \pm 6,78\%$ para la

MS; $50,0 \pm 6,50\%$ para la MO; $54,9 \pm 6,85\%$ para FND y $59,3 \pm 9,13$ para la EE. No se incluyó la DPB debido al bajo nivel de PB en el alimento base, lo que hizo que la digestibilidad de este componente fuese negativa, debido a que probablemente fue superado por el nitrógeno metabólico fecal (12). Mientras que los valores de digestibilidad in vitro promedios fueron: $34,3 \pm 2,06\%$ para la MS y $27,4 \pm 2,25\%$ para la MO. Los coeficientes de DMS, DMO, DPB, DEE y DFND in vivo de las raciones constituidas por diferentes proporciones de EAA se representan en la Tabla 2, en la que se aprecia que las digestibilidades variaron en todos los casos de manera significativa con el aumento de EAA en la ración ($p < 0,05$).

El efecto del periodo experimental y del grupo de animales no afectaron significativamente a ninguno de los coeficientes de digestibilidad medidos ($p > 0,05$). En lo que respecta al contraste ortogonal aplicado sobre el efecto tratamiento, fue altamente significativo ($p < 0,004$), considerando la forma de evolución lineal para los valores de DMS, DMO y DFND. Sin embargo, presentó tendencia a la significación estadística ($p < 0,07$) y una alta significancia ($p < 0,01$), la forma de evolución cuadrática para los valores de la DPB y DEE, respectivamente. Para estos 2 casos dicho efecto se observó como una asociación positiva al incrementar el porcentaje de EAA de 20% a 40% en la ración, evidenciado por el aumento que se registró del valor de digestibilidad. A partir de allí, el aumento fue gradual, y de manera similar a todas las otras variables estudiadas (60 y 80% de EAA) (Figura 2).

Debido a que los valores de PB y EE del HDD fueron muy bajos, no han sido incluidos en las regresiones, lo que correspondería a la ordenada en origen, esto es, sin la inclusión de EAA en la ración. En el caso particular de la PB, dicho valor fue inferior al nitrógeno metabólico fecal (3,5%) (12), situación

Tabla 2. Coeficientes promedios de DMS, DMO, DPB, DEE y DFND in vivo y el error estándar de la media (EEM) expresados en porcentajes (%) para los distintos tratamientos experimentales T1: 20%, T2: 40%, T3: 60% y T4: 80% EAA y su nivel de significancia estadística. p: probabilidad del error.

Componentes	Tratamientos (%EAA)				EEM	Nivel de Significancia
	20	40	60	80		
DMS (%)	52,2	57,0	58,3	62,1	1,53	p=0,02
DMO (%)	56,5	61,0	62,7	66,5	1,33	p=0,01
DPB (%)	64,0	76,5	79,4	81,8	2,38	p=0,008
DEE (%)	80,5	89,6	91,7	93,5	1,91	p=0,01
DFND (%)	61,1	65,2	66,9	70,5	1,04	p=0,01

que afectó directamente a la DPB evidenciando un valor de digestibilidad aparente irreal (valores negativos).

Figura 2. Regresiones entre los coeficientes de DPB y DEE in vivo y los distintos porcentajes de inclusión de EAA (Tratamientos) en la ración.

Con los resultados de DMS, DMO y DFND se realizaron las regresiones que relacionan la digestibilidad in vivo con la proporción de EAA de las raciones experimentales, incluyendo los coeficientes de digestibilidad de la ración base (HDD), no observándose efectos asociativos y siendo los aumentos en las digestibilidades relativamente constantes y proporcionales con el incremento de la inclusión de EAA (evolución lineal significativa $p < 0,05$), cuya justificación puede atribuirse a la mejora en la calidad de la ración (Figura 3).

Los coeficientes de DIVMS y DIVMO de las raciones constituidas por diferentes proporciones de EAA se presentan en la Tabla 3. También las digestibilidades in vitro evidenciaron un incremento significativo ($p < 0,05$) al aumentar el porcentaje de inclusión del EAA en la ración, siendo altamente significativa la evolución lineal ($p < 0,01$), a partir de la cual se establecieron las ecuaciones de regresión para $DIVMS = 0,314 \times \%EAA + 35,125$ y $DIVMO = 0,3445 \times \%EAA + 28,55$ cuyos coeficientes de determinación en ambos casos tuvieron una $R^2 = 0,99$; indicando que más del 99% de las variaciones de las digestibilidades

se debieron al incremento en el porcentaje de inclusión del EAA en la ración.

Figura 3. Regresiones entre los coeficientes de DMS, DMO Y DFND in vivo y los distintos porcentajes de inclusión de EAA (Tratamientos) en la ración.

Los valores de DIVMS, en general, fueron buenos estimadores de la digestibilidad in vivo con ligeras subestimaciones en los porcentajes más altos de inclusión del EAA (Tratamientos con 60 y 80%), aunque las discrepancias fueron superiores entre los tratamientos que incluyeron 20 y 40% de EAA. En lo referente a la DIVMO el comportamiento en cuanto a las subestimaciones in vitro fue en el mismo sentido, aunque cuantitativamente superior (Tablas 2 y 3). La diferencia entre valores de digestibilidad in vivo e in vitro con subestimaciones para este último, concuerdan con lo observado en comparaciones de los métodos de digestibilidad de alimentos, donde se determinó que en el caso del in vitro, existe una fracción proteínica, asociada a la pared celular, que no se hace soluble con la incubación en el líquido ruminal. Además, las subestimaciones mayores se dieron en los porcentajes más bajos de inclusión de EAA (20 y 40%) donde las raciones tenían mayor proporción de HDD, que probablemente requerían un tiempo de fermentación mayor por ser un forraje voluminoso de baja calidad (13). En general, las determinaciones in vitro suelen ser ligeramente inferiores a las determinadas in vivo (14), como la registrada en este estudio, que también fue observada en otro trabajo de caracterización química

Tabla 3. Coeficientes promedios de DIVMS y DIVMO in vitro y el error estándar de la media (EEM) expresados en porcentajes (%) para los distintos tratamientos experimentales (T1: 20%, T2: 40%, T3: 60% y T4: 80% EAA) y su nivel de significancia estadística; p: probabilidad del error.

Componentes	Tratamientos (%EAA)				EEM	Nivel de Significancia
	20	40	60	80		
DIVMS (%)	41,7	46,8	54,8	59,9	0,58	p=0,0001
DIVMO (%)	35,7	41,5	49,9	55,9	0,57	p=0,0001

y digestibilidad en ovinos de los residuos del procesamiento agroindustrial del tomate (15).

La Figura 4 muestra las regresiones entre los coeficientes de DMS y DMO obtenidas mediante las técnicas in vivo e in vitro (DIVMS y DIVMO), siendo estas regresiones estadísticamente significativas ($p < 0,05$) con coeficientes de determinación elevados ($R^2 = 0,92$ para la MS y $R^2 = 0,95$ para la MO), resultados que demuestran que más del 90% de los cambios en la digestibilidad in vivo pueden explicar la digestibilidad in vitro.

Figura 4. Regresiones entre los coeficientes de digestibilidad de la MS y MO in vivo e in vitro

La utilidad de las ecuaciones de regresión está dada por la posibilidad de aplicarlas a trabajos futuros que se realicen en condiciones similares para estimar la digestibilidad in vivo a partir de los ensayos in vitro, representando un ahorro importante tanto económico como en tiempo y esfuerzo, siempre y cuando se realicen las correcciones correspondientes teniendo en cuenta las subestimaciones observadas con la técnica in vitro.

A partir de las ecuaciones de regresiones lineales entre la DMS, DMO, DFND, in vivo y los distintos niveles de inclusión de EAA, se estimaron los coeficientes de digestibilidad para un 100% de EAA (valoración como único alimento) por extrapolación, siendo de 65% para la DMS y de 69,7% para la DMO evidenciándose que son similares a los obtenidos en la prueba de digestibilidad in vitro también por extrapolación (64,5% y 65,2% para la DIVMS y DIVMO, respectivamente), y el valor de digestibilidad in vivo de la DFND fue de 73,4%. Hay que señalar que el valor de digestibilidad de la MS in vivo e in vitro fue bastante inferior a lo reportado en un estudio in vitro por Carrera et al 2012 que fue de 82,74%, aunque la diferencia en relación a lo que encontraron estos autores fue menor que la DFND estimada por

extrapolación en el in vivo (85,61% vs 73,4%) (16). En otro ensayo, también in vitro, Duarte (2009) trabajó con EAA proveniente de tres industrias distintas, observando que las digestibilidades variaron ampliamente entre industrias tanto para la DMS como para la DMO que fueron de 76,38% a 49,78% y 75,33% a 48,23%, respectivamente (17), ubicándose los resultados obtenidos en el presente estudio dentro de los rangos reportados por dicho autor y, más próximos a los valores más altos de digestibilidad.

Debido a los pocos estudios realizados con el EAA y la casi ausencia de trabajos publicados sobre ensayos de digestibilidad, la comparación de los valores in vivo también se realizó con otros subproductos de oleaginosas similares. En este sentido, el valor de DMO obtenido por extrapolación resultó ser un tanto inferior al del Expeller de Canola (77%), y la DPB (78%), fue similar al observado para un nivel de inclusión del 60% de EAA. Cuando se la compara con el Expeller de Algodón cuya DMO es de 69% y la DPB de 76%, los valores registrados en el presente estudio, fueron muy similares al coeficiente de digestibilidad obtenido por extrapolación para la DMO y al registrado para el nivel de inclusión del 40% de EAA para la DPB (18).

CONCLUSIÓN

Los coeficientes de digestibilidad in vivo se incrementan de manera sostenida, siguiendo una evolución de tendencia lineal significativa, al aumentar proporcionalmente la inclusión de EAA en la ración para la Materia Seca, Materia Orgánica y Fibra Neutra Detergente.

Los coeficientes de digestibilidad in vivo se incrementan siguiendo una evolución cuadrática con aumento acentuado para los niveles más bajos de inclusión de EAA en el caso de la Proteína Bruta y el Extracto Etéreo.

Los coeficientes de digestibilidad in vitro se incrementan de manera sostenida, siguiendo una evolución de tendencia lineal altamente significativa, al aumentar proporcionalmente la inclusión de EAA en la ración, tanto para la Materia Seca como para la Materia Orgánica.

La comparación de los valores de las digestibilidades de la Materia Seca y de la Materia

Orgánica por las dos técnicas aplicadas permite concluir la existencia de ligeras subestimaciones del in vitro para la primera y un tanto mayores para la segunda.

Las regresiones establecidas entre los valores de digestibilidad in vivo e in vitro de la Materia Seca y Materia Orgánica de las raciones que contenían diferentes niveles de inclusión del Expeller de Almendra de *Acrocomia aculeata* presentó coeficientes de determinación superiores a 0,9 en ambos casos, lo que indica que la digestibilidad in vitro puede ser un buen predictor de la digestibilidad in vivo, teniendo la salvedad de realizar las correcciones para las subestimaciones in vitro.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Espinosa B, Mendaro E. La Explotación de cocoteros en el Paraguay. Asunción: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Instituto de Asuntos Interamericanos de los Estados Unidos de América, Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Asunción; 1952. 68p.
2. Martin G. Estudio Agroeconómico del *Acrocomia totai*. Mart. (Mbokajá) en Paraguay. Institut de Recherches pour les Huiles et Oleagineux. Asunción: Ministère des affaires Etrangères. Direction Generale des Relations culturelles scientifiques et Techniques; 1976. 69p.
3. Scheffer S, Rodríguez A. Efectos del empleo del coco (Mbocajá) en alimentación animal. San Lorenzo, Paraguay: Universidad Nacional de Asunción, DDI, CEMIT; 1992. 54p.
4. Scheffer S, Rodríguez A. Efectos del empleo del coco (Mbocajá) como alimento energético sobre la curva de crecimiento de desmamantes bovinos. San Lorenzo, Paraguay: Universidad Nacional de Asunción, DDI, CEMIT; 1993. 25p.
5. Acrocomia Solutions, Acrocomia: palmera de múltiple utilización y alto potencial productivo. (monografía en internet). Obligado, Paraguay: Acrocomias Solutions 2013. (Consultado el 13 de Noviembre de 2014). Disponible en: <http://acrocomiasolutions.com/es/acrocomia/descripcion-botanica>
6. Churd D, Pond WG, Pond KR. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. 2a ed. México: Limusa; 2004. 635p.
7. Association of Official Agricultural Chemists. Official methods of analyses of the Association of Agricultural Chemists. 9a ed. Washington: AOAC; 1963.
8. Van Soest PJ, Wine RH. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. IV. The Determination of plant cell-wall constituents. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 1967; 50(1): 50-52.
9. Grupo Infostat: InfoStat software estadístico InfoStat versión 2008, Manual de usuario, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 2008. (Consultado el 13 de mayo de 2015). Disponible en: <http://www.infostat.com.or/index.php?mod=page&id37>
10. Tilley JMA, Terry RA. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Grass and forage science. 1963; 18(2) 104-111.
11. Piccioni M. Diccionario de alimentación animal. 3a ed. Zaragoza: Acribia; 1970. 819p.
12. Bondi A. Nutrición Animal. Zaragoza: Acribia; 1988. 546p.
13. Tobal CF. Evaluación de los Alimentos a través de los diferentes métodos de digestibilidad (en línea). Anuario Facultad de Ciencias Veterinarias La Pampa 1999 (Argentina). 1999. (Consultado el 16 febrero 2015). Disponible en: <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/anuvet/n1999a16tobal.pdf>
14. McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA. Nutrición Animal. 6a ed. Zaragoza: Acribia; 2006. 209p.
15. Ojeda A, Torrealba N. Caracterización química y digestibilidad en ovinos de los residuos del procesamiento agroindustrial del tomate. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 2001; 35 (04): 331 - 335
16. Carrera RAB, Veloso CM, Knuppn LS, de Souza Júnior AH, Detmann E, Lana RdP. Protein co-products and by-products of the biodiesel industry for ruminants feeding. R. Bras. Zootec. 2012; 41(5) 1202-1211.
17. Duarte J. Valor nutricional del expeller de almendra de coco, a través de ensayos de digestibilidad in vitro de la materia seca y materia orgánica en ovinos, Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay; 2009.
18. Sauvart J, Perez J, Tran G. Tablas de composición y valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero. Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas de la Asociación Francesa de Zootecnia y el Instituto Nacional Agronómico de París- Grignon. Madrid: Mundi Prens; 2004. 320p.