

Efecto de dos procesos térmicos sobre la calidad biológica de la proteína de granos de Vitabosa (*Mucuna* sp) en pollos de engorde¹

Martha Victoria Ruiz-Duque ²

¹ *Financiado por el Posgrado en Ciencias Agrarias; Fundación Aurelio Llano y el autor*

² *Maestría en Ciencias Agrarias. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Producción Animal. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, Colombia.*

mvrui@unal.edu.co

Recibido: 14 de Junio de 2016; aprobado 3 de Abril de 2017 y actualizado 17 de Junio de 2017

DOI: 10.17151/vetzo.2017.11.1.5

RESUMEN: Se evaluó el efecto de la cocción y tostado sobre la calidad biológica de la proteína de granos de Vitabosa (*Mucuna* sp) usando como modelo animal pollos de engorde. Los parámetros evaluados fueron PER, NPR, balance de nitrógeno aparente y corregido, digestibilidad aparente y corregida del nitrógeno. Se fraccionó la proteína del grano crudo por su solubilidad en diferentes solventes y se hicieron dos controles de calidad del proceso térmico. 90 pollos Ross de ocho días de edad, fueron asignados al azar en seis tratamientos: caseína (CA), torta de soya (TS), mucuna cruda (MC), mucuna cocida (MCO), mucuna tostada (MT) y una dieta libre de nitrógeno (DLN) con cinco repeticiones y tres pollos por repetición. Las dietas se ajustaron al 10% de proteína cruda. El periodo experimental fue de 10 días con colecta total de excretas los últimos tres. Los resultados fueron: 24,37%; 25,6% y 25,6% de proteína cruda para grano crudo, cocido y tostado respectivamente. PER: 0,97; 2,10; -3,73; -3,36; -5,59. NPR: -3,99; 1,38 -6,45 -8,0 -12,23. Balance de nitrógeno aparente: 1,34; 15,67; 2,97; 1,34; 0,67. Corregido: 1,71; 16,05; 3,35; 1,72; 1,05. Digestibilidad aparente del nitrógeno: 52,30; 90,29; 69,78; 49,11; 36,29. Digestibilidad corregida del nitrógeno: 67,23; 92,46; 78,62; 62,89; 59,32 para (CA), (TS), (MC) (MCO), (MT) respectivamente. Los porcentajes de las fracciones de la proteína del grano integral y desengrasado de vitabosa (*Mucuna* sp) fueron: Albuminas: 14,12 y 55,30. Globulinas: 3,0 y 11,76. Prolaminas: 0,19 y 0,74. Glutelinas: 3,0 y 11,76. Proteína insoluble o precipitado: 5,22 y 20,45, respectivamente. Solubilidad en KOH De 91,30% y 43,0% y 53,80%; e índice de ureasa de: 0,01, 0,01 y 0,02, para granos crudos cocidos y tostados respectivamente.

Palabras clave: calidad de proteínas de leguminosas, factores anti-nutricionales, fraccionamiento de proteínas, procesos térmicos, vitabosa

Effect of two thermal processes on the biological protein quality of Vitabosa (*Mucuna* sp) grains as animal model broilers

ABSTRACT: Evaluated the effect of cooking and roasting on the biological quality of Vitabosa grain protein (*Mucuna* sp) using broiler chickens as an animal model. The evaluated parameters were protein efficiency ratio (PER), net protein ratio (NPR), apparent and corrected nitrogen balance, apparent and corrected nitrogen

digestibility. The crude grain protein was fractionated by its solubility in different solvents and two quality controls of the thermal process were made. 90 Ross chicks eight days old were randomly assigned to six treatments: casein (CA), soybean cake (SC), raw mucuna (RM), cooked mucuna (CM), toasted mucuna (TM) and a free diet of nitrogen (FDN) with five replicates and three chickens per replicate. Diets were adjusted to 10% crude protein. The experimental period was 10 days with total collection of excreta the last three. The results were: 24.37%; 25.6% and 25.6% crude protein for raw, cooked and roasted grain, respectively. PER: 0.97; 2.10; -3.73; -3.36; -5.59. NPR: -3.99; 1.38; -6.45; -8.0; -12.23. Apparent nitrogen balance: 1.34; 15.67; 2.97; 1.34; 0.67. Corrected: 1.71; 16.05; 3.35; 1.72; 1.05. Apparent digestibility of nitrogen: 52.30; 90.29; 69.78; 49.11; 36.29. Corrected nitrogen digestibility: 67.23; 92.46; 78.62; 62.89; 59.32 for (CA), (SC), (RM) (CM), (TM) respectively. The percentages of the fractions of the integral grain and vitreous defatted (*Mucuna* sp) were: Albumin: 14,12 and 55,30. Globulins: 3.0 and 11.76. Prolamines: 0.19 and 0.74. Glutelins: 3.0 and 11.76. Insoluble or precipitated protein: 5.22 and 20.45, respectively. Solubility in KOH from 91,30%; 43.0% and 53.80%; And urease index of: 0.01, 0.01 and 0.02, for cooked and roasted raw grains, respectively.

Key words: quality protein, anti-nutritional factors, proteins fractionation, thermal processes, velvet bean

Introducción

Las leguminosas de grano están ampliamente distribuidas en los países tropicales y han estado vinculadas ancestralmente a las comunidades rurales bajo esquemas de producción no industrializados, convirtiéndose en un legado agronómico y cultural de sectores campesinos. La evaluación nutricional de la proteína de estos recursos puede seguir los derroteros trazados para los alimentos usados en modelos industrializados basados en la digestibilidad de la proteína, los aminoácidos, el fósforo y la estimación de los valores de energía digestible o metabolizable; pero también se puede guiar por criterios como la digestibilidad fecal, los estudios de balance de nitrógeno o proteína, razón de eficiencia proteica (PER), razón neta de la proteína (NPR), utilización neta de la proteína (NPU), valor biológico (BV) y las evaluaciones *in vitro*, los cuales constituyen o hacen parte de lo que se conoce como la evaluación de la calidad biológica de la proteína.

Para su empleo seguro estas semillas deben ser sometidas a diferentes procesos tecnológicos para eliminar o inactivar los compuestos del metabolismo intermediario vegetal o factores anti-nutricionales (Sing & Eggum, 1984; Vadivel & Pugalenth, 2007 y 2008). La mayor parte de los trabajos han centrado su atención en la evaluación del efecto positivo de estos tratamientos; no obstante, no son frecuentes los estudios que examinan las consecuencias desfavorables sobre la calidad biológica de la proteína de semillas tratadas térmicamente. Las evaluaciones en esta área se han conducido bajo ensayos que usan principalmente ratones, lo que a juicio de diferentes investigadores limita su aplicación en otras especies animales; es poco frecuente el empleo de pollos de engorde como modelo animal en este tipo de pruebas y nulo en la evaluación de la

calidad de la proteína de granos de leguminosas diferentes a la soya, como es el caso de las semillas del frijol vitabosa (*Mucuna* sp) sometidas a tratamientos térmicos.

Con base en estas consideraciones se encontró pertinente evaluar la calidad biológica de proteína de granos crudos de vitabosa y sometidos a dos procesos térmicos (cocción y tostado), empleando pollos como modelo animal; esperando que la aplicación de calor produzca cambios sobre su calidad biológica, debido a la inactivación de los metabolitos secundarios presentes en la semilla y al mejoramiento de la digestibilidad.

Así mismo, caracterizar químicamente estos granos, determinar la solubilidad de su proteína en diferentes solventes y evaluar su comportamiento frente a dos indicadores de calidad del proceso térmico como son el índice de ureasa y la solubilidad en KOH.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en la Estación Agraria San Pablo, granja experimental de la Universidad Nacional de Colombia, ubicada en Rionegro Antioquia. Para el estudio se utilizaron 90 pollos machos de la línea Ross**Ross*, vacunados el primer día de vida en la incubadora con el esquema comercial que incluye: Mareck-Gumboro-New Castle–Bronquitis. Las aves fueron alojadas en el galpón de levante acondicionado para garantizar temperatura, humedad y luminosidad acordes con las necesidades de las aves. Para la recepción y crianza, durante la primera semana de vida se utilizó el equipo y los materiales que dispone la estación: cama de viruta, redondeles plásticos, criadoras eléctricas, calefacción a gas, comederos de bandeja y bebederos tipo bebe. En la fase experimental los pollos se instalaron en tres baterías metálicas de cinco pisos cada una, provistas de comedero, bebedero de tolva lineal y bandejas para las excretas. Cada piso contaba con dispositivo de luz eléctrica para la iluminación y fuente de calor.

Los granos maduros y seleccionados de frijol vitabosa (*Mucuna* sp) se obtuvieron en el cultivar de la granja experimental de la Fundación Aurelio Llano Posada ubicada en el municipio de Quimbaya, departamento de Quindío, Colombia. Las semillas fueron sometidas a proceso de limpieza y selección; posteriormente se formaron tres baches y se destinaron a los tratamientos propuestos: crudo o sin tratamiento alguno, cocción y tostado. Los procedimientos se aplicaron de acuerdo con la sensibilidad registrada en la literatura de los factores antinutricionales a la solubilidad y a la temperatura. Los procesos aplicados se describen a continuación:

Remojo: Durante 24 horas con relación peso: volumen 1:5; esto es 14 kg de grano de vitabosa en 70 L de agua potable; luego se descartó el agua residual y los granos se secaron durante 52 horas en estufa de ventilación forzada a 60°C.

Cocción: Se realizó en el Laboratorio de Productos Lácteos de la Universidad Nacional de Colombia, en una marmita de doble camisa a vapor en agua en ebullición (202°F ó 94,4°C) con relación p:v 1:10 durante 40 minutos. Finalmente, para secarlos se llevaron a estufa de ventilación forzada a 60°C por 48 horas en el Laboratorio de Análisis Químico y Bromatológico.

Tostado: Se realizó en el laboratorio de calidad de alimentos de la Universidad Nacional de Colombia. En horno automático a gas (Thermolab, Modelo DIES) a 110°C por 30 minutos, una vez se alcanzó la temperatura meta. Luego de 30 minutos de tostado, los granos se enfriaron a temperatura ambiente.

Determinaciones químicas: a granos, dietas y excretas. Todos los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis Químico y Bromatológico. Una vez se limpiaron y seleccionaron los granos se sometieron a los procesos asignados. Se destinó una muestra de cada grano crudo, cocido y tostado para los análisis químicos, previa molienda en molino con criba de 1 mm. La harina obtenida se almacenó en bolsas plásticas con cierre hermético a temperatura de 25°C. En el laboratorio se realizaron las siguientes determinaciones a granos y dietas:

- Humedad y otras materias volátiles (Hd): Método termogravimétrico a 105°C más o menos 2°C (ISO-6496).
- Nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda (PC): Método Kjeldahl (NTC-4657).
- Contenido de grasa (GB): Método de extracción con éter (NTC-668).
- Fibra cruda (FC): Método del crisol de disco cocido (AOAC 978.10).
- Almidón nativo (ALM): Método polarimétrico de Ewers (ISO 10520).
- Cenizas (CEN): Método de incineración (AOAC 942.05).
- Ca: Método de espectrometría de absorción atómica (NTC 5151).
- P: Método espectrofotométrico UV-VIS (NTC 4981).
- Proteína soluble en KOH al 0,2%: Método de solubilidad en KOH (NTC 3682).
- Índice de ureasa: Método de potenciometría (NTC 771).

Las dos últimas determinaciones se introdujeron como criterios de control de calidad de procesos térmicos y solo fue determinado en los granos. Las excretas recolectadas de cada día correspondientes a cada repetición se descongelaron y dejaron a la temperatura del laboratorio para luego determinar el contenido de humedad y de nitrógeno de acuerdo con los métodos descritos para los granos y las dietas.

Dietas experimentales: Para el estudio se prepararon las siguientes dietas:

- T1. Dieta libre de nitrógeno (DLN)
- T2. Dieta con caseína o de referencia (CA)
- T3. Dieta con torta de soya o de referencia (TS)
- T7. Dieta con grano de mucuna crudo (MC)
- T8. Dieta con grano de mucuna cocido (MCO)
- T9. Dieta con grano de mucuna tostado (MT)

La DLN solo se utilizó para calcular el nitrógeno endógeno. En los estudios de evaluación de la calidad biológica de la proteína se emplea este tipo de dietas con este objetivo, no pretende ser útil para realizar comparaciones en las variables de respuesta entre ella y las otras dietas experimentales. En este estudio se incluyó la dieta de referencia con caseína (CA) porque se considera una proteína de elevado valor biológico; la dieta con torta de soya (TS) se usó como dieta de referencia porque este alimento es la principal fuente de proteína utilizada en las dietas comerciales para pollos de engorde.

De acuerdo con la metodología en los estudios de calidad biológica de la proteína las dietas experimentales fueron formuladas atendiendo los aportes de minerales, vitaminas, pared celular y grasa, pero ajustadas al 10% de proteína cruda; este nivel se basa en la premisa señalada por diversos investigadores según la cual la utilización de la proteína decrece cuando se incrementa su nivel en la dieta (Platt y Miller, citados por Summer *et al.*, 1964). Las [tablas 1 y 2](#) registran la composición centesimal y nutricional de las dietas experimentales.

Tabla 1. Composición centesimal de las dietas utilizadas en el estudio.¹

Ingredientes	T1	T2	T3	T7	T8	T9
Almidón de maíz	57,00	49,00	43,00	32,00	34,00	34,00
Maltodextrina	24,00	19,00	17,00	11,00	12,00	12,00
Glucosa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Aceite	5,00	5,00	5,00	5,00	5	5,00
Celulosa	4,00	4,00	2,87	1,09	0,64	0,80
Caseína	0	12,70	0	0	0	0
<i>Mucuna sp</i>	0	0	0	41,03	39,02	39,02
Torta de soya	0	0	22,62	0	0	0
Premezcla Vitam- Min	0,40	0,40	0,40	0,40	0,4	0,40
Fosfato monobásico	2,14	2,14	1,95	1,93	1,94	1,94
CaCO ₃	1,79	1,79	1,71	1,78	1,76	1,78
Cloruro de sodio	0,30	0,30	0,30	0,30	0,3	0,30
Totales	99,63	99,33	99,85	99,52	100,07	100,25

¹ (Valores expresados en porcentaje).

Composición de la premezcla vitamínica y mineral: niacina 30,00 g; vitamina K 3,00 g; vitamina B12 20,00 mg; tiamina (B1) 2,00 g; piridoxina (B6) 3,00 g; ácido fólico 1,00 g; biotina 150,00 mg; vitamina A 10000000,00 UI; vitamina D 3000000,00 UI; vitamina E 60000,00 UI; riboflavina (vitamina B2) 6,00 g; Cu 10,00 g; Fe 50,00 g; Zn 70,00 g; Mn 75,00 g; antioxidante B.H.T 50,00 g; I 1,00 g; Se 0,30 g; cloruro de colina 300,00 g; virginiamicina 12,50 g; excipiente C.S.D. 4000 g; pantotenato de Ca 10,00 g; narasina 40,00 g; nicarbazina 40,00 g.

Tabla 2. Composición nutricional de las dietas experimentales.¹

	T1	T2	T3	T7	T8	T9
Humedad y otras materias volátiles	10,30	10,40	10,60	9,90	8,80	8,90
Nitrógeno	0,10	1,70	2,10	2,10	1,80	1,70
Proteína cruda (N*6,25)	0,63	10,63	13,13	13,13	11,25	10,63
Contenido de grasa	6,17	8,49	5,81	8,21	5,89	8,12
Fibra cruda	3,40	3,40	2,60	3,80	4,20	3,90
Cenizas	1,50	1,61	2,46	2,66	2,18	2,76
Calcio	0,26	0,18	0,22	0,29	0,24	0,28
Fósforo total	0,07	0,14	0,21	0,27	0,23	0,26
Valor calorífico bruto (cal/kg)	4363	4645	4479	4631	4631	4621

¹Valores expresados en la base de la materia seca. Con excepción del valor calorífico bruto, todos los valores están expresados en porcentaje.

Las dietas fueron elaboradas en el Laboratorio de Concentrados de la Estación Agraria San Pablo de la Universidad Nacional de Colombia. El almidón de maíz, la maltodextrina, glucosa, celulosa, caseína, premezcla de minerales y vitaminas, así como la fuente de Ca y P, el NaCl y los aminoácidos se incorporaron a las dietas como fueron entregados por los proveedores. El aceite se adicionó manualmente. La torta de soya y los granos de vitabosa fueron molidos en el molino de preparación de muestras del Laboratorio de Análisis Químico y Bromatológico. Para el mezclado de los ingredientes se utilizó una micromezcladora mecánica de paletas. El tiempo de mezclado fue de 5 minutos. Todas las dietas fueron suministradas en forma de harina. Se tomó una muestra de 100 gramos de cada uno de los tratamientos para las determinaciones químicas.

El día previo al inicio de la etapa experimental los pollos se sometieron a ayuno de 12 horas, pero se mantuvo la oferta de agua. Al día 8 se pesaron individualmente (peso 1) y se distribuyeron al azar en los tratamientos. Las dietas se ofrecieron diariamente en la mañana durante 10 días según los consumos esperados por tabla de la línea Ross* Ross consignando la cantidad ofrecida y el rechazo para estimar por diferencia el consumo.

En los últimos tres días del período experimental se hizo la recolección total de excretas. Las excretas de cada día correspondientes a cada repetición se pesaron, se eliminaron plumas, residuos de alimento y demás agentes extraños, se identificaron y congelaron. Para los análisis de laboratorio se descongelaron y secaron en estufa de ventilación forzada a 60°C.

El día anterior a la finalización del experimento los pollos se ayunaron durante 12 horas y se pesaron por repetición para obtener el final (peso 2).

Evaluación de la calidad biológica de la proteína: se determinó en un ensayo mediante los siguientes indicadores:

- PER: **Protein Efficiency Ratio** o Razón de Eficiencia Proteica. Basado en el método de Osborne (1919) y Osborne, Mendel y Ferry (1957).

- NPR: *Net Protein Ratio* o Razón Neta de Proteína. Basado en el método de Bender y Doell (1957).
- Digestibilidad aparente y corregida del nitrógeno. Basado en el método de Mitchell (1925).
- Balance aparente y corregido de nitrógeno
- Análisis estadísticos: El experimento se condujo en un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos, cinco repeticiones por tratamiento y tres pollos por repetición.

La Dieta Libre de Nitrógeno (DLN) se utilizó para estimar los valores de digestibilidad del nitrógeno el balance corregido de nitrógeno y el NPR, sin ser objeto del análisis estadístico. Las variables de respuesta generadas se analizaron utilizando el procedimiento GLM y los valores promedio se compararon, cuando procedía, mediante la prueba Duncan. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el programa SAS (*Statistical Analysis System* NC Versión 9).

Resultados y Discusión

Composición química: a continuación, se presentan los resultados de las determinaciones químicas realizadas en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, para los granos del fríjol Vitabosa (*Mucuna* sp).

Tabla 3. Composición química para los granos de vitabosa usados en el experimento.¹

Análisis	Vitabosa (<i>Mucuna</i> sp)		
	Crudo	Cocido	Tostado
Humedad y otras materias volátiles	9,60	3,50	5,60
Proteína cruda (N*6,25)	24,37	25,60	25,60
Contenido de grasa	3,04	3,00	2,96
Fibra cruda	7,10	8,60	8,20
Cenizas	3,25	3,05	3,55
Calcio	0,08	0,099	0,08
Fósforo	0,36	0,36	0,36

¹ (Valores expresados en porcentaje) Resultados en base seca.

En general la información sobre la composición química de los granos se encuentra en la misma dirección a los registros de los autores (Adebowale et al., 2005 y 2007; Chaparro et al., 2009; Corzo et al., 2000; Encalada, 2002; Ezeagu, Maziya-Dixon & Tarawali, 2003; Ferreira, 2000; Flores, 1997; Johnson & Valentine, 2005; Kadkade, Micheo & Luján, 1972; Kwaku & Patterson, 1999; Ruiz et al., 2009; Vadivel & Janardhanan, 2005, citados por Chaparro, 2009; Siddhuraju, Vijayakumari &

Janardhanan, 1996; Vadivel & Janardhanan, 2000, citados por Pugalenthil et al., 2005; Vadivel & Pugalenthil, 2007 y 2008; Vivanco, 1998).

Parámetros de control de calidad del tratamiento térmico a granos: a continuación, se presentan los resultados de algunas variables de calidad utilizadas de manera clásica para evaluar procesos térmicos desarrollados para torta de soya aplicados a los granos de vitabosa utilizados en el experimento.

Tabla 4. Parámetros de control de calidad aplicados a los granos crudos y procesados de vitabosa (*Mucuna sp.*).

Análisis	Mucuna		
	Crudo	Cocido	Tostado
Proteína soluble en KOH al 2%	91,30	43,00	53,80
Actividad ureásica (Delta de pH)	0,01	0,01	0,02

Existe evidencia que la ureasa es una proteína común en granos de leguminosas (Balasubramanian & Pomuraj, 2008; Das & Kayastha, 1998; Das, Kayastha & Malhotra 2005). No es fácil la aplicación y la interpretación del índice de ureasa para el tipo de grano utilizado en el experimento. Si este índice se aplicara en vitabosa tal cual opera en soya, habría que decir de acuerdo con las cifras obtenidas que su comportamiento fue semejante independiente del proceso aplicado. El asunto que habría que colocar en el análisis es que desde 1914, Anneth registró que en este tipo de leguminosa es manifiesta la ausencia de ureasa; lo cual es consistente con el valor obtenido para el indicador (cerca a cero o no cuantificable) que representa ausencia de reacción y por ende la ausencia de delta de pH.

Si aplicamos las Normas Técnicas Colombianas NTC 3716 de 2002 y 3682 de 2006 a los granos estudiados, se podría concluir que el valor obtenido para la solubilidad de la proteína en KOH en el grano crudo está acorde a lo estipulado para granos sin tratar térmicamente; en tanto que los resultados en los granos cocidos y tostados reflejaron una condición propia para granos sobreprocesados por el nivel de temperatura aplicado, por el tiempo de aplicación o por ambas condiciones.

Fraccionamiento de la proteína: en la siguiente [tabla](#) se presentan los resultados del fraccionamiento de las proteínas de los granos, de acuerdo con su solubilidad en diferentes solventes.

Tabla 5. Fraccionamiento de la proteína de los granos crudos de vitabosa (valores expresados como porcentaje).

Proteína soluble	Mucuna	
	Del grano entero	De la proteína desengrasada
Agua (Albúminas)	14,12	55,30
NaCl (Globulinas)	3,00	11,76
Etanol (Prolaminas)	0,19	0,74
NaOH (Glutelinas)	3,00	11,76
Proteína insoluble precipitado	5,22	20,45

De la [tabla](#) anterior se puede resaltar que la mayor proporción de fracciones proteicas en ambos granos y con respecto a la proteína desengrasada, correspondió a las proteínas solubles en agua, soluciones diluidas de NaCl y NaOH, mientras que los niveles bajos estuvieron representados por las proteínas solubles en alcohol. Estos resultados son semejantes a los registrados en la literatura consultada. La mayor proporción de albúminas coincide con lo encontrado por Adebowale et al. (2007). Los resultados obtenidos muestran que la fracción correspondiente a las globulinas es menor en comparación con algunos registros citados por la literatura. Esta divergencia pudo ser debida a que parte de esta fracción se solubilizó en agua durante el fraccionamiento.

Otro elemento tiene que ver con la elevada proporción de la fracción proteica insoluble en el precipitado, la cual en algunos casos llegó a ser superior a los valores de las otras fracciones. Las cifras obtenidas en el procedimiento del laboratorio señalarían que entre un 20 y 25% de la proteína en el grano no hicieron parte de las fracciones solubles en los diferentes solventes empleados.

Peso final y ganancia de peso: El análisis de varianza para el peso final y la ganancia de peso para las dietas con vitabosa, caseína y torta de soya indicaron que el modelo utilizado fue significativo ($P < 0,0001$).

Tabla 6. Peso final y ganancia de peso (g) para dietas con vitabosa y de referencia.

Dieta	Peso final ¹	Ganancia de peso acumulada ¹
T2	362,00 ^b	5,72 ^b
T3	641,67 ^a	76,22 ^a
T7	307,50 ^b	-35,75 ^d
T8	362,67 ^b	-18,78 ^c
T9	351,33 ^b	-24,44 ^c
Promedio global	398,93	-1,67
CV (%)	8,51	-383
Raíz MSE	33,95	6,43
R ²	0,94	0,98

¹ Valores promedio con letra diferente en la misma columna son diferentes estadísticamente

T2: Caseína; T3 Torta Soya; T7 Mucuna Crudo; T8 Mucuna cocido; T9 Mucuna tostado.

El análisis de comparación de medias para la variable de peso final muestra un valor P<alfa para la dieta con torta de soya sobre todas las de granos de Vitabosa y la otra dieta de referencia; la disminución en el peso final de los pollos es del orden de 52,0%, 43,4%, 45,2% y 43,5% para los granos crudos, cocidos y tostados y caseína respectivamente, al compararlos con la dieta de soya. No se presenta diferencia entre los tratamientos con granos de vitabosa lo cual es contradictorio a lo reportado por Vadivel & Pugalenth (2007 y 2008), quienes encuentran respuestas diferenciadas entre granos crudos y procesados sobre el peso final de los animales; explicado por el efecto que el tratamiento térmico ejerce sobre la inactivación de muchas de las sustancias bio-activas que afectan el desempeño animal. El efecto sobre la ganancia de peso podría sugerir que el tratamiento fue inadecuado, pudiendo afectar la integridad de los aminoácidos y la calidad de las proteínas, según la respuesta para esta variable.

Los tratamientos con granos de vitabosa crudos, cocidos y tostados presentaron ganancia de peso negativa; hubo pérdida de peso; la comparación de medias muestra la superioridad de la dieta con torta de soya sobre las otras dietas de 146,9%, 124,6%, 132% y 92,4% para MC, MC, MT y CA respectivamente. La dieta de caseína superó todos los tratamientos con granos de vitabosa. No hay diferencia entre ambos procesos térmicos y estos tratamientos a su vez superan la dieta con mucuna crudo. Los resultados encontrados para esta variable establecen una marcada diferencia entre las dietas de referencia y los granos de mucuna con y sin proceso térmico; lo cual no concuerda con lo hallado por Vadivel & Pugalenth (2007 y 2008) quienes reportan mejores ganancias de peso cuando emplean granos procesados. No obstante, muchos trabajos reportados en este estudio coinciden al afirmar que cuando el proceso térmico es inadecuado, se reduce la digestibilidad de la proteína y disponibilidad de aminoácidos, ya críticos en estos granos principalmente los azufrados, limitantes en aves. Esto se relaciona con lo encontrado en este estudio, para estos granos en lo referente a los indicadores de calidad del tratamiento térmico mediante la solubilidad de la proteína en KOH, que indica un sobre-proceso cuyo efecto sobre la desnaturalización e insolubilidad de las proteínas y el consecuente bajo desempeño y pobre crecimiento ha sido ampliamente documentado.

Consumo y excreción de nitrógeno: el modelo para el consumo de nitrógeno resultó significativo ($P < 0,0001$), pero no para el nitrógeno fecal ($P > 0,3008$). Para el caso del consumo, al menos dos tratamientos difieren entre sí; los resultados para estas variables se consignan en la siguiente [tabla](#).

Tabla 7. Consumo y excreción de nitrógeno (g) para las dietas con vitabosa y de referencia caseína y torta soya.

Dieta	Consumo de nitrógeno ¹	Excreción de nitrógeno ¹
	(g)	(g)
T2	2,54 ^C	1,20 ^A
T3	17,36 ^A	1,69 ^A
T7	4,75 ^B	1,31 ^A
T8	2,70 ^C	1,39 ^A
T9	2,07 ^C	1,07 ^A
Promedio global	6,03	1,36
CV (%)	12,74	22,27
Raíz MSE	0,76	0,30
R ²	0,98	0,46

¹ Valores promedio con letra diferente en la misma columna son diferentes estadísticamente

T2: Caseína; T3 Torta soya; T7 Mucuna crudo; T8 Mucuna cocido; T9 Mucuna tostado.

La comparación de los promedios para el consumo de nitrógeno indica que el valor obtenido por las aves que recibieron el tratamiento T3 superó a los promedios restantes para esta variable. La reducción en el valor que presentaron las otras dietas en porcentaje relativo al tratamiento con soya fue de 14,8% en el caso de T2; 12,6 % para el tratamiento T7 que tuvo grano de mucuna crudo como fuente de proteína; 14,6% en el caso de T8 y 15,2% para T9. La comparación entre los tratamientos con los granos experimentales indica que el consumo de nitrógeno por las aves asignadas al tratamiento con granos crudos fue superior a los de granos procesados. Ambos, crudos y tostados, son 43,1 y 56,4.

La caseína también es estadísticamente inferior al grano crudo; en esta ocasión la merma en el consumo de nitrógeno de los pollos que recibieron esta dieta de referencia fue de 46,5%. No hubo diferencia entre los valores de los tratamientos con granos procesados y la dieta con caseína.

La reducción en el caso de los granos crudos se asocia con la disminución de la calidad nutricional por el efecto de los metabolitos secundarios de las plantas o anti-nutricionales activos presentes en los granos, ya que estos compuestos producen en general una disminución en el consumo voluntario.

Se ha sugerido que tanto el nivel de energía como de proteína en la dieta deben considerarse cuando se evalúan proteínas. No obstante lo anterior, la metodología para estas determinaciones no lo considera. Es probable que los bajos valores de consumo de alimento comunes en estos experimentos sean explicados por estas consideraciones, ya

que la energía es probablemente uno de los factores más importantes a considerar cuando se estudia el valor nutritivo de la proteína, debido a su influencia sobre el consumo de alimento; no solo de su nivel sino la relación caloría /proteína de la dieta (Summer et al., 1964).

Otra explicación del consumo está relacionada con la composición química de la proteína; al respecto Summer & Fisher (1961), demostraron que el desbalance de aminoácidos, común en este tipo de granos, se manifiesta en reducción en el consumo de alimento.

La excreción de nitrógeno es similar en todos los tratamientos por lo que no existe diferencia entre los valores. Debía esperarse una respuesta diferenciada entre los granos sometidos a procesos térmicos y los crudos; en virtud de una mejor digestibilidad del nitrógeno por efecto de la inactivación o reducción de los efectos deletéreos de estas sustancias bioactivas o anti-nutricionales sobre la digestibilidad de la proteína.

Digestibilidad aparente y corregida del nitrógeno: el modelo para ambas variables resultó significativo ($P < 0,0015$) y ($P < 0,0004$), respectivamente.

Tabla 8. Valores promedio para la digestibilidad aparente y corregida del nitrógeno (%) para las dietas con vitabosa y de referencia.

Dieta	Digestibilidad aparente del nitrógeno (B) ¹	Digestibilidad corregida del nitrógeno (A) ¹	Diferencia matemática estimada (A-B)
T2	52,30 ^C	67,23 ^{BC}	14,93
T3	90,29 ^A	92,46 ^A	2,17
T7	69,78 ^B	78,62 ^B	8,84
T8	49,11 ^C	62,89 ^C	13,78
T9	36,29 ^C	59,32 ^C	23,03
Promedio global	62,96	74,34	
CV (%)	11,12	7,46	
Raíz MSE	7,00	5,55	
R ²	0,92	0,89	

¹ Valores promedio con letra diferente en la misma columna son diferentes estadísticamente.

T2: Caseína; T3 Torta soya; T7 Mucuna crudo; T8 Mucuna cocido; T9 Mucuna tostado.

El análisis de la comparación entre medias para la digestibilidad aparente muestra diferencia significativamente superior de la dieta con torta de soya respecto a las demás. La reducción en la digestibilidad aparente de estas fue de 42,0%, 22,7%, 45,6% y 59,8% para T2, T7, T8 y T9, respectivamente. La digestibilidad aparente de la dieta con MC superó a la de las dietas con granos procesados cocidos y tostados y caseína en 29,6%, 47,9% y 25,0% respectivamente. No hubo diferencia entre los granos procesados y la caseína. La digestibilidad corregida muestra la misma tendencia de la aparente; la comparación de medias para esta variable muestra una superioridad significativa de la dieta con torta de soya como fuente de proteína sobre aquellas con caseína y los granos

de mucuna crudos, cocidos y tostados en 27,2%, 14,9%, 31,9% y 35,8% respectivamente. La digestibilidad corregida del grano crudo fue superior a la de los granos procesados cocidos y tostados en 20% y 24,5%. Entre los granos procesados no hubo diferencia estadística. La dieta con caseína no fue diferente a la conformada con granos de mucuna.

La elevada digestibilidad del nitrógeno de la dieta con torta de soya es coherente con lo hallado en los parámetros anteriores de consumo y excreción y para los balances de nitrógeno que muestran efectivamente una relación coherente de estos resultados con base en lo ingerido y lo excretado.

La comparación entre las variables para todos los tratamientos muestra la tendencia generalizada de obtener valores de digestibilidad aparente de nitrógeno menor que la corregida al introducir la corrección con nitrógeno endógeno.

Muchos son los factores que afectan la digestibilidad en granos de leguminosas; ha sido ampliamente documentado que esta es limitada; particularmente se señala la resistencia a la hidrólisis de las moléculas proteicas de estas granos por su conformación y estructura compacta lo que explicaría la baja digestibilidad de los granos crudos de vitabosa; y debería esperarse que una desnaturalización parcial por efecto de los tratamientos térmicos mejorara la digestibilidad; sin embargo, como se ha mencionado, el proceso térmico aplicado a los granos de mucuna en este estudio sugiere un sobrecalentamiento lo que podría resultar en una desnaturalización total de la proteína de los granos, que induce a la inactividad, insolubilización y aceleración de interacciones carbohidrato-proteína y otras que reducen su digestibilidad

Balance de nitrógeno aparente y corregido: el modelo para ambas variables resultó significativo ($P < 0,0001$).

Tabla 9. Valores promedio para el balance de nitrógeno aparente y corregido para las dietas con vitabosa y de referencia.

Tratamiento	Balance de nitrógeno aparente (g) (B)	Balance de nitrógeno corregido(g) (A)	Diferencia matemática estimada (A-B)
T2	1,34 ^C	1,71 ^C	0,37
T3	15,67 ^A	16,05 ^A	0,38
T7	2,97 ^B	3,35 ^B	0,38
T8	1,34 ^C	1,72 ^C	0,38
T9	0,67 ^C	1,05 ^C	0,38
Promedio			
global	5,21	5,5	
CV (%)	9,02	8,41	
Raíz MSE	0,47	0,47	
R ²	0,99	0,99	

¹ Valores promedio con letra diferente en la misma columna son diferentes estadísticamente.

T2: Caseína; T3 Torta soya; T7 Mucuna crudo; T8 Mucuna cocido; T9 Mucuna tostado.

El análisis de los resultados para la variable de nitrógeno corporal indica que los valores de nitrógeno de todos los tratamientos con granos de mucuna y torta de soya son similares y superiores al valor obtenido para la dieta de caseína. La reducción porcentual de esta dieta respecto a las demás es de 24,6% comparativamente a la dieta de referencia con soya; 25,8% en contraste con la de los granos crudos de vitabosa; 26,3%, respecto a los granos cocidos y 24,4% cuando es comparada con los resultados obtenidos con dietas basadas en granos tostados de vitabosa.

La comparación de medias para el balance de nitrógeno corregido indica diferencia entre los tratamientos, siendo significativa y superior para la dieta con proteína de torta de soya; los valores de las demás dietas presentan una reducción porcentual con referencia a esta de 91,4%, 81,0%, 91,4% y 95,7% para la caseína y las dietas con granos de mucuna crudos, cocidos y tostados respectivamente. Los tratamientos que involucraron proceso térmico son estadísticamente inferiores a la dieta con granos crudos con reducción para el valor de esta variable en 54,88% para los granos cocidos y de 77,4% para los tostados; así mismo la dieta de caseína presenta una merma del 54,8% del valor para el balance aparente de nitrógeno con respecto al tratamiento de grano crudo. No hubo diferencia entre los tratamientos procesados y la caseína. No obstante, las diferencias entre tratamientos todos ellos presentan un balance positivo de nitrógeno.

El balance corregido de nitrógeno según esta comparación de medias de Duncan, traza la misma tendencia del resultado obtenido para el balance aparente del nitrógeno al mostrar superioridad de la dieta con torta de soya sobre todas las demás; la reducción en el valor de esta variable es de 89,3% para la de caseína, 79,1%, 89,2% y 93,4% para granos de vitabosa crudos cocidos y tostados respectivamente, en relación a la dieta de referencia con soya. La dieta con granos de mucuna crudos presenta un balance de

nitrógeno corregido estadísticamente diferente y superior a los tratamientos con granos procesados; la reducción de estos es de 48,6% y 68,6% para cocidos y tostados respectivamente y de 48,9% para la segunda dieta de referencia con caseína que resultó similar a los granos procesados que tampoco muestran diferencias estadísticas entre sí.

Todos los resultados descritos en la tabla muestran valores de balance de nitrógeno positivo; tanto aparente como corregido. Así mismo, en todos los tratamientos el balance aparente fue menor que el corregido mediante la corrección con el dato de nitrógeno endógeno.

Valores de PER y NPR: de acuerdo con el registro de los análisis de varianza para ambos parámetros de la calidad biológica de la proteína de las dietas fue significativo el modelo seleccionado ($P < 0,0001$) para las dietas con mucuna, caseína y torta de soya.

Tabla 10. Valores promedio de PER y NPR para dietas de mucuna y de referencia.

Dieta	PER	NPR
T2	0,97 ^A	-3,99 ^B
T3	2,10 ^A	1,38 ^A
T7	-3,73 ^B	-6,45 ^{BC}
T8	-3,36 ^B	-8,00 ^C
T9	-5,59 ^C	-12,23 ^D
Promedio global	-2,23	-6,02
CV (%)	-38,47	-22,84
Raíz MSE	0,85	1,37
R ²	0,94	0,94

^A Valores promedio con letra diferente en la misma columna son diferentes estadísticamente.

T2: Caseína; T3 Torta soya; T7 Mucuna crudo; T8 Mucuna cocido; T9 Mucuna tostado.

No hubo diferencia en los valores para el PER entre el grano crudo y el cocido que a su vez son estadísticamente superiores al tostado. Los granos de Vitabosa respecto a las dietas de referencia resultaron estadísticamente inferiores; al compararlos con la torta de soya, se obtuvo una reducción para este indicador del 277,6%, 260% y 366,1% con los granos de vitabosa crudos, cocidos y tostados respectivamente. No hay PER positivo cuando no hay ganancia de peso estos valores negativos de PER reflejan la siguiente pérdida de peso: -37,75 g, -18,78 g, -24,44 g, para crudos, cocidos y tostados respectivamente. En este caso la ganancia de peso en el cálculo matemático del indicador, es un valor negativo. Una situación similar es reportada por Liener (1979), citados en el trabajo de Using & Eggum (1984), quienes no reportan valores de PER pues obtuvieron pérdidas de peso en la evaluación de granos crudos de common bean, Hyacinth bean y Lima bean; al igual que Agbede & Aletor (2005), quienes reportan valores negativos de PER de -0,8 y -1,1 para granos de Jack bean y Devil vean, respectivamente.

Contrario a lo anterior, Vadivel & Pugalenth (2007) al evaluar granos de mucuna crudos, cocidos (90-95°C por una hora) y tostados (20 minutos a 100- 110°C) en

ratones, encontraron valores positivos para PER de 1,87, 2,3, y 2,33 respectivamente; además, se registra una mejora en los valores en los granos procesados con respecto a los crudos. Hallazgos en la misma tendencia se registraron en el trabajo de Siddhuraju et al. (1996), quienes evaluaron granos crudos y tostados (120°C por 30 minutos) de vitabosa en ratones, encontrando valores positivos de PER de 0,66 y 1,12 para crudos y tostados.

Estos resultados de la evaluación de la calidad de la proteína, para los granos de mucuna mediante el indicador del PER al ser comparados con la escala de calidad de proteína que establece un valor PER estándar de referencia de 2,5 (elevada calidad) para la proteína de la caseína Munro & Allison (1969, citado por Dust et al., 2005), lo clasificaría como una proteína de baja calidad. Son muchos los factores que afectan la calidad biológica de las proteínas; en general, las proteínas provenientes de fuentes vegetales presentan valores bajos en los diferentes métodos de evaluación al compararlas con proteínas de origen animal que son más completas y equilibradas en su perfil de aminoácidos esenciales. Entre proteínas vegetales y particularmente entre leguminosas, la proteína de soya generalmente presenta valores superiores a las de otros granos.

Las comparaciones de medias para el NPR, reflejan la misma situación del PER: valores negativos como consecuencia de pérdidas de peso como efectivamente sucedió en los tratamientos con granos de mucuna crudos y procesados. No obstante, la situación para el NPR es diferente al comparar los procesos térmicos con las dietas de referencia si bien para este indicador como en el PER no hubo diferencia entre los granos crudos y cocidos y como en el caso del PER, ambos superaron los tastados, se encontró que no existe diferencia entre los tratamientos con granos crudos y la caseína. Todas las dietas fueron superadas por la dieta de referencia de torta de soya, como quiera que al compararla con los tratamientos con los granos de mucuna se observó una reducción en la retención neta de la proteína de 576,3, 679,7% y 986,2% para granos crudos, cocidos y tostados respectivamente; esta disminución drástica es lógica pues si la proteína de los granos de mucuna no puede promover ganancia de peso en los animales con las dietas experimentales, menos podría asumir además, la pérdida de peso de los animales con la dieta libre de nitrógeno que supone este indicador.

Conclusiones

Las condiciones de proceso propuestas para tratamiento térmico con calor húmedo (cocción) y seco (tostado) no incrementaron el valor nutritivo de las proteínas de los granos sometidos a este; generando respuestas adversas en los indicadores de calidad biológica de las proteínas con resultados similares a los obtenidos con granos sometidos a calor excesivo (sobre-proceso).

Este estudio mostró que la fracción proteica predominante de los granos de vitabosa (*Mucuna* sp) es la albúmina, seguida de las glutelinas y globulinas; en tanto que las proteínas del tipo prolamina se encuentran en niveles traza en ambos granos.

Referencias bibliográficas

- Adebawale, Y.A.; Adeyemi, I.A.; Oshodi, A.A. Variability in the physicochemical, nutritional and antinutritional attributes of six *Mucuna* species. **Food Chemistry**, v.89, p.37-48, 2005.
- Adebawale, Y.A.; Adeyemi, I.A.; Oshodi, A. et al. Isolation, fractionation and characterization of proteins from *Mucuna* bean. **Food Chemistry**, v.104, p.287-299, 2007.
- Agdebe, J.; Aletor, V. Studies of the chemical composition and protein quality evaluation of differently processed *Canavalia ensiformis* and *Mucuna pruriens* seed flours. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.18, p.89-103, 2005.
- Ahenkora, K.; Dadzie, M.; Patterson, O. Composition and functional properties of raw and heat processed velvet bean (*Mucuna pruriens* (L.) DC. *var utilis*) flours. **International Journal of Food Science and Technology**, v.34, n.2, p.131-135, 1999.
- Annett, H.E. **El contenido de ureasa de ciertos granos de India**. Agricultural Research Laboratory, Dacca, Bengal. 1914
- Balasubramanian, A.; Pomuraj, K. Purification, crystallization and preliminary x-ray analysis of urease from pigeon pea (*Cajanus Cajan*). **Acta Crystallographica**, sect F, v.64, n.7, p.662- 664, 2008.
- Chaparro, S.P. **Efecto de diferentes procesos fisicoquímicos en la reducción de factores antinutricionales de la semilla de vitabosa (*Mucuna deeringiana*)**. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2009. 81p. Tesis (Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos).
- Chaparro, S.P.; Aristizábal, I.D.; González, J.H. Composición y factores antinutricionales de los granos del género *Mucuna*. **Revista Facultad Nacional Agronomía-Medellín**, v.62, n.1, p.4843-4853, 2009.
- Chaparro, S.P.; Aristizábal, I.D.; Gil, J. Reducción de factores antinutricionales de la semilla de vitabosa (*Mucuna deeringiana*) mediante procesos fisico-químicos. **Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín**, v.62, n.2, p. 5157-5164. 2009.

- Corzo, L.; Chel-Guerrero, L.; Betancur, D. Extracción de las fracciones de almidón y proteína del grano de la leguminosa *Mucuna pruriens*. **Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ)**, v.15, n.1, 2000.
- Das, N.; Kayastha, A.; Malhotra, O.P. **Immobilization of Urease from Pigeonpea (*Cajanus Cajan L*) in Polyacrylamide Gels and Calcium Alginate Beads**. School of Biotechnology, Faculty of Science. Banaras Hindu University, Varanasi, India. 2005. 221p.
- Das, N.; Kayastha, A. Immobilization of urease from pigeon pea (*Cajanus Cajan L*) on flannel cloths using polyethyleneimine. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.14, 1998.
- Dust, J.M.; Grieshop, C.M.; Parsons, C.M. et al. Chemical composition, protein quality, palatability, and digestibility of alternative protein sources for dogs. **J. Anim. Sci.**, v.83, p.2414–2422, 2005.
- Encalada, P.A. **Uso de frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) tostado y suplementado con vitamina B6 en raciones para pollos de engorde**. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 2002, 23p. Tesis (Ingeniería Agronómica).
- Ezeagu, I.E.; Maziya-Dixon, B.; Tarawali, G. Seed characteristics and nutrient and antinutrient composition of 12 *Mucuna* accessions from Nigeria. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.1, p.129-139, 2003.
- Ferreira, H. **Evaluación del efecto del remojo, tostado y molido del frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) en raciones para pollos de engorde**. Zamorano, Honduras, 2000, 19 p. Tesis.
- Flores Ortega, L.A. **Efecto del frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) como fuente de proteína en la alimentación de cerdos en crecimiento**. Zamorano. Honduras, 1997, 38p. Tesis (Ingeniería Agronómica).
- Johnson, O. Agbede; Valentine, A. Aletor. Studies of the chemical composition and protein quality evaluation of differently processed *Canavalia ensiformis* and *Mucuna pruriens* seed flours. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.18, n.1, p.89-103, 2005.
- Kadkade, P.G.; Micheo, F.; Luján, C. Extracción y fraccionamiento de proteínas de *Mucuna pruriens* P 52 -66. En: Leguminosas de Grano XVIII Reunión Anual... Serie de informes de conferencias cursos y reuniones N°1; Programa cooperativo para el mejoramiento en cultivos alimenticios. Fernando Rulfo V y Heleodoro Miranda Editores. Nicaragua, 1972.

- Ruiz, B.; Belmar, F.R.; Mendoza, P. et al. Evaluación del frijol terciopelo (*Stizolobium deeringianum*) remojado, en dietas para cerdos en crecimiento. **Universidad y Ciencia Trópico Húmedo**, v.25, n.2, p.141-150, 2009. Encontrado en: <http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/uciencia/agosto2009/4...446.pdf> Consultado en Marzo de 2010
 - Siddhuraju, P.; Vijayakumari, K.; Janardhanan. K. Chemical Composition and Protein Quality of the Little-Known Legume, Velvet Bean (*Mucuna pruriens* (L.) DC.) **J. Agric. Food Chem.**, v.44, n.9, p.2636–2641, 1996.
 - Sing, U.; Eggum, B.O. Factors affecting the protein quality of pigeon pea (*Cajanus cajan*L.). **Qual Plant Plant Foods Hum Nutr**, v.34, p.273-283, 1984.
 - Summer, J.D.; Fisher, H. Net protein values for the growing chicken as determined by carcass analysis: Exploration of the method. **Journal of Nutrition**, v.75, p. 435-442, 1961.
 - Summer, J.D.; Slinger, S.J.; Sibbald, I.R. et al. Influence of protein and energy on growth and protein utilization in the growing chicken. **Journal of Nutrition**, v.82, p.463-468, 1964.
 - Vadivel, V.; Pugalenth, M. Biological value and protein quality of raw and processed seeds of *Mucuna pruriens* var. *utilis*. **Livestock Research for Rural Development**, v.19, n.7, 2007. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd19/7/vadi19097.htm> Accesado en Marzo de 2009.
 - Vadivel, V.; Pugalenth, M. Effect of various processing methods on the levels of antinutritional constituents and protein digestibility of *Mucuna pruriens* (L.) dc. var. *utilis*(wall. ex wight) baker ex burck (velvet bean) seeds. **Journal of Food Biochemistry**, v.32, p.795-812, 2008.
 - Vadivel, V. & Pugalenth, M. Effect of soaking in sodium bicarbonate solution followed by autoclaving on the nutritional and antinutritional properties of velvet bean seeds. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.33, p.60-73, 2009.
 - Vivanco, D.F. **Calidad del grano de frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) como suplemento proteico para rumiantes**. Zamorano, Honduras, 1998, 34p. Tesis (añadir curso o programa).
-

Cómo citar: Ruiz-Duque, M.V. Efecto de dos procesos térmicos sobre la calidad biológica de la proteína de granos de vitabosa (*Mucuna* sp) en pollos de engorde. **Revista Veterinaria y Zootecnia**, v. 11, n. 1, p. 54-73. DOI: 10.17151/vetzo.2017.11.1.5