Gobierno Bolivariano de Venezuela
Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas

Zootecnia Tropical

Depósito Legal: pp. 198302AR214
ISSN: 0798 - 7269
AÑO 33 VOL. 33 No. 2 2015

Zootecnia Tropical / Vol. 33 / Nº 2 / Abril – Junio 2015 / ISSN 0798 - 7269

ZOOTECNIA TROPICAL

Zootecnia Trop.

**Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas,
Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras
Maracay, Venezuela**

http://www.inia.gob.ve

Zootecnia Tropical

Vol. 33 N° 2 - 2015 Depósito Legal pp. 198302AR214 ISSN: 0798-7269

TABLA DE CONTENIDO Vol. 33 Nº. 2

Artículos Científicos

Medina Ramírez N. M., González Sepúlveda C. A., Matute Turizo G. y Barahona Rosales R.
Morfología intestinal en pollos de engorde con o sin suministro de biomasa de levaduras de la producción de etanol combustible 107

Sossa Sánchez C. P., Correa Londoño G. A. y Barahona Rosales R.
Consumo y excreción de nutrientes en novillos de carne pastoreando en trópico de altura con y sin suplementación energética 117

Ono F. H., Márcia Marcato S., Zancanela V., de Oliveira Grieser D., Espejo Stanquevis C., Ciuffi Euzébi T., Benites M. I. y Finco E. M.
Qualidade de ovos de poedeiras comerciais de duas idades sob diferentes condições de armazenamento e tipo de embalagem de ovos 129
Calidad del huevo de las gallinas ponedoras de dos edades bajo diferentes condiciones de almacenamiento y tipo de embalaje de huevos 129

Luque-Dávila W. J., Zurita M. y Nouel Borges G. E.
Harina de carne y afrecho de arroz para alimentación de alevines de Morocoto (*Piaractus brachypomus*) con diferentes niveles de proteína 135

Carvalho S., Bernardes G. M. C., Pires C. C., Bianchi G., Pilecco V. M., Venturini R. S., Motta J. H. y Teixeira C. T.
Efeito de dietas de alto grão sobre o comportamento ingestivo de cordeiros em confinamento ... 145
Efecto de dietas con alto contenido de grano sobre el comportamiento ingestivo de corderos en confinamiento 145

González Á., Mendoza J., Arocha F. y Márquez A.
Edad y crecimiento del bagre dorado *Brachyplatystoma rousseauxi* del Orinoco medio según anillos de la espina pectoral 153

Sánchez Rosas O., Martínez Rojero R. D., Cuicas Huerta R., Hernández Castro E., Palemón Alberto F. y Mejía Villanueva O.
Efecto de la transferencia de un embrión sobre la prolificidady la fertilidad de cabras apareadas previamente 163

Lopeztegui Castillo A. y Marrero U. A.
Selección de método para determinar la condición nutricional en la langosta *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) en Cuba 173

Instrucciones al autor 183

Zootecnia Tropical

Vol. 33 N° 2 - 2015 Depósito Legal pp. 198302AR214 ISSN: 0798-7269

TABLE OF CONTENTS Vol. 33 Nº. 2

Scientific Articles

Medina Ramírez N. M., González Sepúlveda C. A., Matute Turizo G. and Barahona Rosales R.
Intestinal morphology in broilers with or without yeast biomass from fuel ethanol production 107

Sossa Sánchez C. P., Correa Londoño G. A. and Barahona Rosales R.
Intake and excretion of nutrients in beef steers grazing in the highland tropics with and without energy supplementation 117

Ono F. H., Márcia Marcato S., Zancanela V , de Oliveira Grieser D., Espejo Stanquevis C., Ciuffi Euzébi T., Benites M. I. and Finco E. M.
Quality of eggs of laying hens in two ages under different storage conditions and type of egg carton 129

Luque-Dávila W. J., Zurita M. and Nouel Borges G. E.
Use of meat and rice brand, in *Piaractus brachypomus* alevins feeding combination with different protein level 135

Carvalho S., Bernardes G. M. C., Pires C. C., Bianchi G., Pilecco V. M., Venturini R. S., Motta J. H. and Teixeira C. T.
Effect of high-grain diets on feeding behavior of feedlot lambs 145

González Á., Mendoza J., Arocha F. and Márquez A..
Age and growth in gilded catfish *Brachyplatystoma rousseauxi* of the middle Orinoco according to pectoral spine rings 153

Sánchez Rosas O., Martínez Rojero R. D., Cuicas Huerta R., Hernández Castro E., Palemón Alberto F. and Mejía Villanueva O.
Effect of the transfer of one embryo on the prolificacy and the fertility of goats previously mated 163

Lopeztegui Castillo A. and Marrero U. A.
Methodology selection for determining nutritional condition in lobsters *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) in Cuba 173

Instructions to the author 183

Zootecnia Trop., 33 (2): 107-116. 2015

Morfología intestinal en pollos de engorde con o sin suministro de biomasa de levaduras de la producción de etanol combustible

Intestinal morphology in broilers with or without supply of yeast biomass from fuel ethanol production

Natalia M. Medina Ramírez[1]*, Carlos A. González Sepúlveda[1], Gustavo Matute Turizo[2] y Rolando Barahona Rosales[1]

[1]Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Producción Animal. Medellín, Colombia. *Correo electrónico: nmmedina@unal.edu.co
[2]Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Medicina y Laboratorio LAPACI. Medellín, Colombia.

RESUMEN

El suministro de probióticos puede permitir la sustitución de antibióticos promotores del crecimiento en monogástricos. Se evaluaron los cambios morfométricos, alométricos e inmunológicos en pollos de engorde consumiendo una dieta con biomasa de levaduras producida al fermentar hidrolizados de residuos de banano. Se utilizaron 210 pollos machos Ross 308, alojados en baterías verticales dotadas de calefacción eléctrica, distribuidos al azar en cinco tratamientos, con seis réplicas por tratamiento y siete pollos por réplica. El alimento y el agua se suministraron a libre voluntad durante 42 días. Los tratamientos fueron: (a) Dieta sin levadura, (b) Dieta con levadura comercial al 1,5% de la dieta, (c) Levadura a 0,5% de la dieta, (d) Levadura a 1,0% de la dieta y (e) Levadura a 1,5% de la dieta. En el día 21 y 42, de un ave por cada repetición (seis por cada tratamiento), se tomaron muestras intestinales de 1 cm a la altura de la porción terminal del páncreas. En cada muestra, se determinó la integridad de la mucosa, la altura de vellosidades y la profundidad de las criptas. No hubo diferencias estadísticamente significativas (P>0,05) en variables alométricas. Hubo diferencias (P<0,05) en el número de anticuerpos en Gumboro, alturas de las vellosidades y profundidades de criptas. Aunque la altura de las vellosidades y profundidades de criptas cambiaron, solo en algunos casos se le pudo atribuir efectos benéficos a la presencia de levaduras. Se requiere más experimentación para dilucidar el impacto sobre estas variables de agregar levaduras a las dietas de aves.

Palabras clave: altura de vellosidades, desempeño animal, probiótico, residuo agroindustrial, *Saccharomyces cerevisiae.*

ABSTRACT

The supply of probiotics may allow replacement of antibiotic growth promoters in monogastric animals. In the present study, the morphometric, allometric and immunological changes occurring in broilers consuming a diet with yeast biomass produced by fermenting waste banana hydrolytes were evaluated. A total of 210 Ross 308 male broilers housed in vertical batteries equipped with electric heating were randomly distributed into five treatments, using six replications per treatment and seven chicks per replicate. Feed and water were offered free-choice for 42 days. The treatments were: (a) diet without yeast, (b) diet with commercial yeast at 1.5% of the diet, (c) diet with 0.5% experimental yeast, (d) diet with 1.0% experimental yeast and (e) diet with 1.5% experimental yeast. On days 21 and 42, from a bird for each repetition (six birds per treatment), intestinal samples of 1 cm to the height of the terminal portion of the pancreas were taken. In each sample, the integrity of the mucosa, the villi height and crypt depth were determined. There were no statistically significant differences (P>0.05) in the allometric variables. There were differences (P<0.05) in the number of antibodies for IBD, villous heights and crypt depths. Although villi height and crypt depths changed, only in some cases could beneficial effects be attributed to the presence of yeast. Further experimentation is required to elucidate the impact on these variables when adding yeast to the diets of poultry.

Key words: agro-industrial residues, animal performance, probiotic, *Saccharomyces cerevisiae*, villi height.

Recibido: 18/10/14 Aprobado: 01/10/15

INTRODUCCIÓN

En la industria avícola, como en el resto de las producciones pecuarias, es necesario mejorar la eficiencia productiva mediante la aplicación de estrategias para regular la disponibilidad y utilización de nutrientes en el tracto gastrointestinal (López *et al*., 2008). Una de estas estrategias es la inclusión de aditivos en los alimentos balanceados, siendo uno de ellos la utilización de antibióticos como promotores de crecimiento. El uso de antibióticos permite estabilizar la flora microbiana, previniendo algunas patologías intestinales y mejorando los índices productivos, con lo que los productores se vuelven más competitivos (Cancho *et al*., 2000).

Sin embargo, el uso de estos antibióticos como promotores de crecimiento ha sido relacionado con la generación de resistencia de los microorganismos afectando la salud humana, con lo que esta práctica ha sido prohibida en muchos países (Ratcliff, 2000). Esto ha llevado a la búsqueda de nuevas alternativas, que brinden los mismos beneficios de los antibióticos promotores de crecimiento, pero cuyo uso no acarree riesgos para la salud humana y animal, siendo una de estas el uso de probióticos (Pelicano *et al.,* 2004).

Los probióticos son aditivos naturales, basados en microorganismos viables que ayudan en el establecimiento de una población intestinal benéfica para el animal y antagónica a los microorganismos perjudiciales (Green y Sainsbury, 2001). Entre los probióticos están las levaduras, consideradas como una de las alternativas más promisorias para reemplazar los antibióticos promotores de crecimiento, pues mejoran la relación simbiótica entre el huésped y su microflora. Los beneficios de las levaduras para la salud y la productividad han sido documentados en diferentes estudios, mostrando modificación de la digestibilidad de nutrientes, el desarrollo de la mucosa digestiva y la reducción de la colonización por bacterias patógenas (Spring *et al*., 2000), mejorando la eficiencia energética del intestino y los rendimientos animales (Bradley *et al*., 1994; Hofacre *et al*., 2003; Pelicano *et al*., 2004).

En la práctica, las levaduras usadas como probióticos son producidas en fermentaciones al estado líquido que tienen como propósito producir precisamente dicha biomasa. Sin embargo, existen otras fuentes de biomasa de levadura, particularmente los procesos asociados con la producción de etanol combustible, donde se genera una cantidad importante de levaduras. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de biomasa de levaduras producidas al fermentar hidrolizados de residuos de la industria bananera sobre la alometría del sistema digestivo, respuesta inmunológica y morfometría de las vellosidades del tracto gastrointestinal en pollos de engorde machos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El trabajo fue realizado en la unidad experimental de avicultura de la Universidad Nacional de Colombia, Centro Agropecuario San Pablo, Rionegro, Antioquia a 2100 m.s.n.m., con una temperatura entre 12 y 18°C y una humedad relativa de 75,5% y cuya zona de vida corresponde al Bosque Muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB), según la clasificación de Holdridge (Espinal, 1992). La evaluación de la morfometría de la mucosa intestinal fue realizada en un laboratorio de patología ubicado en la ciudad de Medellín, Antioquia.

Población de estudio

En la evaluación se emplearon 210 pollos de la línea ROSS 308 machos de un día de edad, alojados en un sistema de baterías verticales con calefacción eléctrica. El periodo experimental comprendió un total de 42 días, el cual fue dividido en dos fases de alimentación: Fase de inicio de uno a 21 días de vida y fase de engorde de 22 a 41 días de vida. Tanto el alimento como el agua fueron suministrados a voluntad. En ambas fases, las aves recibieron alimentos en forma de harina, formulados para aportar los nutrientes necesarios en cada una de las etapas fisiológicas y productivas de los animales, para lo que se emplearon como guías, las recomendaciones de la línea genética (Aviagen Group, 2012) y del NRC (1994).

Tratamientos utilizados

Las dietas experimentales usadas fueron los siguientes:

Tratamiento uno (T1, control negativo): alimentos a base de maíz-soya, formulados para aportar los nutrientes necesarios según la etapa productiva y sin la inclusión de levaduras.

Tratamiento dos (T2, control positivo): los mismos alimentos del tratamiento 1 más la adición de levadura comercial a razón de 1,5 kg ton^{-1} de alimento.

Tratamiento tres (T3): los mismos alimentos del tratamiento 1 más la inclusión de 0,5 kg ton^{-1} de alimento de biomasa de levadura obtenida durante la fermentación de residuos de banano para la producción de etanol.

Tratamiento cuatro (T4): los mismos alimentos del tratamiento 1 más la inclusión de 1,0 kg ton^{-1} de alimento de biomasa de levadura obtenida durante la fermentación de residuos de banano para la producción de etanol.

Tratamiento cinco (T5): los mismos alimentos del tratamiento 1 más la inclusión de 1,5 kg ton^{-1} de alimento de biomasa de levadura obtenida durante la fermentación de residuos de banano para la producción de etanol. La composición centesimal y nutricional de la dietas fue reportada por Medina *et al*., 2014.

Variables medidas

Mediciones alométricas de sistema digestivo

Estas se realizaron en los días 14, 21 y 42 de vida mediante el sacrificio de dos aves por cada repetición, a las cuales se les tomaron muestras del estómago muscular (molleja) e intestino delgado. Las aves se encontraban en ayuno. En cada muestra se realizaron las siguientes mediciones: (a) Peso de la molleja; (b) Peso total del intestino; (c) Peso del intestino delgado y (d) Longitud del intestino delgado.

Con estas mediciones se determinaron las siguientes relaciones alométricas: (a) Relación Peso de molleja/ Peso Vivo; (b) Relación Peso de intestino total/ Peso Vivo; (c) Relación Peso intestino delgado/ Peso Vivo y (d) Relación Longitud del intestino delgado/ Peso Vivo.

Determinaciones inmunológicas -Serologías

Se realizaron serologías el día 14, 21 y 42 a un animal por cada repetición en muestras de sangre para evidenciar el comportamiento inmunológico a través del conteo de anticuerpos para las enfermedades de Gumboro y Newcastle. Las aves fueron vacunadas contra Gumboro al día 6 de edad y contra Bronquitis y Newcastle el día 11 de edad.

Análisis de muestras de intestino

En los animales sacrificados para las anteriores mediciones, de un animal por cada repetición se tomaron muestras intestinales de 1 cm en la porción terminal del páncreas (duodeno) y de la porción inmediatamente anterior al vestigio del saco vitelino (yeyuno), una tubular (A) y una abierta (B) al día 21 y 42. Estas muestras se almacenaron en una solución formol neutro al 10% en agua en recipientes debidamente identificados para evaluación posterior de vellosidades y profundidades de criptas.

Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Patología y Citología Humana (LAPACI Ltda), ubicada en la ciudad de Medellín, Colombia. Para esto se seleccionaron fragmentos de intestino de las aves con una longitud de un cm, que se introdujeron en formol neutro al 10%, para su fijación y preservación hasta concluir la investigación. De cada muestra, se separaron dos fragmentos de 1x0,5 cm, cortados perpendicularmente desde la mucosa hasta la serosa, fueron depositados en un casete y conservados nuevamente en formol al 10%. Esta muestra fue procesada en un histotecnicón (instrumento automático que se programa para procesar el tejido) durante 14 horas, deshidratando con alcohol. Luego, las muestras se aclararon con xilol y finalmente el tejido fue parafinado, utilizando parafina líquida a 60ºC, la que luego a temperatura ambiente se solidifica con el tejido incorporado.

A continuación, se procedió a cortar el tejido a cuatro micras en un micrótomo, colocando los cortes de tejido en una lámina de vidrio. Se quitó el exceso de parafina mediante aplicación de calor en un horno a 60 grados centígrados. Luego, el tejido fue coloreado utilizando hematoxilina y eosina. Este tejido fue cubierto con un cubre-objeto para su preservación y para

ser observado al microscopio. Cada muestra se examinó al microscopio, interpretando los hallazgos en el tejido al medir la altura de las vellosidades intestinales y profundidades de las criptas. Se elaboró un registro de los datos los cuales fueron entonces tabulados y se realizaron los respectivos análisis.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados usando el procedimiento GLM (General Linear Model) en el software SAS/STAT® (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), versión 8,2 de 2001. Cuando se presentaron diferencias significativas, se utilizó la prueba de Duncan para separar las medias de los tratamientos (P<0,05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Utilizando los mismos tratamientos y diseño experimental que se usó en el presente estudio, Medina *et al*. (2014) no encontraron respuesta a la inclusión de la levadura *S. cerevisiae* en la dieta, y solamente reportaron diferencias significativas en el consumo de alimento acumulado en el tratamiento 4 (1kg/ ton de levadura) con respecto a los demás tratamientos. Similares respuestas fueron encontradas por Fatufe y Matanmi (2011) al agregar probiótico (*Lactobacillus ácido philus, Saccharomyces cerevisae*y *S. boulardii*) a la dieta de pollitos consumiendo una dieta basal de maíz, harina de soja, torta de cacahuete y salvado de trigo.

Medina *et al*. (2014) observaron, no obstante, un beneficio económico de incluir el tratamiento 4, con el cual se obtuvieron mayores retornos (precio de venta del pollo–costo de la alimentación) que en los demás tratamientos. Al considerar estos resultados es importante recordar que existe gran variabilidad en potencial probiótico entre diferentes cepas de levaduras (Manovacía *et al.,* 2008), pudiendo esto explicar la variabilidad en respuestas animales reportadas en la literatura.

Mediciones alométricas del sistema digestivo

En el Cuadro 1 se muestra el efecto de la adición de levaduras en la dieta sobre las relaciones alométricas de los diferentes órganos del sistema digestivo de pollos de engorde machos. No hubo diferencias entre tratamientos (P>0,05)

Cuadro 1. Efecto de la inclusión de levaduras sobre las relaciones alométricas del sistema digestivo de pollos de engorde machos.

	Relación Alométricas del sistema digestivo											
	Semana 2 (14 d)				Semana 3 (14 d)				Semana 42 (14 d)			
TTOS	PM: PV (%)	PIC: PV (%)	PID: PV (%)	LID: PV (%)	PM: PV (%)	PIC: PV (%)	PID: PV (%)	LID: PV (%)	PM: PV (%)	PIC: PV (%)	PID: PV (%)	LID: PV (%)
T1	3,879	6,157	5,326	0,297	2,951	4,578	3,787	0,179	2,438	3,424	2,712	0,082
T2	3,843	5,941	5,109	0,292	3,047	4,821	3,953	0,191	2,355	3,707	2,944	0,080
T3	3,790	6,197	5,262	0,291	3,204	4,281	3,508	0,190	2,376	3,694	2,994	0,080
T4	3,665	6,017	5,176	0,298	3,192	4,699	3,829	0,184	2,314	3,744	2,974	0,081
T5	3,813	6,043	5,180	0,295	2,992	4,449	3,530	0,182	2,641	3,669	2,899	0,088
EEM	0,005	0,005	0,004	0,0002	0,006	0,006	0,005	0,0002	0,008	0.007	0,006	0,0002

Abreviaturas: Ttos: Tratamientos, PM: peso de la molleja; PV: peso vivo; PIC: peso intestino completo; PID: peso intestino delgado; LID: longitud del intestino delgado. EEM: Error estándar de la media *(P<0,1), **(P<0,05), ***(P<0,01), ns= no significativo.

para estas variables. Las relaciones alométricas disminuyeron en todos los tratamientos a medida que la edad de los animales aumentó. Esto obedece a que la tasa de crecimiento de los órganos intestinales es menor a la tasa de crecimiento corporal de las aves (Jaramillo, 2011).

Determinaciones Inmunológicas- Serologías

En los Cuadros 2 y 3 se muestra el efecto de la inclusión de levaduras en dietas de pollo de engorde macho sobre los títulos de anticuerpos medidos mediante dos técnicas independientes: la prueba de inhibición de la hemaglutinación (HI) para *Newcastle* y *ELISA* para *Gumboro.* En la semana 21 y 42 se observaron diferencias significativas (P<0,05) frente al número de anticuerpos para la vacuna de *Gumboro.* En el día 21, hubo diferencias (P<0,05) entre el tratamiento T4 cuyo título de anticuerpos para *Gumboro* fue menor al observado en el tratamiento T3. Sin embargo, en el día 42, los animales en los tratamientos T1 y T4 mostraron mayores títulos de anticuerpos que aquellos en los tratamientos T2 y T5 (P<0,05). Para la vacuna de Newcastle no hubo diferencias (P>0,05).

Hubo altos coeficientes de variación y desviaciones estándar de todos los títulos de anticuerpos tanto entre tratamientos como entre días de medición. Esto sugiere la existencia de problemas en el método de vacunación de las aves *(*Mollinedo *et al*., 2005). Los indicadores de una vacunación exitosa son generalmente títulos altos, uniformes y duraderos que están dentro del rango esperado para el tipo de vacuna. El organismo animal genera sus propias defensas, traduciéndose en una respuesta activa frente a un antígeno, pudiendo ser este antígeno vacunal o de campo, resultando en un ascenso gradual de los títulos de anticuerpos como respuesta al antígeno *(*Mollinedo *et al.*, 2005).

La titulación de anticuerpos de Newcastle mostró alta variabilidad (Cuadro 3), lo cual es denotado por altas desviaciones estándar y altos coeficientes de variación y lo que dificultó además el encontrar diferencias significativas. Vineza (2005) afirmó cuando se observan altos niveles de coeficientes de variación en los títulos de anticuerpos, esto indica aves con poca o disminuida respuesta a la vacunación.

Mediciones morfométricas

El intestino delgado es el sitio principal para la asimilación de nutrientes y su maduración, diferenciación y función continua, sucede en respuesta a la dieta empleada (Pacha, 2000). La acción de las levaduras como prebiótico

Cuadro 2. Títulos de anticuerpos para Gumboro medidos en pollos de engorde machos sometidos a diferentes tratamientos en tres edades.

	Gumboro		
TTOS	Día 14	Día 21	Día 42
	CV, %	CV, %	CV, %
T1	1.499 ± 927 61,9	726 ± 672ab 92,5	1.023 ± 621a 60,7
T2	1.163 ± 1.032 88,7	704 ± 536ab 76,1	369 ± 231b 62,7
T3	2.096 ± 896 42,7	1.373 ± 769a 56,0	757 ± 732ab 96,7
T4	1.828 ± 643 35,1	506 ± 658b 130,1	1.125 ± 648ab 57,6
T5	1.242 ± 1.273 102,6	874 ± 849ab 97,2	323 ± 209b 64,8
Significancia	ns	**	**
EEM	975,9	704,8	536,3

[a, b]Promedios en una misma columna, con distinta letras son diferentes estadísticamente (P<0,05), *(P<0,1), **(P<0,01), ***(P<0,01), ns= no significativo.
Abreviaturas: Ttos: Tratamientos, CV: Coeficiente de Variación, EEM: error estándar de la media.

Cuadro 3. Títulos de anticuerpos por la prueba de inhibición de la hemaglutinación (HI) para Newcastle medida en pollos de engorde machos sometidos a diferentes tratamientos en tres edades.

TTOS	Newcastle								
	Día 14			Día 21			Día 42		
			CV, %			CV, %			CV, %
T1	8,33 ±	6,83	81,9	53,3 ±	20,7	38,7	8,33 ±	16,0	192,2
T2	5,83 ±	3,76	64,5	60,0 ±	21,9	36,5	50,0 ±	35,2	70,4
T3	4,16 ±	2,04	48,9	56,7 ±	26,6	46,9	60,8 ±	88,8	145,9
T4	4,16 ±	4,91	117,9	36,7 ±	8,16	22,3	18,3 ±	13,3	72,5
T5	2,50 ±	2,73	109,5	60,0 ±	21,9	36,5	56,7 ±	55,7	98,4
Significancia	ns			ns			ns		
EEM	4,39			20,78			50,32		

[a, b] Promedios en una misma columna, con distinta letra son diferentes estadísticamente (P<0,05)
*(P<0,1), **(P<0,05), ***(P<0,01), ns= no significativo
Abreviaturas: Ttos: Tratamientos, CV: Coeficiente de Variación, EEM: Error estándar de la media.

y probiótico puede deberse a la exclusión competitiva de los sitios de adherencia y del sustrato (Ortiz *et al.,* 2008; Adebiyi *et al.,* 2012). Otro mecanismo de control es el aumento en la producción de sustancias antibacterianas, como los ácidos grasos volátiles (AGV), el ácido láctico y las bacteriocinas (López *et al*., 2008).

La altura de las vellosidades a los 21 y 42 días en los diferentes segmentos del intestino delgado de pollos de engorde alimentados con y sin la inclusión de levaduras se muestran en el Cuadro 4. En ninguno de los casos se presentaron células inflamadas en la lámina propia ni ningún tipo de anormalidad. En lo referente a las alturas de las vellosidades en el duodeno, solo hubo diferencias entre el tratamiento T2, el cual tuvo mayor altura de vellosidad en el día 42 que los demás tratamientos (P<0,05). Estos resultados concuerdan con lo reportados por Macari y Maiorka (2000) y Loddi (2003), quienes observaron un aumento en la altura de las vellosidades en respuesta al uso de levaduras. Asimismo, Pelicano *et al.* (2005) y Zhang *et al.* (2005) observaron alturas de las vellosidades más altas en aves suplementadas con levaduras y con pared celular de levaduras.

En lo referente a la altura de las vellosidades del yeyuno, hubo (P<0,05) en los dos días evaluados. En el día 21, esta variable fue menor en el tratamiento T4 con respecto a los tratamientos T1, T3 y T5. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Pelicano *et al.* (2003) quienes encontraron un aumento en la altura de las vellosidades en el yeyuno cuando se utilizaron probióticos frente a la dieta sin la inclusión de ellos. Al día 42 la altura de las vellosidades de los animales recibiendo el tratamiento T5 fue menor a la observada en el resto de los animales (P<0,05).

Los cambios en la morfología intestinal, como el aumento en la altura de las vellosidades indican epitelios maduros, lo que sugiere un mayor área de absorción de nutrientes y un posible aumento de la actividad enzimática secretada (Adebiyi *et al.,* 2012). Por su parte, vellosidades más cortas y criptas más profundas han sido asociadas con la presencia de toxinas. Una vellosidad corta disminuye la superficie de absorción de nutrientes; un alargamiento de la vellosidad indica una rápida reconversión del tejido y una alta demanda por nuevos tejidos (Yason y Schat*,* 1987).

En el Cuadro 5 se muestran las profundidades de criptas (µm) a los 21 y 42 días en pollos de engorde alimentados con y sin la inclusión de levaduras. Al analizar las profundidades de criptas en el duodeno, se observaron diferencias estadísticamente significativas (P<0,05) en

Cuadro 4. Promedio de altura de las vellosidades de pollos de engorde alimentados con y sin la inclusión de levaduras a los 21 y 42 días.

Altura de vellosidades (µm)				
	DUODENO		YEYUNO	
TTOS	21 d	42 d	21 d	42 d
T1	1.882,6	1.823,6b	1.200,7a	1.566,0a
T2	1.743,1	1.948,6a	1.138,6 ab	1.491,7a
T3	1.738,9	1.854,2b	1.197,9a	1.542,4a
T4	1.772,2	1.828,5b	1.113,2b	1.486,1a
T5	1.853,5	1.824,3b	1. 200,0a	1.391,0b
Significancia	Ns	**	**	**
EEM	262,32	148,82	130,7	177,21

[a, b] Promedios en una misma columna, con distinta letra son diferentes estadísticamente (P<0,05), *(P<0,1), **(P<0,05), ***(P<0,01), ns= no significativo TTOS: tratamientos.

Cuadro 5. Promedio de las profundidades de criptas de pollos de engorde alimentados con y sin la inclusión de levaduras a los 21 y 42 días.

Profundidad de criptas (µm)				
	DUODENO		YEYUNO	
TTOS	21 d	42 d	21 d	42 d
1	175,0	221,5a	142,4bc	168,1b
2	192,4	208,3a	159,7a	147,2c
3	178,5	220,8a	154,9ab	156,3bc
4	179,2	215,3a	130,6c	196,5a
5	172,9	131,3b	145,1abc	131,9d
Significancia	Ns	**	**	**
EEM	39,8	27,16	31,6	27,58

[a, b, c] Promedios en una misma columna, con distinta letra son diferentes estadísticamente *(P<0,1), **(P<0,05), ***(P<0,01), ns= no significativo
Abreviaturas: Ttos: Tratamientos, EEM: Error estándar de la media.

los animales recibiendo el tratamiento T5, los cuales al día 42 tuvieron una menor profundidad de cripta que los de los demás tratamientos. Esto concuerda con lo reportado por Nicoletti *et al.* (2010), quienes encontraron que los animales del grupo control (sin probióticos) presentaron profundidades de criptas intestinales superiores respecto a animales suplementados con probióticos.

Por su parte, la profundidad de criptas en el yeyuno mostró diferencias estadísticamente significativas (P<0,05) en los dos días evaluados. En el día 21, se obtuvo una mayor profundidad de cripta del tratamiento T2 respecto a T1 y T4, mientras que el T3 mostró mayores profundidades de cripta que el T4. En el día 42, el tratamiento T4 mostró mayor profundidad de cripta que los otros tratamientos. La cripta puede considerarse

como la fábrica de las vellosidades y una cripta grande indica un rápido cambio de tejido y una alta demanda por un nuevo tejido (Pacha, 2000). La proliferación continua, la diferenciación y la maduración de las células madre intestinales de las criptas está regulada por una variedad de factores, que incluyen nutrientes luminales (Uni *et al*., 2001). Varios autores consideran que ciertas variables histológicas del intestino de las aves se correlacionan con adecuados grados de función del órgano y por lo tanto, con un óptimo desempeño productivo del ave (Chumpawadee *et al.,* 2008; Nicoletti *et al.,* 2010).

CONCLUSIONES

No hubo efecto de la inclusión de *Saccharomyces cerevisiae* sobre las variables alométricas del sistema digestivo de las aves. Tampoco fue evidente una respuesta positiva ni negativa asociada con los parámetros de respuesta inmunológica en respuesta a la presencia o ausencia de levaduras. Por su parte, aunque la altura de las vellosidades y profundidades de criptas se vieron afectadas por los diferentes tratamientos empleados, las respuestas no fueron uniformes y solo en algunos casos se le pueden atribuir efectos benéficos a la presencia de levaduras en lo que tiene que ver con altura de vellosidades y/o profundidad de criptas.

Resulta necesario continuar realizando este tipo de estudios, para identificar con precisión los efectos de la inclusión de levaduras en la dieta de pollos de engorde sobre las variables alométricas, morfométricas e inmunológicas de estos animales.

LITERATURA CITADA

Adebiyi, O. A., B. A. Makanjuola, T. O. Bankoley and A. S. Adeyori. 2012. Yeast Culture (*Saccharomyces cerevisae*) Supplementation: Effect on the Performance and Gut Morphology of Broiler Birds. Global J. Sci. Frontier Res. Biol. Sci., 12(6):25-29.

Aviagen Group. 2012. BROILER ROSS 308: Objetivos de rendimiento. 24 p. Disponible en línea: http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Ross-308-Broiler-Objetivos-de-Rendimiento-SP.pdf [Jul. 11, 2014].

Bradley, G. L., T. F. Savage and K. I. Timm. 1994. The effects of supplementing diets with *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* on male poultry performance and ileal morphology.PoultrySci., 73:1766-1770.

Cancho Grande, B., M. S. García Falcón y J. Simal Gándara. 2000. El uso de los antibióticos en la alimentación animal: perspectiva actual. Cienc.Tecnol.Aliment.,3(1):39-47.

Chumpawadee, S., O. Chinrasri, T. Somchan, S. Ngamluany and S. Soychuta. 2008. Effect of dietary inclusion of cassava yeast as probiotic source on growth performance, small intestine (ileum) morphology and carcass characteristic in broilers.Int. J.PoultrySci., 7(3):246-250.

Espinal, L. S. 1992. Geografia ecológica de Antioquia. Zonas de vida. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín, Colombia. 146 p.

Fatufe, A., A and I. O. Matanmi. 2011. Effect of probiotics, organic acids or their mix on the growth performance of starting cockerels. Arch.Zoot., 60(229):149–152.

Green, A. and D. Sainsbury. 2001. The role of probiotic in producing quality poultry products.XV European Symposium on the Quality of Poultry Meat. 9-12 September 2001. Kusadasi/Turkey, pp. 245-251.

Hofacre, C. L., T. Beacorn, S. Colletty and G. Mathis. 2003. Using competitive exclusion, mannanoligo saccharide and other intestinal products to control necrotic enteritis. J. Appl. Poultry Res., 12:60-64.

Jaramillo, A. H. 2011. Evaluación de la mezcla de un probiótico y un ácido orgánico en la salud intestinal y parámetros productivos de pollos de engorde. Tesis de M.Sc., Universidad del Tolima, Facultad de Medicina Veterinaria, Ibagué, Tolima, Colombia. 225 p.

Loddi, M. M. 2003. Probióticos, prebióticos e acidificante orgânico em dietas para

frangos de corte. Tesis, Universidade Estadual Paulista, FACV, Jaboticabal, Sao Paulo, Brasil.

López, N., G. Afanador y C. J. Ariza. 2008. Evaluación del efecto de la suplementación de levaduras sobre la morfometría de vellosidades intestinales y productos de la microflora en pollos. Rev. Fac. Med. Vet. Zoot., 55:63-76.

Macari, M. e A. Maiorka. 2000. Função gastrintestinal e seu impacto no rendimento avícola. In: Anais da Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola Campinas: FACTA 2, 161 p.

Manovacía Moreno, N. P., A. M. Moreno Cárdenas, O. L. Mayorga Mogollón y R. Barahona Rosales. 2008. Evaluación del contenido de nutrientes y producción de biomasa en cepas de levadura colombianas y comerciales. Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín, 61(2):4534–4547.

Medina, N., C. González, S. Daza, O. Restrepo y R. Barahona Rosales. 2014. Respuesta productiva de pollos de engorde con *Saccharomyces cerevisiae* derivada de la fermentación de residuos de banano para la producción de etanol. Rev. Fac. Med. Vet. Zoot., 61(3):258-271. DOI:10.15446/rfmvz.v61n3.46873.

Mollinedo, S. N. S., R. J. Ortiz y C. Ardaya. 2005. Comparación de títulos de anticuerpos de Newcastle en pollos parrilleros vacunados por vía agua vs. aspersión. Tesis de grado, Universidad Autónoma Gabriel René Romero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Bolivia.

NRC. National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th Revised Edition. Washington: National Academy Press, 155 p.

Nicoletti, D., C. Flores Quintana, J. Terraes, y J. Kuttel. 2010. Parámetros productivos y morfológicos en pollos parrilleros suplementados con ácidos orgánicos y levadura. Rev.Vet.,21(1):23–27.

Ortiz, A., J. Reuto, E. Fajardo, S. Sarmiento, A. Aguirre, G. Arbeláez, D. Gómez, y B. Quevedo-Hidalgo. 2008. Evaluación de la capacidad probiótico *in vitro* de una cepa nativa de *Saccharomices y cerevisiae.* Universitas Scietiarum, 13(2):138-148.

Pacha, J. 2000. Development of intestinal transport function in mammals. Physiol. Rev.,80(4):1633-1677.

Pelicano, E., P. A. Souza, H. B. A. Souza, D. F. Figueiredo, M. Boiago, S. R. Carvalho and V. F. Bordon. 2005. Intestinal Mucosa Development in Broiler Chickens Fed Natural Growth Promoters. Rev. Bras. Cienc.Avic.,7(4):221-229.

Pelicano, E. R. L., P. A. Souza, H. B. A. Souza, A. Oba, E. A. Norkus, L. M. Kodawaray e T. M. A. Lima. 2003. Morfometria e ultra-estrutura da mucosa intestinal de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes probióticos. Rev. Port. Cienc. Vet.,98(547):124-134.

Pelicano, E., P. Souza, H. Souza, A. Oba, R. Leonel, N. Zeola, e M. Boiago. 2004. Utilização de probióticos e/ou prebióticos como promotores de crescimento em rações iniciais de frangos de corte. Rev. Bras. Cienc. Avic.,(supl. 6):17.

Ratcliff, J. 2000. Antibiotic bans- An European perspective. **En:** Proceedings of the 47th Maryland Nutrition Conference for Food Manufacturers, March 22-24. pp. 135-152.

Spring, P., C. Wenk, K. A. Dawson and K. E. Newman. 2000. The effects of dietary mananoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of salmonella-challenged broiler chicks. Poultry Sci., 79(2):205-211.

SAS®. Statistical Analysis System. 2001. Version 8.2 para windows. Statistical Analysis System. Institute Inc. Cary. North Carolina.

Uni, Z., G. Zaiger, O. Gal-Garber, M. Pines, I. Rozenboimy and R. Reifen. 2000. Vitamin A deficiency interferes with proliferation and maturation of cells in the chicken small intestine. Br. Poultry Sci., 41:410–415.

Vineza, C. 2005. Interpretación y uso de exámenes de ELISA en avicultura.Rev. Electron. Vet., 6(7):7.

Yason, C. V. and K. A. Schat. 1987. Pathogenesis of rotavirus infection in various age groups of chickens and turkeys: Clinical signs and virology. AmJ. Vet. Res.,48(6):977-983.

Zhang, A. W, B. D. Lee, S. K. Lee, G. H. An, K. B. Song and C. H. Lee. 2005. Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance, meat quality, and ileal mucosa development of broiler chicks. PoultrySci., 84:1015-1021.

Zootecnia Trop., 33 (2): 117-128. 2015

Consumo y excreción de nutrientes en novillos de carne pastoreando en trópico de altura con y sin suplementación energética

Intake and excretion of nutrients in beef steers grazing in the highland tropics with and without energy supplementation

Claudia P. Sossa Sánchez[1], Guillermo A. Correa Londoño[2], Rolando Barahona Rosales[1]*

[1]Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Producción Animal. Medellín, Colombia. [2]Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ciencias Agronómicas. Medellín, Colombia. *Correo electrónico: rbarahonar@unal.edu.co

RESUMEN

La adecuada estimación del consumo de nutrientes de animales en pastoreo permite identificar estrategias para aumentar la sustentabilidad productiva y ambiental de la producción ganadera. En este estudio, se estimó el consumo, digestibilidad y excreción de nutrientes de novillos de diversos cruces, pastoreando en praderas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), en una finca de trópico de altura y distribuidos en dos grupos: el grupo SS (peso inicial: 380,0±19,97 kg) que se encontraba únicamente en pastoreo y el grupo CS (peso inicial: 374,7±20,81 kg), que además del pastoreo, recibió 0,55 kg/día de un suplemento de maíz, melaza y grasa animal (51, 12 y 37%, respectivamente). Los animales CS pastoreaban en 2,5 ha y los SS en 3,2 ha. El consumo de materia seca (CMS) y la producción de heces fueron determinados mediante la técnica de alcanos. El CMS fue de 7,97 y 7.19 kg de MS, 2,13±0,07 y 1,89±0,027 como porcentaje del peso vivo o 93,59 y 83,54 g por kilogramo de peso metabólico en los animales CS y SS, respectivamente. La excreción fecal fue de 3,40±0,25 y 3,29±0,51 kg/día, siendo la digestibilidad de 56,2 y 54,7% para el grupo CS y SS, respectivamente. Hubo un consumo alto de PC y un consumo intermedio de FDN, FDA y cenizas y el consumo de calcio y fósforo fue bajo. Se determina para mejorar los parámetros zootécnicos de la ceba de novillos en praderas de *P. clandestinum* es necesario identificar una fuente energética adecuada para mejorar la relación energía: proteína de la dieta.

Palabras clave: Consumo de piensos, digestibilidad, estiércol, *Pennisetum clandestinum, suplementos*

ABSTRACT

Adequate estimates of nutrient intake by grazing animals are necessary to increase production and environmental sustainability of livestock production. In this study, intake, digestibility and nutrient excretion by steers of various crosses grazing on Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) on a tropical highland farm were estimated. Animals were distributed into two grazing groups: Animals in one group (NS: 380.0±19.97 kg initial weight) were only grazing, whereas those of the other group (S: 374.7±20.81 kg initial weight) also received 0.55 kg/ day of a corn, molasses and tallow (51, 12 and 37%, respectively) supplement. Supplemented animals grazed in 2.5 ha whereas NS animals grazed in 3.2 ha. Both intake and fecal output were determined by the alkane technique. Daily dry matter intake in the S animals, was 2.13±0.07 of liveweight, 93.59 g per kg of metabolic weight (MW) and 7.97 kg of DM, while that of NS animals was y 1.89±0.027 of liveweight, 83.54 g per kg of PM and 7.19 kg of DM. Fecal excretion was 3.40±0.25 and 3.29±0.51 % kg/ day, thus digestibility was 56.2 and 54.7 % for S and NS groups, respectively. High crude protein intake, intermediate intakes of NDF, ADF and ash and low intakes of calcium and phosphorus were observed. It was determined that to improve zootechnical parameters when fattening steers on kikuyu pastures, it is necessary to identify a suitable energy source to improve the energy: protein ratio of the diet.

Key words: digestibility, farmyard manure, feed consumption, *Pennisetum clandestinum,* supplements.

Recibido: 17/11/14 Aprobado: 01/10/15

INTRODUCCIÓN

La estimación del consumo voluntario es fundamental para determinar la rentabilidad y la productividad de los sistemas de ganadería bovina (Yearsley *et al.,* 2001). Para cuantificar el consumo de materia seca y de nutrientes se requiere conocer la ingestión de pasto y suplementos ofertados a los animales y la composición botánica de la pradera. En condiciones de pastoreo, resulta difícil estimar el consumo de forraje debido a las deficiencias en los métodos actuales de estimación, tales como, la baja precisión de los métodos, y la dificultad para la recuperación de marcadores (Dove y Mayes, 2005). Una de las técnicas que se ha venido empleando con mayor frecuencia es la de *n-alcanos* (Dove y Mayes, 1991), la cual permite evaluar la composición de la dieta y determinar el consumo voluntario de forraje y su digestibilidad en sistemas productivos (Mayes *et al.,* 1986; Dove y Mayes, 1991, 2005 y 2006). Los *n-alcanos* se encuentran en forma natural en las ceras cuticulares de las plantas y contienen un número variable de átomos de carbonos (entre C25-C35). Son indigestibles, no tóxicos y recuperables en un 80 a 99%, por lo cual son usados para estimar el consumo de materia seca (CMS) y la digestibilidad a través de la excreción fecal de MS. El principio de esta técnica es la relación de las concentraciones fecales de un *n-alcano* presente naturalmente en la dieta, marcador interno, y otro *n-alcano* administrado vía oral, marcador externo, (Rojas *et al.,* 2008).

Tradicionalmente, la producción de carne bovina en Colombia se realiza bajo condiciones de trópico bajo, mientras que en el trópico de altura predominan los sistemas de producción de leche (Sossa *et al.,* 2011 y 2012). A menudo, los animales en trópico bajo reciben una alimentación inadecuada, debido a que los pastos suelen ser de bajo aporte energético-proteico (Barahona y Sánchez, 2005; Mármol, 2006) y de limitada disponibilidad durante la época seca (Barahona *et al.,* 2003), afectando así la eficiencia de producción por parte de los animales. En trópico de altura, las gramíneas en su mayoría presentan mayor valor nutricional, proteína y digestibilidad, (Sossa *et al.,* 2011 y 2012, Sossa y Barahona, 2015), con lo que cabría esperar mayor consumo de materia seca y de nutrientes.

El objetivo de este estudio es estimar, mediante la técnica de *n-alcanos*, el CMS, consumo de nutrientes, digestibilidad de la dieta y excreción de nutrientes en un grupo de novillos de carne cebados en un sistema de pastoreo intensivo en el trópico de altura colombiano con y sin suplementación energética.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El experimento se realizó en una finca ubicada en Santa Rosa de Osos, Antioquia a 2587 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 13°C y en una zona de vida de bmh-MB (bosque muy húmedo montano bajo) de acuerdo a la clasificación de Holdridge (Espinal, 1991). La extracción *de n-alcanos* se realizó en el Laboratorio de Ciencias Básicas Animales y en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Grupos de animales y manejo

Para evaluar el comportamiento productivo de novillos (respuesta zootécnica: ganancia de peso) pastoreando en praderas de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en condiciones de trópico de altura, con o sin suplementación energética se usaron 18 novillos castrados con cruces de las razas Angus, Holstein, Limousin y Brahman, en su mayoría (Sossa y Barahona, 2015). Usando peso y composición racial como criterios, los animales fueron asignados a uno de dos grupos experimentales.

Los animales del primer grupo (con suplemento, CS), además de pastorear en praderas de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), recibieron durante todo el período experimental 0,55 kg/animal/día de un suplemento energético compuesto por 51% maíz, 12% melaza y 37% sebo, elaborado en la planta de concentrados de FRIGOCOLANTA y cuyo contenido nutricional se muestra en el Cuadro 1. Este suplemento se ofreció en comederos móviles individuales en el lugar de pastoreo de los animales, siempre a la misma hora del día (mañana). Esta labor la realizaron tres personas, con el fin asegurar que

Cuadro 1. Contenido de nutrientes en el suplemento y en el pasto *P. clandestinum* consumido por cada grupo de animales, al momento de la estimación de consumo con *n- alcanos* (valores expresados en base seca).

	Pasto CS	*Suplemento	Pasto SS
Proteína Cruda – PC (%)	18,60	6,35	17,83
Fibra en detergente neutro - FDN (%)	61,63	14,78	64,87
Fibra en detergente ácido- FDA (%)	30,80	3,07	31,47
Lignina (%)	3,73	1,3	3,63
Grasa bruta (%)	2,56	26,06	2,30
Cenizas (%)	8,17	3,46	9,48
Proteína insoluble en detergente ácido - PIDA (%)	1,03	-	0,87
Proteína insoluble en detergente neutro - PIDN (%)	6,23	-	6,10
Valor calorífico Bruto (cal/g)	4.504	4.968	4.417
DIVMS (%)	60,50	71,93	57,13
Calcio (%)	0,43	0,27	0,34
Fósforo (%)	0,41	0,24	0,42

Análisis bromatológicos realizados en Julio del 2011. Abreviatura: CS=animales pastoreando *P. clandestinum* y suplementados con concentrado energético (0,55 kg/día); SS=animales sólo en pastoreando *P. clandestinum*. Se indica la calidad nutricional del *P. clandestinum,* consumido por cada grupo, al momento de la evaluación con *n-alcanos.* *Suplemento diseñado a partir del CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System).

el consumo se realizara de manera individual, sin interferencia entre animales. Los animales del segundo grupo (sin suplemento, SS), durante la evaluación solamente tuvieron acceso a praderas de *P. clandestinum*.

En el período experimental (122 días), ambos grupos se encontraban pastoreando en un sistema rotacional por franjas de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum)* en trópico de altura. Entre estos 18 novillos, se escogieron al azar 6 novillos (3 de cada grupo). La evaluación con *n-alcanos* se realizó cuando los animales llevaban 108 días en evaluación. Los animales del primer grupo (CS), al momento de la evaluación con *n-alcanos* tenían un peso de 374,7±20,81 kg y pastoreaban en 2,5 ha. Los animales del segundo grupo (SS) presentaron un peso de 380,0±19,97 kg y pastoreaban en 3,2 ha. Esta diferencia en área de pastoreo entre los dos grupos obedeció a que aforos previos mostraron mayor productividad forrajera en el lote aleatoriamente asignado a los animales CS.

Caracterización nutricional del *P. clandestinum*, del suplemento y las heces

Las muestras de alimentos, al igual que las de heces fueron secadas en una estufa de aire forzado a 60°C por 48 horas y luego molidas en un molino Romer con criba de 1 mm. Dichas muestras fueron evaluadas en el Laboratorio de Análisis Químico y Bromatológico de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín por contenidos de materia seca (MS) por el método ISO 6496, en estufa de aire forzado a 105°C hasta alcanzar peso constante (ISO, 1999); proteína cruda (PC) por el método de Kjeldahl, según NTC 4657 (ICONTEC, 1999); fibra en detergente neutro (FDN) (método 2002.04, AOAC 2005a; Van Soest y Wine, 1967), fibra en detergente ácido(FDA) (método 973.18, AOAC 2005b; Van Soest 1963; Van Soest y Wine 1968), lignina ($KMnO_4$; Van Soest, 1963), grasa bruta (extracción Soxhlet, basado en NTC 668, ICONTEC 1973), cenizas (incineración directa, método 942.05, AOAC 2005c), proteína insoluble en detergente ácido (PIDA) y proteína insoluble

en detergente neutro (PIDN) (métodos de FDN, FDA y Kjeldahl), fósforo (espectrofotometría UV-VIS basado en NTC 4981, ICONTEC 2001), calcio (espectrofotometría de absorción atómica, basado en NTC 5151, ICONTEC 2003), valor calorífico bruto (calorimetría, basado en el método 9831,ISO 1998) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca-DIVMS (celulasa).

Determinación de consumo

La determinación de consumo se realizó 12 días antes de culminar la evaluación productiva (Sossa y Barahona, 2015). Para esto, la excreción diaria de heces y la digestibilidad de la dieta consumida fueron medidas mediante la dosificación diaria con dos marcadores externos: C_{32} (dotriacontano) y C_{36} (hexatriacontano) (MCM Alcanos–CAPTEC). Los alcanos se dosificaron en cápsulas de gelatina de 250 mg, ofrecidas dos veces al día (am-pm), por un período de 12 días. Los primeros seis días, correspondieron al período de adaptación al marcador para lograr que la concentración de alcano liberado alcanzara un estado de equilibrio.

En los días 1, 6 y 12, se obtuvieron muestras de los forrajes y del suplemento. En los mismos días se realizaron aforos de entrada y de salida para comparar con el consumo estimado por el método de *n- alcanos*. Durante los últimos seis días del experimento, se tomaron muestras de heces dos veces por día (am-pm), para un total de 12 muestras por animal. Dichas muestras se secaron y molieron y de cada animal se mezclaron las heces (am-pm) de los días 1-2, 3-4 y 5-6 generando tres muestras por animal, que equivalen a tres tiempos de evaluación (tiempo 1: mezcla 1-2; tiempo 2: mezcla 3-4; tiempo 3: mezcla 5-6), que fueron sometidas a análisis posteriores.

Extracción de *n-alcanos*

El contenido de n-alcanos se determinó en las muestras de forraje, suplemento y heces (Dove y Mayes, 2006). Para la extracción se usaron tubos de ensayo con tapa para evitar la evaporación de las soluciones. Se adicionó 0,11g del estándar interno, preparado al mezclar n-docosano C_{22} y n-tetratriacontano C_{34} en 0,3 mg g^{-1} de n-decano. Luego se adicionó KOH (hidróxido de potasio) etanólico (1M) a razón de 1,5 ml a las muestras de heces y 2 ml a las de forraje o concentrado. Se utilizó una estufa para generar las temperaturas indicadas en el protocolo, pero no se utilizaron calentadores de bloque seco convencionales, ni sopladores concentradores de aire.

Se utilizó un baño maría para calentar los tubos y cuando fue necesario redisolver las muestras en heptano. En la extracción final, se utilizaron columnas de aproximadamente 1 ml de sílica gel en jeringas de 3 cm, una por cada muestra. Los extractos fueron pasados a través de la columna mediante la adición de 2.5 ml de heptano. El líquido obtenido fue secado en estufa a 60°C (máximo 80°C). Previo análisis mediante cromatografía de gases, el extracto seco fue disuelto en 0.25 ml de n-dodecano.

La cuantificación de los alcanos se realizó en el Laboratorio de Análisis Instrumental de la Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, utilizando un cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización de llama (FID) y una columna capilar Agilent (DB-1MS) con 250 µm de diámetro interno de 30 m.

Estimación del consumo de forraje:

El consumo individual de la dieta se estimó a partir de los datos de producción de heces y la digestibilidad de la dieta, utilizando la siguiente ecuación (Dove y Mayes, 2006):

$$\text{Consumo de materia seca (CMS, kg día}^{-1}) = \frac{Dj}{\left(\frac{Fj}{Fi}\right)(Hi - Hj)}$$

Dónde: Fi= concentración (mg kg^{-1} de MS) del *n-alcano* de cadena impar en las heces. **Fj=** concentración (mg kg^{-1} de MS) del *n-alcano* sintético de cadena par (C32 o C36) en las heces. **Dj=** cantidad del *n-alcano* sintético de cadena par (C32 o C36) ofrecido (mg $día^{-1}$). **Hi=** concentración (mg kg^{-1} de MS) del *n-alcano* de cadena impar natural del forraje. **Hj=** concentración (mg kg^{-1} de MS) del *n-alcano* sintético de cadena par (C32 o C36) en el forraje.

Las concentraciones de Hi y Hj se calcularon en base a las estimaciones de composición de la dieta. Los estimados de consumos mostrados son el promedio de los estimados obtenidos al usar los ratios C32:C31, C32:C33 y C36:C35.

Estimación de la producción de heces (H):

La fórmula utilizada para estimar la producción de heces estuvo basada en la concentración de los marcadores externos C32 y C36 (Dove y Mayes, 2006):

$$\text{Producción de heces (kg de MS día}^{-1}) = \frac{\text{Tasa de dosis del marcador, C32 ó C36 (mg día}^{-1})}{\text{Concentración fecal del marcador, C32 ó C36 (mg kg día}^{-1})}$$

Determinación de la digestibilidad:

La digestibilidad se midió comparando la concentración del marcador en dieta y en heces, usando la proporción entre la tasa de liberación de C36 y la concentración de dicho marcador en las heces (H36), para lo que usó la fórmula de Dove y Mayes (2006):

$$\text{Digestibilidad} = \left[\frac{\text{Consumo (kg día}^{-1}) - \text{Excresión fecal(kg día}^{-1})}{\text{Consumo (kg día}^{-1})}\right]$$

Análisis de resultados

Para los efectos del análisis, el peso vivo (PV, kg) se obtuvo como el peso promedio de los animales y el peso metabólico (kg) fue el equivalente al $PV^{0.75}$.

El análisis estadístico para los datos de consumo (CMS, kg= Consumo de materia seca en Kg; CPV, %= Consumo de peso vivo en porcentaje), digestibilidad de la materia seca, excreción y digestibilidad de nutrientes, se realizó mediante el procedimiento PROC MIXED de SAS (2001), usando el modelo correspondiente a un esquema de aleatorización completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo (1, 2 y 3), del mismo individuo (efecto aleatorio); el modelo estadístico consideró como efecto fijo el tratamiento (con y sin suplemento).

El modelo resultante equivale a:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde: Yijk= K-ésima repetición del ij-ésimo tratamiento; μ=Media general de la población; α_i=Efecto del tratamiento (suplemento); ϵ_{ik}=Error del suplemento; β_j=Efecto del tiempo; $(\alpha\beta)_{ij}$= Interacción entre sistema con el tiempo; ϵ_{ijk}= Error entre el tiempo e interacción.

Se emplearon las siguientes opciones para modelar la estructura de covarianzas (Littell *et al*., 1996): 1) simétrica compuesta, 2) sin estructura y 3) autorregresiva de primer orden. El ajuste del modelo elegido fue determinado mediante el criterio de información bayesiano de Schwarz (BIC), que penaliza el logaritmo de la función de verosimilitud por el número de parámetros, eligiendo el modelo que minimice el número de los mismos (Vallejo *et al*., 2010), escogiendo el modelo con el menor valor de BIC (Calegario *et al*., 2005; Carrero *et al*., 2008).

$$BIC = G - Gl \ln(N)$$ (Gómez *et al*., 2012)

Dónde: G: Cociente de verosimilitud

Gl: Grados de libertad del error

N: Tamaño de la muestra

La comparación de medias se realizó por medio de la instrucción LSMEANS, con una significancia de 0,05. En primera instancia se evaluó el resultado global del ANAVA, en el evento de interacción entre ambos, se evaluaron los efectos simples de tratamientos vs. tiempo, de lo contrario los efectos principales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se muestra la composición nutricional del pasto consumido en cada grupo (CS y SS) y del suplemento utilizado durante la evaluación de consumo. El *P. clandestinum* tuvo un alto contenido de PC (18,6 % y 17,8% en los grupos CS y SS, respectivamente) y de FDN (61,63 % y 64,87% en los grupos CS y SS, respectivamente) y un bajo contenido de azúcares solubles. Esto corrobora lo reportado por Correa *et al.* (2008 a, b), en cuanto a que el limitante nutricional más grande del *P. clandestinum* es la deficiencia de energía en relación a su alto contenido de proteína. Por su parte, el suplemento utilizado durante la evaluación se caracterizó por presentar un alto contenido de energía y bajo contenido de proteína.

No se encontraron diferencias estadísticas al evaluar los efectos simples del tratamiento vs. el tiempo, para las variables CMS en kg (P= 0,77); CMS como % del PV (P= 0,78) y la digestibilidad (P= 0,56). No se observó efecto de la inclusión del suplemento y tampoco del tiempo, lo cual puede deberse a la baja inclusión de este en la dieta (0,55 kg/animal/día), representando un CMS total de 2,13 y de 1,89 como porcentaje del peso vivo y de 93,59 y de 83,54 g/kg de peso metabólico para los animales CS y SS, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Consumos de materia seca (CMS, kg/día) para cada tratamiento, estimados mediante la técnica de *n-alcanos* en novillos pastoreando en praderas de *Pennisetum clandestinum* con o sin suplementación energética.

	Peso vivo, kg	PM, kg	CMS, kg	CMS, % del PV	CMS, g/kg de PM	Digestibilidad %
CS	374, 7	85,16	7,97	2,13	93,59	56,22
SS	380,0	86,07	7,19	1,89	83,54	54,70
ESM	-	-	0,35	0,09	-	1,17
			Valor P			
Tratamiento	-	-	0,19	0,13	-	0,41
Tiempo	-	-	0,94	0,95	-	0,79
Interacción	-	-	0,77	0,78	-	0,56

a, b: medias en una columna con diferente letra no difieren estadísticamente (P<0.05). Abreviaturas: CS=animales pastoreando *P. clandestinum* y suplementados con concentrado energético (0,55 kg/día); SS=animales sólo en pastoreando *P. clandestinum*. ESM: Error estándar de la media. PM, kg=Peso metabólico (PV0.75); CMS, kg=Consumo de materia seca en kg; CMS, % del PV=Consumo de materia seca como porcentaje del peso vivo; CMS, g/kg de PM=Consumo de materia seca en gramos por kilogramo de peso metabólico.

Sossa y Barahona (2015), utilizando el Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) estimaron un CMS de 8,1 y de 6,8 kg/animal/día para los animales del grupo CS y SS, respectivamente, luego de iniciar la evaluación. Estos estimados de CMS son similares a los encontrados con la técnica de *n-alcanos* (7,97 y 7,19 kg de MS/día) para los animales del grupo CS y SS, respectivamente (Cuadro 2). Es importante resaltar que los aforos realizados durante este experimento, mostraron que la disponibilidad de MS (kg/animal/día) fue de 29,44 para los animales del grupo CS, mientras que la de los animales del grupo SS fue de 24,60, con lo que la oferta de MS no fue limitante para ninguno de los dos grupos de animales.

También utilizando la técnica de *n-alcanos*, Gaviria *et al.* (2013, 2015), evaluaron novillos cebuínos de 380 kg de peso vivo, los cuales estuvieron pastoreando en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi) basado en *Leucaena leucocephala* y en los pastos estrella y guinea, en este trabajo se presentó un CMS y una producción promedio de heces (kg de MS/animal/día) de 9,76 y 4,19, respectivamente, lo que significó una digestibilidad de la MS del 57%. Estos valores son más altos que los observados en este estudio para novillos de peso similar, pero con un componente racial diferente, estos resultados sugieren que es necesario identificar los factores responsables de dichos consumos, teniendo presente que la digestibilidad depende de las características nutricionales del forraje que se evalúe, el componente racial de los animales, entre otros.

Tanto Leng (1990) como Allen (1996), hacen la observación que forrajes con bajas digestibilidades limitan el consumo voluntario debido a su lento tránsito por el rumen y su paso por el tracto digestivo. Esto obedece a que las partículas de gramíneas son inherentemente más largas, con una baja gravedad funcional específica y en consecuencia son de pasaje más lento que las partículas de leguminosas, que por ser cortas y de más alta gravedad, tienden a escapar más fácilmente del rumen (Barahona y Sánchez, 2005).

En el Cuadro 3, se indica que sólo hubo un efecto del suplemento en el consumo de calcio, presentando diferencias estadísticas (P=0,006) entre los dos tratamientos evaluados. Para los animales del grupo CS, se incluyó el consumo

Cuadro 3. Consumo de nutrientes, estimado por la técnica de *n-alcanos* (g/animal/día) para novillos pastoreando en praderas de *Pennisetum clandestinum* con o sin suplementación energética.

	PC	FDN	FDA	Calcio	Fósforo	Cenizas
CS	1.432	4.719	2.340	$33,35_a$	34,91	632,0
SS	1.283	4.666	2.263	$24,46_b$	29,97	681,9
ESM	62,45	226,19	109,87	1,20	1,45	32,93
			Valor P			
Tratamiento	0,16	0,87	0,65	0,006	0,074	0,34
Tiempo	0,94	0,93	0,93	0,96	0,94	0,94
Interacción	0,77	0,77	0,77	0,75	0,78	0,79

a, b: medias en una columna con diferente letra no difieren estadísticamente (P<0.05)
Abreviaturas: CS=animales pastoreando *P. clandestinum* y suplementados con concentrado energético (0,55 kg/día); SS=animales sólo en pastoreando *P. clandestinum*. ESM=Error estándar de la media; PC=Proteína cruda; FDN=Fibra en detergente neutro; FDA=Fibra en detergente ácido.

de nutrientes a partir del suplemento cuya composición se reporta en el Cuadro 1.

A modo de comparación, el requerimiento promedio estimado mediante CNCPS (Fox *et al.,* 2000) de proteína metabolizable de estos animales sería de 520, el de calcio de 27 y el de fósforo de 16 g/día. Por su parte, el requerimiento de energía metabolizable sería de unos 17,9 Mcal/día, siendo este el nutriente limitante a la ganancia de peso de estos animales. Gaviria *et al.* (2013, 2015) reportaron que novillos del mismo peso pastoreando en SSPi presentaron consumos de proteína, FDN, FDA, cenizas, calcio y de fósforo (estimados también por la técnica de *n-alcanos*) 1,25, 5,81, 4,09, 1,16, 0,058 y 0,020 kg/día, respectivamente. Así, los novillos en el presente estudio, consumieron cantidades similares de PC a aquellos pastoreando en el SSPi, pero consumieron menos FDN, FDA y cenizas.

El menor consumo de FDN sugeriría una posible ventaja para los novillos pastoreando en trópico de altura, pero una posible desventaja sería la alta solubilidad de la proteína del kikuyo (Correa *et al.,* 2008a). Al evaluar estos animales durante 122 días, Sossa y Barahona (2015) reportaron una ganancia total de 78,8 y 73,3 kg de peso/novillo durante todo el período, equivalentes a ganar 646 y 601 gr/animal/día en los animales CS y SS, respectivamente. Estas ganancias son similares a las encontradas por Gaviria *et al.* (2013, 2015) para novillos pastoreando en SSPi.

La producción de heces promedio (kg de MS/animal/día) de 3,48±0,25 y 3,29±0,51 para los animales en el grupo CS y SS, respectivamente. Esto significa una digestibilidad promedio de la MS de 56,2 y 54,7%, para los animales del grupo CS y SS, respectivamente. Dado que los animales CS pastoreaban en 2,5 ha y los SS en 3,2 ha y habían nueve animales en cada grupo, asumiendo que la relación de consumo y excreción de nutrientes estimada en este estudio (Cuadro 4) se mantiene para animales entre 250 y 450 kg de peso vivo, es posible calcular la excreción fecal de nutrientes por ha/año. Estos estimados (kg/ha/año), fueron de 128,8 y 91,5 para nitrógeno, 38,9 y 29,3 de calcio y 40,1 y 29,7 de fósforo para los animales CS y SS, respectivamente. Es importante anotar que estas excreciones fecales corresponden a unos 280 y 200 kg de urea/ha/año en el caso del nitrógeno y a unos 152 y 112 kg de superfosfato triple/ha/año en el caso del fósforo.

El cálculo de la digestibilidad, permitió comparar la eficiencia de utilización de nutrientes por los animales, al estimar la proporción de nutrientes

Cuadro 4. Excreción de nutrientes, estimado por la técnica de *n-alcanos* (g/animal/ día) para novillos pastoreando en praderas de *Pennisetum clandestinum* con o sin suplementación energética.

	PC	FDN	FDA	Calcio	Fósforo	Cenizas
CS	661,9	1.732	1.061	31,56	35,87	553,1
SS	605,9	1673	1.088	30,99	31,18	544,5
ESM	46,42	92,19	63,65	3,13	2,89	16,78
			Valor P			
Tratamiento	0,14	0,68	0,78	0,90	0,32	0,73
Tiempo	0,46	0,69	0,40	0,02	0,24	0,39
Interacción	0,46	0,75	0,72	0,26	0,96	0,60

a, b: medias en una columna con diferente letra no difieren estadísticamente (P<0.05). Abreviaturas: CS= animales pastoreando *P. clandestinum* y suplementados con concentrado energético (0,55 kg/día); SS= animales sólo en pastoreando *P. clandestinum*; ESM= Error estándar de la media; PC= Proteína cruda; FDN= Fibra en detergente neutro; FDA= Fibra en detergente ácido.

excretados en las heces por los animales en los dos grupos evaluados. Solamente hubo diferencia en la digestibilidad de calcio entre los dos tratamientos evaluados (P = 0,016), como se muestra en el Cuadro 5.

Al conocer el consumo y la excreción fecal de los diferentes nutrientes, es posible determinar la *desaparición* de cada nutriente como la diferencia entre consumo y excreción fecal. Al igual que Gaviria *et al*. (2015), llamamos está fracción *desaparición,* pues no podemos asegurar el destino metabólico de cada nutriente. Para el caso de la proteína la desaparición fue de 770,27 y 735,67 g dia^{-1}, lo que equivale al 53,79 y 57,34% de lo consumido, para el grupo CS y SS respectivamente. Un comportamiento similar, en el que la desaparición fue mayor a la excreción se presentó en las fracciones de FDN y FDA. Fracciones como el Ca y P presentaron patrones de excreciones mayores a su desaparición. La proteína, al igual que la FDN y FDA desaparecidas, pudieron ser aprovechadas en la generación de productos, en este caso carne o ser excretados en orina.

En la estimación de la digestibilidad del calcio (Ca) y el fósforo (P) hubo digestibilidades negativas, que podrían derivarse de errores al realizar la evaluación, puesto que los datos del consumo de minerales a partir de la sal no fue incluido en estas evaluaciones, pero aun así podemos contar con unos datos aproximados de consumo, digestibilidad y excreción de nutrientes.

La absorción de P y Ca ocurre principalmente en el intestino delgado a través de la mucosa intestinal (Suttle, 2010), acción facilitada por la vitamina D. El P absorbido puede ser retenido para funciones productivas (por ejemplo, la producción de leche o el desarrollo del esqueleto) o secretado en el lumen del intestino para reabsorción o para ser excretados en las heces (NRC, 2001).

La mayor ruta de excreción de todos los minerales son las heces, donde aparecen los minerales no absorbidos (fracción alimentaria), junto con la fracción endógena. Debe recordarse que la homeóstasis P se mantiene por reciclaje en la saliva y excreción fecal endógena y aunque las pérdidas fecales sean altas, la digestibilidad verdadera de P es del orden del 60-70%. Así, estimar la digestibilidad de P como la diferencia entre lo consumido y lo excretado en heces tiene valor limitado (Weiss y Wyatt, 2004; Maynard y Loosli, 1979).

El Ca y el P también se eliminan por la orina, pero la excreción por vía fecal es la más importante (Suttle, 2010). Es importante aclarar que la falta de Ca en el ganado en pastoreo podría ser un

Cuadro 5. Digestibilidad aparente de nutrientes, estimada mediante la técnica de n-alcanos (g/ animal/ día) para novillos pastoreando en praderas de *Pennisetum clandestinum* con o sin suplementación energética.

	PC	FDN	FDA	Calcio	Fósforo	Cenizas
CS	53,79	63,30	54,69	5,59 $_a$	-2,68	12,64
SS	57,34	64,09	52,01	-25,83 $_b$	-3,40	18,91
ESM	3,73	1,64	2,14	5,54	5,18	3,94
			Valor P			
Tratamiento	0,54	0,75	0,43	0,016	0,93	0,324
Tiempo	0,41	0,45	0,15	0, 38	0,352	0,1093
Interacción	0,27	0,73	0,70	0,064	0,78	0,56

a, b: medias en una columna con diferente letra no difieren estadísticamente (P<0.05). Abreviaturas: ESM=Error estándar de la media; CS=animales pastoreando P. clandestinum y suplementados con concentrado energético (0,55 kg/día); SS= animales sólo en pastoreando P. clandestinum; PC=Proteína cruda; FDN=Fibra en detergente neutro; FDA=Fibra en detergente ácido.

problema mucho menor que la deficiencia de P. McDonald (1968) no encontró evidencia de una deficiencia primaria de calcio en ganado vacuno y ovino en pastoreo.

A partir de este trabajo se generan nuevos acercamientos a la dinámica de nutrientes de animales en pastoreo a través de la técnica de *n-alcanos* como método de estimación de CMS, excreción de nutrientes estimados mediante la producción de heces y la digestibilidad de nutrientes. En este trabajo podemos destacar la baja eficiencia de uso de los nutrientes en un sistema de producción de bovinos pastoreando en trópico de altura, por lo cual se hace necesario seguir trabajando en el balance de dietas acorde a los requerimientos de los animales y de la zona en que estos se encuentren.

CONCLUSIONES

Las estimaciones de consumo en el presente experimento mostraron valores modestos de CMS, con consumos excesivos de nitrógeno y con el consumo de energía siendo la mayor limitante nutricional de los animales pastoreando en praderas de pasto kikuyo. La suplementación utilizada no resultó en incrementos en CMS o en consumo y digestibilidad de nutrientes. Resulta entonces necesario identificar la suplementación adecuada para incrementar la productividad de novillos en pastoreo en praderas de pasto kikuyo.

LITERATURA CITADA

Allen, M. S. 1996. Physical constrains on voluntary intake of forages by ruminants. J Anim Sci 1996; 74:3063-3075.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 2005a. Official Method 2002-04. Amylase-Treated Neutral Detergent Fiber in Feeds. In Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC International Gaithersburg, MD.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 2005b. Official Method 973.18. Fiber (Acid Detergent) and Lignin (H2SO4) in animal feed. In Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC International Gaithersburg, MD.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 2005c. Official Method 942.05. Determination of Ash in Animal Feed. In Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC International Gaithersburg, MD.

Barahona, R., M. Theodorou, C. E. Lascano, E. Owen, y N. Narvaez. 2003. *In vitro*

degradability of mature and immature leaves of tropical forage legumes differing in condensed tannin and non-starch polysaccharide content and composition. J. Sci. Food Agric, v.83, No 12, pp. 1256 – 1266.

Barahona, R. y M. Sánchez. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. CORPOICA Cienc. Tecnol. Agropecu. 6 (1), 69–82.

Calegario, N., R. Maestri, C. Leal e R. Daniels. 2005. Estimativa do crescimento de povoamentos de *Eucalyptus baseada* na teoria dos modelos não lineares em multiníveis de efeito misto. Ciência Florestal 15:285.

Carrero, O., M. Jerez, R. Macchiavelli, G. Orlandoni y J. Stock. 2008. Ajuste de curvas de índice de sitio mediante modelos mixtos para plantaciones de *Eucalyptus urophylla* en Venezuela. Interciencia 33:4.

Correa, H. J., M. L. Pabón, y J. E. Carulla. 2008a. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I - Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. Lives Res Rural Develop. Volume 20 (4), Article # 59 ISSN: 0121-3784.

Correa, H. J., M. L. Pabón, y J. E. Carulla. 2008b. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): II. Contenido de energía, consumo, producción y eficiencia nutricional. Lives Res Rural Develop. 20 (4), Article # 61 ISSN: 0121-3784.

Dove, H., and R.W. Mayes. 1991. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: a review. Aust. J. Agric. Res. 42, 913-52.

Dove, H., and R. W. Mayes. 2005. Using n-alkanes and other plant wax components to estimate intake, digestibility and diet composition of grazing/browsing sheep and goats. Small Ruminant Research 59(2-3): 123-139.

Dove, H. and R. W. Mayes. 2006. Protocol for the analysis of n-alkanes and other plant-wax compounds and for their use as markers for quantifying the nutrient supply of large mammalian herbivores. Nature publishing group. Nature protocol. Vol.1, N°4. 18 p.

Espinal, L. S. 1991. Geografia ecológica de Antioquia. Zonas de vida. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 146 p.

Fox, D. G., T. P. Tylutki, L. O. Tedeschi, M. E. Van Amburgh, L. E. Chase, A. N. Pell, T. R. Overton and J. B. Russell. 2000. The Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Herd Nutrition and Nutrient Excretion: Model Documentation. Mimeo No. 213, Animal Science Department, Cornell University, Ithaca, NY.

Gaviria, X., D. M. Bolívar, y R. Barahona. 2013. Uso de la técnica de n-alcanos para estimar el consume y selectividad de novillos pastoreando en un sistema Silvopastoril intensive (SSPi). Rev Colomb Cienc Pecu, Universidad De Antioquia, 459 p., v.26<, suplemento.

Gaviria, X., J. F. Naranjo. D. M. Bolívar, y R. Barahona. 2015. Consumo y digestibilidad en novillos cebuínos en un sistema silvopastoril intensivo. *Arch. Zootec. 64 (245): 21-27. 2015.* Disponible en línea: http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/17_09_57_03_12_3311_4.pdf . [May. 03, 2015].

Gómez, S., V. Torres, Y. García y J. A. Navarro. 2012. Procedimientos estadísticos más utilizados en el análisis de medidas repetidas en el tiempo en el sector agropecuario. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 46, Número 1, 2012.

ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, NTC 668. 1973. Alimentos y materias primas. Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda. Bogotá, D. C.

ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, NTC 4657. 1999. Alimentos para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. Bogotá, D. C.

ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, NTC 4981. 2001. Alimentos para animales. Determinación del contenido de fosforo. Método espectrofotométrico. Bogotá, D. C.

ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, NTC 5151. 2003. Alimento para animales. Determinación de los contenidos de calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio y zinc. Método usando espectrometría de absorción atómica. Bogotá, D. C.

ISO. International Organization for Standardization. 1998. Animal feeding stuffs, animal products, and faeces or urine - ISO 9831: Determination of gross calorific value - Bomb calorimeter method. Geneva, Switzerland.

ISO. International Organization for Standardization. 1999. Animal feeding stuffs. ISO 6496: Determination of moisture and other volatile matter content. Geneva, Switzerland.

Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilization of ‘’poor-quality’ forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutr Res Rev 1990; 3:277-303.

Littell R. C. 1996. Milliken GA, Stroup WW, Wolfinger RD. SAS® System for Mixed Models. SAS Institute. Cary (North Carolina, USA). 633 p.

Mármol, J. 2006. Manejo de pastos y forrajes en la ganadería de doble propósito. Facultad de Agronomía, Universidad de Zulia-Maracaibo; X Seminario de pastos y forrajes. Disponible en línea: http://www.avpa.ula.ve/congresos/seminario_pasto_X/Conferencias/A1-Jesus%20Faria%20Marmol.pdf [Feb. 06, 2015].

Mayes, R. W., C. S. Lamb and P. M. Colgrove. 1986. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for determination of herbage intake. Journal of Agricultural Science, v.107, pp.161-170, 1986.

Maynard, L. and J. Loosli. 1979. Animal nutrition. 7th ed. McGraw-Hill, Inc. New York, U.S.A. 602 p.

McDonald, I. W. 1968. The nutrition of grazing ruminant. *Nutrition abstracts and Reviews* 38,381-395

NRC. National Research Council. 2001. Nutrient requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci.,Washington, DC. 360 p.

Rojas, M. A., J. G. Estrada, A. Espinoza, V. Ambriz, A. R. Martínez, y O. A. Castelán. 2008. Estandarización de la técnica de n-alcanos para la estimación de consumo voluntario de ganado lechero de sistemas campesinos de México. III Congreso CLANA Colégio Latinoamericano de Nutrición Animal. Cancún, México. pp. 531-534. Memoria en Extenso.

SAS. Systems Software. 2001. Version 8 for Windows. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Sossa, C. P., C. Velilla, S. Berrío, y R. Barahona. 2011. Comparación del consumo y digestibilidad de nutrientes y de la producción de carne de novillos en pastoreo en trópico de altura con o sin suplementación energética. Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias, Universidad De Antioquia, pp. 468 - 468, v.24 <, fasc.3.

Sossa, C. P., D. M. Bolívar, S. Berrío, y R. Barahona. 2012. Evaluación *in vitro* de la cinética fermentativa y digestibilidad de nutrientes y su relación con la producción de carne *in vivo* de novillos en pastoreo en trópico de altura con o sin suplementación energética. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, Universidad Nacional De Colombia Sede Medellín, pp. 1 - 2 , v.65 <, fasc.sup 1

Sossa, C. P. y R. Barahona. 2015. Comportamiento productivo de novillos pastoreando en trópico de altura con o sin suplementación energética. Rev Fac Med Vet Zoot. 62(1), enero – junio 2015: 67-80.

Suttle, N. F. 2010. Mineral nutrition of livestock. 4th edition. Publisher: CABI, 544 p.

Vallejo, G., J. Arnau, R. Bono, P. Fernández, y E. Tuero. 2010. Selección de modelos anidados para datos longitudinales usando criterios de información y la estrategia de ajuste condicional. Psicothema 22:323.

Van Soest, P. J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feed. II a rapid method for the determination of fiber and lignin. Journal of the Association of Official Analytical Chemists 46 (5): 829.

Van Soest, P. J. and R. H. Wine. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feed. IV the determination of plant cell wall constituents. J Assoc Official Anal Chem; 50: 50

Van Soest, P. J. and R. H. Wine. 1968. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fibre with permanganate. J Assoc Official Anal Chem; 51: 780.

Weiss, W. and D. Wyatt. 2004. Macromineral digestion by lactating dairy cows: estimating phosphorus excretion via manure. Journal of Dairy Science (87): 2158-2166.

Yearsley, J., B. J. Tolkamp, and A. W. Illius. 2001. Theoretical development in the study and prediction of food intake. Proc. Nutr. Soc. 60:145–156.

Zootecnia Trop., 33 (2): 129-134. 2015

Qualidade de ovos de poedeiras comerciais de duas idades sob diferentes condições de armazenamento e tipo de embalagem de ovos

Quality of eggs of laying hens in two ages under different storage conditions and type of egg carton

Calidad del huevo de las gallinas ponedoras de dos edades bajo diferentes condiciones de almacenamiento y tipo de embalaje de huevos

Fábio Henrique Ono, Simara Márcia Marcato, Vittor Zancanela*, Daiane de Oliveira Grieser, Caroline Espejo Stanquevis, Tainara Ciuffi Euzébio, Mariani Ireni Benites e Eline Maria Finco.

Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Zootecnia. Maringá, Paraná, Brasil.
*Correio electrônico: vitorzoo@hotmail.com

RESUMO

O objetivo deste experimento foi de avaliar a qualidade interna de ovos de poedeiras comerciais (Hy- line W36), em duas idades diferentes (37 e 69 semanas), com 6 períodos de estocagem (1, 7, 14, 21, 28 e 35 dias), duas condições de armazenamento (ambiente e geladeira) e dois tipos de embalagem de ovos (com e sem plástico filme); distribuídos em delineamento ao acaso em esquema fatorial (2 x 6 x 2 x 2). Os parâmetros analisados foram: altura de albúmen, perda de peso relativo dos ovos, gravidade específica e unidade Haugh (UH). O armazenamento dos ovos em geladeira e a menor idade das poedeiras proporcionaram melhor conservação da qualidade interna dos ovos. O tipo de embalagem não proporcionou nenhuma alteração na qualidade interna nos diferentes tipos de armazenamento.

Palavras-chave: armazenamento, idade da poedeira, ovo, qualidade interna.

ABSTRACT

The aim of this experiment was to evaluate the internal quality of eggs of laying hens (W36 Hy-line) in two different ages (37 and 69 weeks), with six storage periods (1, 7, 14, 21, 28 and 35 days), two storage conditions (ambient and refrigerator) and two types for packaging eggs (with and without film); distributed in randomized design in a factorial design (2 x 6 x 2 x 2). The parameters analyzed were: albumen height, weight loss relative egg, specific gravity and Haugh unit (HU). The storing eggs in the refrigerator and the smaller age of laying provided better preservation of internal egg quality. The type of packaging has not provided any change in the internal quality in different types of storage.

Key words: age hens, egg, internal quality, storage.

Recibido: 11/07/15 Aprobado: 13/10/15

RESUMEN

El objetivo de este experimento fue evaluar la calidad interna del huevo de las gallinas ponedoras (Hy-line W36), en dos edades diferentes (37 y 69 semanas), con 6 periodos de almacenamiento (1, 7, 14, 21, 28 y 35 día), dos condiciones de almacenamiento (habitación y refrigerador) y dos tipos de embalaje de huevos (con y sin película plástica); asignado a un estudio aleatorizado en un factorial (2 x 6 x 2 x 2). Los parámetros analizados fueron: altura de la albúmina, la pérdida de peso relativo del huevo, la gravedad específica y Haugh unidad (UH). Los huevos almacenados en una nevera y una menor edad de las gallinas ponedoras dieron lugar a una mejor preservación de la calidad interna del huevo. El tipo de embalaje no ha aportado ningún cambio en la calidad interna en los distintos tipos de almacenamiento.

Palabras clave: almacenamiento, calidad interna, edad de la ponedora, huevo.

INTRODUÇÃO

O ovo é constituído de elementos vitais ao desenvolvimento e manutenção do organismo, sendo um alimento de alto valor biológico. Excelente fonte de proteína que contêm a maior parte dos aminoácidos essenciais, além de vitaminas, minerais e ácidos graxos que não podem deixar de fazer parte da alimentação diária. No entanto, sua adequada conservação até o momento de seu preparo é fundamental para que todas essas características sejam mantidas fazendo com que seu elevado potencial nutritivo sofra uma maior otimização pelo homem (Ramos *et al*., 2010).

Ainda segundo Barbosa et al. (2008), a perda da qualidade do ovo é iniciada logo após a postura e pode ser influenciada por diversos fatores como alta umidade, contaminação microbiológica e refrigeração inadequada. Sua alta perecibilidade é decorrente da instabilidade bioquímica do albúmen, que sofre alterações que deterioram sua qualidade, sendo esta degradabilidade dependente do período, temperatura e condições de armazenamento (Sabrani e Paine, 1978).

O processo de armazenagem dos ovos sob refrigeração é fundamental, pois desde o momento da postura até o período de comercialização inúmeros fatores podem ocasionar a depreciação da sua qualidade interna; o que pode fazer com que os nutrientes contidos no interior dos ovos se transformem em substâncias impróprias para o consumo. Vários fatores podem interferir na qualidade interna dos ovos e resultar na diminuição da vida de prateleira dentre eles pode-se citar: embalagens e estocagem inadequadas, exposição a correntes de ventos e agentes contaminantes e patogênicos (Moura *et al.,* 2008).

A idade das poedeiras também influencia diretamente nos padrões de qualidade interna e externa dos ovos (Murakami *et al.,* 2005). O peso do ovo e a porcentagem da gema aumentam com o avançar das idades das aves, no entanto as porcentagens de casca e albúmen diminuem. Dessa forma, aves mais velhas podem apresentar qualidade de casca inferior o que resultará em decréscimo na qualidade interna dos mesmos (Garcia *et al*., 2010).

À medida que a galinha envelhece, ocorre aumento de até 20% no peso do ovo, porém não da casca que se torna menos expessa; onde o cálcio que seria disponibilizado para formação da casca, passa a ser distribuído por uma superfície maior (Llobet *et al.,* 1989), sendo assim, ocorre um aumento das trocas gasosas do interior do ovo para o meio externo, tornando-o mais vulnerável a condições que possam resultar na perda de suas qualidades internas.

De acordo com Alleoni e Antunes (2001), unidade Haugh é a medida que tem sido mais utilizada para expressar padrões de qualidade dos ovos, sendo assim, quanto maior o valor de unidade Haugh, melhor é a qualidade interna do ovo.

Diante destes aspectos, o objetivo deste experimento foi avaliar a qualidade interna de ovos de poedeiras comerciais em duas idades diferentes, com 6 períodos de estocagem, duas condições de armazenamento e dois tipos de embalagem de ovos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá – UEM, no setor de avicultura. Foram utilizados 576 ovos brancos

de poedeiras comerciais da linhagem Hy-line W36 em duas idades diferentes, alojadas em dois galpões convencionais com mesmo tipo de gaiolas e instalações; recebendo a mesma ração, conforme a exigência das mesmas. Os ovos foram coletados às 8 horas da manhã e em seguida foram identificados e pesados individualmente sendo acondicionados em bandejas de papelão do tipo polpa, com capacidade para uma dúzia de ovos cada.

Os ovos foram distribuídos ao acaso em esquema fatorial (2 x 2 x 2 x 6). Os fatores avaliados foram duas idades (37 e 69 semanas de idade), duas condições de armazenamento (temperatura ambiente e geladeira), dois tipos de embalagem (com e sem plástico filme) e 6 períodos de estocagem (1, 7, 14, 21, 28 e 35 dias). Totalizando 48 tratamentos, com 4 repetições de 3 ovos cada. Os parâmetros avaliados nos ovos foram: perda de peso, gravidade específica, altura de albúmen e Unidade Haugh (UH).

Perda de peso dos ovos: os ovos de ambiente controlado em geladeira, após cada tempo estipulado, foram colocados em condições de temperatura ambiente, e após atingir um equilíbrio de temperatura foram avaliados, juntamente com os ovos de temperatura ambiente. Os ovos foram pesados no dia um e armazenados. Após cada período de tempo de armazenagem, foram novamente pesados e, pela diferença entre o peso do dia um e o peso no final do tempo de armazenamento, foi obtida à perda de peso em gramas. Este valor foi divido pelo peso do ovo no dia um, para determinar a perda de peso em percentagem.

Gravidade específica: foi obtida por imersão dos ovos em diferentes soluções salinas, com densidades variando de 1,070; 1,074; 1,078; 1,082 e 1,086 g/mL. As soluções salinas foram ajustadas com a utilização de um densímetro de Baumé, calibradas periodicamente.

Unidade Haugh (UH): os ovos foram quebrados sobre uma superfície plana de vidro, para poder medir a altura de albúmen com o uso de um paquímetro, com precisão de 0,01mm. A medida foi realizada no ponto médio do albúmen mais espessa, evitando-se a chalazas. Os valores de UH levam em consideração a relação logarítima entre a altura do albúmen denso e o peso do ovo. Os valores individuais de cada ovo foram aplicados na fórmula de Romanoff e Romanoff (1963); Silversides *et al.* (1993): $UH = 100 \log (H + 7{,}57 - 1{,}7\ W^{0{,}37})$ onde, H = altura do albúmen em milímetros e W = peso do ovo em gramas.

Para análise estatística dos dados foi utilizado o procedimento GLM do SAS (2002), sendo as médias das variáveis classificatórias comparadas pelo teste de Tukey e a variável contínua analisada por meio de regressão (SAEG, 2007). O nível de significância utilizado foi de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme verificado na Figura, tanto os ovos que se encontravam em temperatura controlada em geladeira como em temperatura ambiente apresentaram reduções lineares para a altura de albúmen, conforme o tempo de armazenamento. No entanto, para os ovos que se encontravam na geladeira essa redução foi mais lenta, onde no 1º dia apresentava média de 10,14 mm de altura e no 35º dia média de 7,37 mm de altura, ou seja, mesmo com o armazenamento dos ovos por um longo período, o padrão de qualidade não se alterou bruscamente. Enquanto, para os ovos em temperatura ambiente foi observada média de 9,79 mm no dia 1 e 2,86 mm aos 35 dias de armazenamento, mostrando que o padrão de qualidade foi comprometido com o período de armazenamento.

Estes resultados concordam com os obtidos por Alleoni e Antunes (2001), que relataram uma diminuição de 47,48% da altura de albúmen em 7 dias de armazenamento do ovo a temperatura de 25ºC e que sob refrigeração (8ºC) não houve diferença (P>0,05).

Para altura de albúmen a equação estimada para o armazenamento no ambiente foi: $\hat{Y} = 8{,}94 - 0{,}21X$ ($R^2 = 0{,}90$) e para o armazenamento em geladeira $\hat{Y} = 9{,}87 - 0{,}075X$ ($R^2 = 0{,}94$).

Para os ovos embalados com e sem filme plástico, independente do tipo de armazenamento, observou-se que não houve diferença (P>0,05) entre os tratamentos para a altura de albúmen (Tabela 1), concordando com os resultados obtidos por Ramos *et al*. (2010), que não observaram diferença para altura de albúmen comparando ovos acondicionados em embalagens abertas e fechadas.

De modo geral, houve reduções lineares para UH com o decorrer do tempo de armazenamento dos ovos conforme verificado na Tabela 2.

As UH variaram com o período e diferentes tipos de armazenamento em que os ovos foram submetidos. Evidenciou-se que o fato dos ovos estarem ou não embalados em filme plástico não diferiram (P>0,05) para UH. As médias para UH no 1º dia foram de 98,68 e 98,12 para os ovos em geladeira, com e sem filme plástico, respectivamente. Aos 35 dias de armazenamento as médias para os ovos da geladeira foram de 84,13 (com filme) e 85,40 (sem filme). Portanto, os ovos armazenados com temperatura controlada em geladeira não perderam a classificação AA (excelente qualidade), segundo o sistema de classificação do "United States Department of Agriculture" (USDA), que são considerados ovos de excelente qualidade (AA), aqueles que apresentarem valores superiores a 72 UH.

Enquanto, as médias para os ovos em temperatura ambiente foram de 96,28 (com filme) e 97,18 (sem filme) no 1º dia de armazenamento. Aos 28 dias as médias foram de 28,41 (com filme) e 26,13 (sem filme), mostrando que a qualidade interna do ovo quando armazenados em temperatura ambiente foram reduzidas, tornando-o impróprio para o consumo. Pelo sistema de classificação "USDA" aos 28 dias esses ovos seriam de qualidade baixa; são considerados ovos de qualidade baixa aqueles que apresentarem valores inferiores a 30.

Conforme Gonzales e Blas (1991), a temperatura elevada acelera as reações físicas e químicas, degradando a estrutura da proteína do albúmen, isto explica a baixa qualidade dos ovos quando submetidos à temperatura ambiente por 28 dias de armazenamento.

Para UH a equação estimada para o armazenamento no ambiente e sem filme foi: $\hat{Y} = 94,42 - 1,93X$ ($R^2 = 0,88$), para o armazenamento

Tabela 1 Altura de albúmen (mm) em diferentes idades de poedeiras, tipos de embalagem e condições de armazenamento de ovos.

Idade	Filme	Armazenamento	
		Ambiente	Geladeira
69 semanas	Sem	4,88 ± 2,62 bA	7,82 ± 0,79 aA
	Com	5,14 ± 2,25 bA	8,12 ± 0,94 aA
37 semanas	Sem	5,13 ± 3,07 bA	9,05 ± 1,18 aA
	Com	5,94 ± 2,80 bA	9,18 ± 1,15 aA

[AB] Médias na mesma coluna, seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si (P<0,05) pelo teste Tukey.
[ab] Médias na mesma linha, seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si (P<0,05) pelo teste Tukey.

Tabela 2 Unidade Haugh dos ovos de poedeiras em diferentes condições de armazenamento e tipo de embalagem com relação ao tempo de armazenamento.

Condições de Armazenagem	Tempo de armazenagem (dias)						Média
	1	7	14	21	28	35	
Ambiente e sem filme	97,18	81,82	64,65	52,79	26,13	39,93	60,42
Ambiente e com filme	96,28	84,48	71,67	63,31	28,41	40,21	64,06
Geladeira e sem filme	98,12	93,05	89,83	89,88	86,64	85,40	90,49
Geladeira e com filme	98,68	94,82	92,22	91,33	87,71	84,13	91,48

no ambiente e com filme $\hat{Y} = 96,97 – 1,74X$ ($R^2 = 0,97$), para o armazenamento na geladeira e sem filme $\hat{Y} = 96,54 – 0,3426X$ ($R^2 = 0,91$) e para o armazenamento na geladeira e com filme $\hat{Y} = 98,46 – 0,3948X$ ($R^2 = 0,97$).

As perdas de peso dos ovos ocorreram linearmente com o decorrer do período de armazenamento e não sofreram influência da idade da galinha poedeira, mas sim do tipo de armazenamento em que os ovos foram submetidos (Tabela 3).

Os ovos armazenados em temperatura ambiente e geladeira apresentaram uma perda de peso relativo em média de 3,07 e 1,89% respectivamente, ao final do experimento (35 dias). Os resultados foram similares aos encontrados por Barbosa *et al*. (2008), que relataram uma perda de peso superior para os ovos que não receberam controle de temperatura e umidade durante o período de armazenamento.

Para a variável gravidade específica, verificou-se que não houve diferença (P>0,05) entre os tratamentos estudados. Este fato pode ter acontecido devido à densidade das soluções salinas serem elevadas, admitindo os mesmo valores para todos os ovos a partir de 14 dias de armazenamento.

Com relação à idade da poedeira, observou-se que tanto para altura de albúmen (Tabela 1) como para a UH (Tabela 4), as aves com idade inferior (37 semanas) apresentaram valores superiores em relação às aves com 69 semanas de idade. Isto pode ser pelo fato de animais mais jovens terem uma maior eficiência na deposição de proteína em relação a animais mais velhos, utilizando-a para deposição do ovo. Resultados semelhantes foram obtidos por Silversides

Tabela 3 Perda de peso dos ovos (%) armazenados em temperatura ambiente e geladeira e embalados com e sem filme plástico de duas idades de poedeiras comerciais 37 e 69 semanas de idade.

Idade	Filme	Armazenamento		Médias
		Ambiente	Geladeira	
37 semanas	Sem	3,32 ± 1,88	2,16 ± 0,95	2,37 ± 1,42
	Com	2,44 ± 1,32	1,54 ± 0,69	
69 semanas	Sem	3,62 ± 1,56	2,06 ± 0,97	2,59 ± 1,43
	Com	2,88 ± 1,46	1,77 ± 0,89	
Médias		3,07 ± 1,60 A	1,89 ± 0,90 B	

[AB] Médias na mesma linha, seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si (P<0,05) pelo teste Tukey.

Tabela 4 Unidade Haugh em diferentes idades e condições de armazenamento de ovos de poedeiras comerciais de 1 a 35 dias de armazenameto.

Tempo de armazenagem (dias)	Condições de Armazenagem	
	69 semanas	37 semanas
1	92,82	102,32
7	85,35	91,74
14	75,88	83,00
21	71,32	77,34
28	59,82	61,60
35	59,58	65,26

(1994), Carvalho *et al.* (2007) e Figueiredo *et al.* (2011), trabalhando com poedeiras de diferentes idades.

CONCLUSÃO

Que o armazenamento dos ovos em geladeira e a menor idade das poedeiras proporcionaram melhor conservação da qualidade interna dos ovos. O tipo de embalagem não proporcionou nenhuma alteração na qualidade interna nos diferentes tipos de armazenamento.

LITERATURA CITADA

Alleoni, A. C. C. e. A. J. Antunes. 2001. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. Sci Agríc, 58: 681- 685.

Barbosa, N. A. A., N. K. Sakomura, M. O. Mendonça, E. R. Freitas e J. B. K. Fernandes. 2008. Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes. ARS Vet, 24: 127- 133.

Carvalho, F. B., J. H. Stringhini, R. M. Jardim Filho, N. S. M. Leandro, M. B Café e H. A. S. B. Deus. 2007. Qualidade interna e da casca para ovos de poedeiras comerciais de diferentes linhagens e idades. Ciênc Anim Bras, 8: 25-29.

Figueiredo, T. C., S. V. Cançado, R. P. Viegas, I. O. P. Rêgo, L. I. C. Lara, M. R. Souza e N. C. Baião. 2011. Qualidade de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. Arq Bras Med Vet Zoo, 63: 712-720.

Garcia, E. R. M., C. C. B. Orlandi, C. A. L. Oliveira, F. K. Cruz, T. M. B. Santos e L.K. Otutumi. 2010. Qualidade de ovos de poedeiras semipesadas armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. Rev Bras Saúde Prod Anim, 11: 505-518.

Gonzales, M. y C. B. Blas. 1991. Nutrición y alimentacion de gallinas ponedoras. Madrid: Mundi-Prensa, 263 p.

Llobet, J. A. C., M. P. Pontes y F. F. Gonzalez. 1989. Características del huevo fresco. **In:** Producción de huevos. Barcelona, Tecnograf S.A: 239-254.

Moura, A. M. A., N. T. E. Oliveira, J. T. L. Thiebaut e T. V. Melo. 2008. Efeito da temperatura de estocagem e do tipo de embalagem sobre a qualidade interna de ovos de codornas japonesas (Coturnix japonica). Ciênc Agrotec, 32: 578-583.

Murakami, A. E., D. F. Figueiredo, A. Z. Perruzi, J. R. G. Franco e M. I. Sakamoto. 2005. Níveis de sódio para poedeiras comerciais no primeiro e segundo ciclo de produção. Rev Bras Zootecn, 32: 1674-1680.

Ramos, K. C. B. T., A. M. Camargo, E. C. D. Oliveira, T. T. M. Cedro e M. J. F. Morenz. 2010. Avaliação da idade da poedeira, da temperatura de armazenamento e do tipo embalagem sobre a qualidade de ovos comerciais. Rev Ciênc Vida, 30: 55 – 66.

Romanoff, A. L. and A. J. Romanoff. 1963. The avian egg. John Wiley e Sons, New York, USA. 918 p.

Sabrani, M. and C. O. Paine. 1978. Effect of oiling on internal quality of eggs stored at 28 and 12°C. Br Poult Sci, 19: 567-571.

SAEG. Sistema para análises estatísticas e genética. 2007. Universidade Federal de Viçosa., (Versão 9.1). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. 149 p.

SAS INSTITUTE INC. Statistical Analysis System user's guide. 2002.Version 9.0 ed. Cary: SAS Institute, USA.

Silversides, F. G. 1994. The Haugh unit correction for egg weight is not adequate for comparing eggs from chickens of different line and ages. J Appl Poultry Res, 3: 120-126.

Silversides, F. G., F. Twizeyimana. and P. Villeneuve. 1993. A study relating to the validity of the Haugh unit correction for egg weight in fresh eggs. Poult Sci, 72: 760-764.

Zootecnia Trop., 33 (2): 135-144. 2015

Harina de carne y afrecho de arroz para alimentación de alevines de Morocoto (*Piaractus brachypomus*) con diferentes niveles de proteína

Use of meat and rice brand in Morocoto (*Piaractus brachypomus*) alevins feeding combination with different protein level

Wilmer Jóse Luque-Dávila[1], Miguel Zurita[1] y Gustavo Enrique Nouel Borges[2*]

[1]Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" (UCLA). Unidad de Investigación en Producción Animal. Lara, Venezuela. [2]Biominbloq CA., Gerencia General. Lara, Venezuela. *Correo electrónico: genouelb@yahoo.es

RESUMEN

Se evaluó crecimiento de alevines de *Piaractus brachypomus* durante 190 días, usando cuatro tratamientos con diseño completamente aleatorio y mediciones repetidas en el tiempo; seis repeticiones por tratamiento y 10 alevines/ repetición, 240 alevines, peso inicial 3,27 ± 0,037 g, longitud estándar (LS) 4,37 ± 0,019 cm, y longitud total (LT) 4,99 ± 0,019 cm. Tratamientos: T24: 34% harina de carne y hueso (HCH), 65% afrecho de arroz (PA) y 1% premezcla de vitaminas y minerales (PMVM), T28: 44% HCH, 55% PA y 1% PMVM, T32: 54% HCH, 45% PA y 1% PMVM y T36: 64% HCH, 35% PA y 1% PMVM, fueron granulados húmedos (20% agua agregada) en molino para carne de 3 mm de diámetro, usados secos a 60°C en estufa de aire forzado (entre 0 y 100 días de ensayo) y sin secar (entre 100 y 190 días de ensayo); tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente en 24 tanques de 1 x 2 x 1,1 m, 1,4 m^3 de agua. Se ofreció alimento, base seca equivalente 10% de biomasa presente, suministrándose 50% 08:00 h y 50% 17:00 h. Se pesaron y midieron alevines cada 15 y 20 días. En ANAVAR se encontró efecto altamente significativo (P<0,01) para tratamientos y periodo de medición (días) separando medias por prueba de LSD. En todos los periodos T36 fue superior entre los 80 y 190 días; T28 fue el segundo mejor tratamiento. Para T36 el peso a 190 días fue de 243,77 g; 17,72 cm LS y 19,61 cm LT. Estos resultados indicaron incremento en demanda de energía y menor necesidad de proteínas en alevines de más de 60 días; pudiéndose reducir los costos de alimentación al incluir menos proteína animal en alimentos para terminación de alevines.

Palabras clave: *Piaractus brachypomus*, peces cultivados, requerimientos de nutrientes, biomasa.

ABSTRACT

Growth was evaluated in *Piaractus brachypomus* fingerlings by 190 days, using four treatments in a completely randomized design and repeated measurements over time, six replicates per treatment and 10 fingerlings / replicate, 240 fingerlings with initial weight 3.27 ± 0.037 g, standard length (SL) and 4.37 ± 0.019 cm total length (TL) 4.99 ± 0.019 cm. Treatments: T24: 34% meat and bone meal (MBM), 65% rice brand (RB) and 1% premix of vitamins and minerals (PVM), T28: 44% MBM, 55% RB, 1% PVM, T32: 54% MBM, 45% RB, 1% PVM and T36: 64% MBM, 35% RB, 1% PVM were wet granulated (20% added water) in meat grinder to 3 mm in diameter, dried at 60°C in a forced air oven (between 0 to 100 days of trial) and used fresh without drying (between 100 to 190 days of trial), the treatments were randomized into 24 tanks, 1 x 2 x 1.1m, 1.4 m^3 water. The feed was offered dry basis of 10% of this biomass being supplied 50% at 08:00 h and 50% at 17:00 h. The fingerlings were weighed and measured every 15 and 20 days. ANOVA was found in highly significant (P<0.01) for treatments and measurement period (days) mean was separating for LSD tests. In all periods T36 was higher between 80 and 190 days; T28 was the second-best treatment. For T36 the 190 days weight 243.77 g, LS and LT 17.72 cm 19.61 cm. These results indicate an increase in energy demand and less protein need for fingerlings after 60 days; can reduce feed costs to include less animal protein to finish foods for fingerlings.

Key words: *Piaractus brachypomus*, cultured fish, nutritional requirements, biomass.

Recibido: 03/03/15 Aprobado: 26/10/15

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una vía de producción de proteína animal de calidad a bajo costo y en pleno proceso de crecimiento, para satisfacer una alta demanda de carne de pescado y otros organismos acuáticos por parte de la población mundial. Según la FAO (2012) la acuacultura creció entre 2006 y 2011 en un 34,46% mientras que la pesca se mantuvo estable; siendo la acuacultura continental la que presentó el mayor crecimiento con un 41,85%, aportando 44,3 millones de toneladas de producto. Para el 2010 la acuicultura continental produjo 36,9 millones de toneladas, de las cuales un 91,7% fueron peces con escamas; entre estos las carpas (*Cyprinus sp.*), como las más cultivadas. También la FAO (2012) refiere que los alimentos para peces son una parte fundamental en la producción acuícola mundial, usándose en más del 60% de los sistemas de producción; incluyendo la harina de pescados como materia prima en la mayoría de los casos. Sin embargo, la producción de harina de pescado es una fuente de proteína que ha caído en casi un 50%, por reducción de las capturas desde el 2010, debido, posiblemente, a fenómenos climatológicos.

Ante la necesidad de encontrar alternativas factibles y sustentables para producir alimentos para peces, en este estudio se planteó la posibilidad de usar harina de carne y huesos desgrasada, combinado con afrecho de arroz (*Oryza sativa*), incorporados en alimentos para el morocoto, *Piaractus brachypomus*; evaluando cuatro niveles de incorporación con un rango de proteína cruda (PC) del alimento de 23,7 a 36,2%, ubicados dentro de los niveles evaluados por otros investigadores como Padilla (2000), Deza *et al.* (2002), Ortíz *et al.* (2007) y Gutiérrez *et al.* (2010) para *P. brachypomus* (Cachama blanca, Pacú blanco, Paco, Pirapitinga, Tambaqui, Caranha, Morocoto, Mbiraí o pez chato) y la cachama negra *Colossoma macropomum*, en condiciones de clima tropical.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó la incorporación de harina de carne y hueso desgrasada (HCH) y afrecho o pulidura de arroz (PA) en cuatro tratamientos descritos en el Cuadro 1. Con niveles de proteína cruda (PC) que variaron de 23,7 (T24) al 36,25 (T36)% como lo detalla el Cuadro 2.

Se planteó un diseño de experimento, completamente al azar, con mediciones repetidas en el tiempo; cada 20 días, desde el día 0 al 100 (para evitar daños a los alevines), y cada 15 días, desde el día 100 al 190; para un total de 12 mediciones sobre la totalidad de los peces.

Se utilizaron 6 repeticiones por tratamiento y 10 alevines de *P. brachypomus* por repetición, con un peso inicial de 3,27±0,037 g, una longitud estándar (LS) de 4,37±0,019 cm y una longitud total (LT) de 4,99±0,019 cm; para un total de 240 alevines ubicados aleatoriamente en 24 unidades experimentales.

Las unidades experimentales fueron 24 estanques de concreto armado de 1,0 m x 1,1 m x 2 m, para un volumen efectivo total de 1,4 m^3, los cuales recibieron agua de recambio a razón de 2 litros por minuto, usando una llave de paso para a tal fin; sin aireación forzada y lavados cada 14 días reponiendo toda el agua. Para pesar y medir los alevines se utilizó una balanza digital analítica (0,01g) y un Ictiómetro (cm).

Se midieron algunos parámetros físico-químicos para determinar la calidad del agua y garantizar el bienestar de los animales experimentales,

Cuadro 1. Composición porcentual de las materias primas en los tratamientos empleados.

Tratamientos	Harina de carne y hueso %	Afrecho de arroz %	Vitaminas y aminoácidos %
T24	34	65	1
T28	44	55	1
T32	54	45	1
T36	64	35	1

Cuadro 2. Composición bromatológica de las dietas evaluadas por tratamiento.

	Alimento						
Materia Prima - Tratamientos	% MS	% C	% MO	% EE	% PC	%FND	Costo US$/kg MS
Harina de Carne y huesos	93,20	38,05	55,15	18,20	37,20	---	0,204
Afrecho de arroz	91,10	11,25	84,85	10,9	13,9	12,7	0,087
T24	92,61	23,47	76,53	16,33	23,70	9,37	0,103
T28	94,13	26,19	73,81	16,00	27,90	8,27	0,109
T32	93,83	29,77	70,23	14,08	32,10	7,35	0,116
T36	94,48	33,36	66,64	13,82	36,25	6,27	0,122

MS: materia seca. C: cenizas. MO: materia orgánica. EE: extracto etéreo. PC: proteína cruda. FND: fibra insoluble en detergente neutro. Nota: 1 US$ es igual a 52,10 Bs.

incluyendo medidas del pH, la temperatura, el Oxigeno disuelto y la Conductividad eléctrica; usando un pH-metro y una sonda multi-paramétrica modelo Ysi # 85-10.

Las raciones elaboradas fueron analizadas para determinar la materia seca (MS), cenizas (C), materia orgánica (MO), extracto etéreo (EE) y proteína cruda (PC); usando el análisis proximal de Weende, descrito por la AOAC (1984); y el contenido de la pared celular (FND), por Van Soest *et al.* (1991). Los análisis de las raciones se presentan en el Cuadro 2.

Los tratamientos fueron elaborados con las harinas molidas por un tamiz de 1mm de diámetro. Se pesaron los ingredientes, se mezclaron y se les agregó un 20% de la masa total en agua a temperatura ambiente, para luego ser granulados a través de un molino para carne marca Bohia de 2 HP.

Para la etapa de los 0 a 100 días, los gránulos resultantes fueron secados en una estufa de aire forzado por 48 horas, a 60°C, y almacenados (-10°C) en bolsas de polietileno para su uso posterior.

En la etapa de los 100 a los 190 días, los gránulos resultantes no fueron secados, se usaron frescos y, para evitar su descomposición, fueron congelados a -10°C y descongelados hasta temperatura ambiente, para su uso directo en los estanques. Una evaluación previa al inicio del ensayo mostró que ninguno de los gránulos flotó y los húmedos se hundieron más rápido.

Se planteó el uso de gránulos húmedos en la segunda etapa del crecimiento, para ahorrar energía y hacer factible la elaboración del alimento en las propias granjas, durante la segunda etapa de crecimiento los peces consumen mayor cantidad de alimento.

Los alevines recibieron diariamente el equivalente al 10% de la biomasa total en materia seca del alimento preparado (deshidratado o húmedo), ofrecido a razón de un 50% a las 08:00 horas y el otro 50% a las 17:00 horas; ajustándose la dosis de alimento, luego de realizado cada pesaje (12 veces).

Los alimentos a ofrecer se pesaron para cada estanque, a razón de dos ofertas diarias para cada semana del ensayo; identificándose para tal fin y almacenándose (a -10°C) el alimento en bolsas herméticas de polietileno (se equilibraban a temperatura ambiente una hora antes de ser ofrecidos).

Luego de realizados los pesajes, se totalizaron las biomasas ganadas por tanque y por tratamiento, y se relacionó con el total de alimento ofrecido por tratamiento total para cada tanque y por periodo

(gránulos secos y húmedos), determinando las conversiones (kg de alimento por kg de biomasa total ganada en el período) y el costo por unidad de biomasa ganada en Bs/kg, basados en los costos de oportunidad de las materias primas en el área de influencia de Barquisimeto y Yaritagua, esto con el objeto de determinar la factibilidad económica de usar estos alimentos en la producción de *P. brachypomus.*

Los análisis estadísticos se hicieron mediante los programas (software) Statistix 8.0 (2003) y Statgraphics centurión XV, Versión 15.2.06 (2007); aplicando análisis de varianza y la prueba LSD cuando existieron diferencias estadísticas entre las medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros físico químicos no mostraron efectos entre tratamientos y hora de medición (Figura 1), pero si hubo diferencias para el pH, el oxígeno disuelto, la conductividad eléctrica y la temperatura con respecto a la hora de medición (P<0,05); siendo mayores el pH, la conductividad y la temperatura a las 17:00 h con relación a las 11:00 h, y el oxígeno disuelto mayor a las 11:00 h con relación a las 17:00 h. Esto es considerado como un comportamiento completamente regular para peces en estanques y sin efecto de la variación en los tratamientos. Los valores de temperatura, oxígeno disuelto y pH estuvieron dentro de valores adecuados para la especie; como una temperatura de 25 a 29°C, oxígeno mínimo de 1 a 3 mg/lt (>3 óptimo crecimiento), pH de 3,5 a 11; siendo el pH óptimo de 7 a 8 (Díaz y López, 1993; Boyd, 1996). En el período de 190 días, la mortalidad total fue de cero animales.

Las mediciones repetidas en el tiempo para LT (Figura 2) y peso del alevín (Figura 3), analizadas para la varianza en un modelo completamente al azar de tratamiento *vs* días de medición, dio diferencias para la interacción entre tratamiento y período de medición (P<0,0000), considerando las tres variables analizadas.

En la Figura 3 se observa que el crecimiento en biomasa con el nivel de proteínas hasta los 80 días, de forma aproximadamente igual para todos los tratamientos excepto para el T24; pero a partir de los 100 días, el crecimiento se incrementó en el tratamiento T36, con el mayor contenido de proteína (36,2%), y se mantuvo más o menos constante en los tratamientos T28 y T32 hasta los 130 días, cuando se observó un incremento en el tratamiento T28. También se observa que el T24, con el menor contenido de PC y el mayor contenido de pared celular, presentó el peor desempeño en peso al igual que en la longitud.

Deza *et al.* (2002), en estanques de tierra de 10.000 m^2, con densidades de 1,5 alevines/m^2 de *P. brachypomus*, usando 10% a 2,5% de oferta de alimento del peso vivo (al inicio y al final), durante 240 días; lograron un peso final de 420 g y una LT de 26,67 cm, cuando recibieron un alimento con 33% de PC (basado en soya, harina de pescado, maíz molida y afrecho de arroz); lo cual fue superior en un 62,66% en peso final y un 7,8% en LT, al T36 del presente ensayo en 190 días (ver Figura 2 y Cuadro 4); con niveles de PC semejantes y un 40% menos de disponiblidad de energía y proteína (Cuadro 2).

Prada (1984), usando *C. macropomum*, en condiciones iguales de clima y calidad del agua, con un alimento balanceado comercial (23% PC, 5% EE y 6% de fibra bruta), ofreciendo 3% del peso vivo de alimento, con 4 peces por m^2, encontró pesos de 159,41 g/cachama y una LS de 15,72 cm a los180 días; valores inferiores a los alcanzados por el T28 y T36 del presente ensayo (Figuras 2 y 3); probablemente relacionado con la especie y con un menor consumo de alimento en el referido ensayo.

Padilla (2000), también con *C. macropomum*, con una dieta basada en harina de pescado, soya, harina de maíz, afrecho de trigo y gallinaza (18,5% PC, 4,16% de EE, 4,74 de fibra bruta y 5,89% de cenizas), logró un crecimiento de 2,23 g/alevín/dia, un peso vivo de 409,97 g/ Cachama y 27,98 cm de LT; casi el doble del peso a los 145 días del T36 y más de 10 cm de diferencia del LT para el mismo tratamiento. Demostró, además, una marcada difierencia en el contenido de fibra (32% más en el T36) y 566% más de cenizas; sumando ambas variables el 39,63% de la MS total, dejando solo 60,27% disponible para energía y proteínas y disminuyendo significativamente la densidad energética y proteica de la dieta.

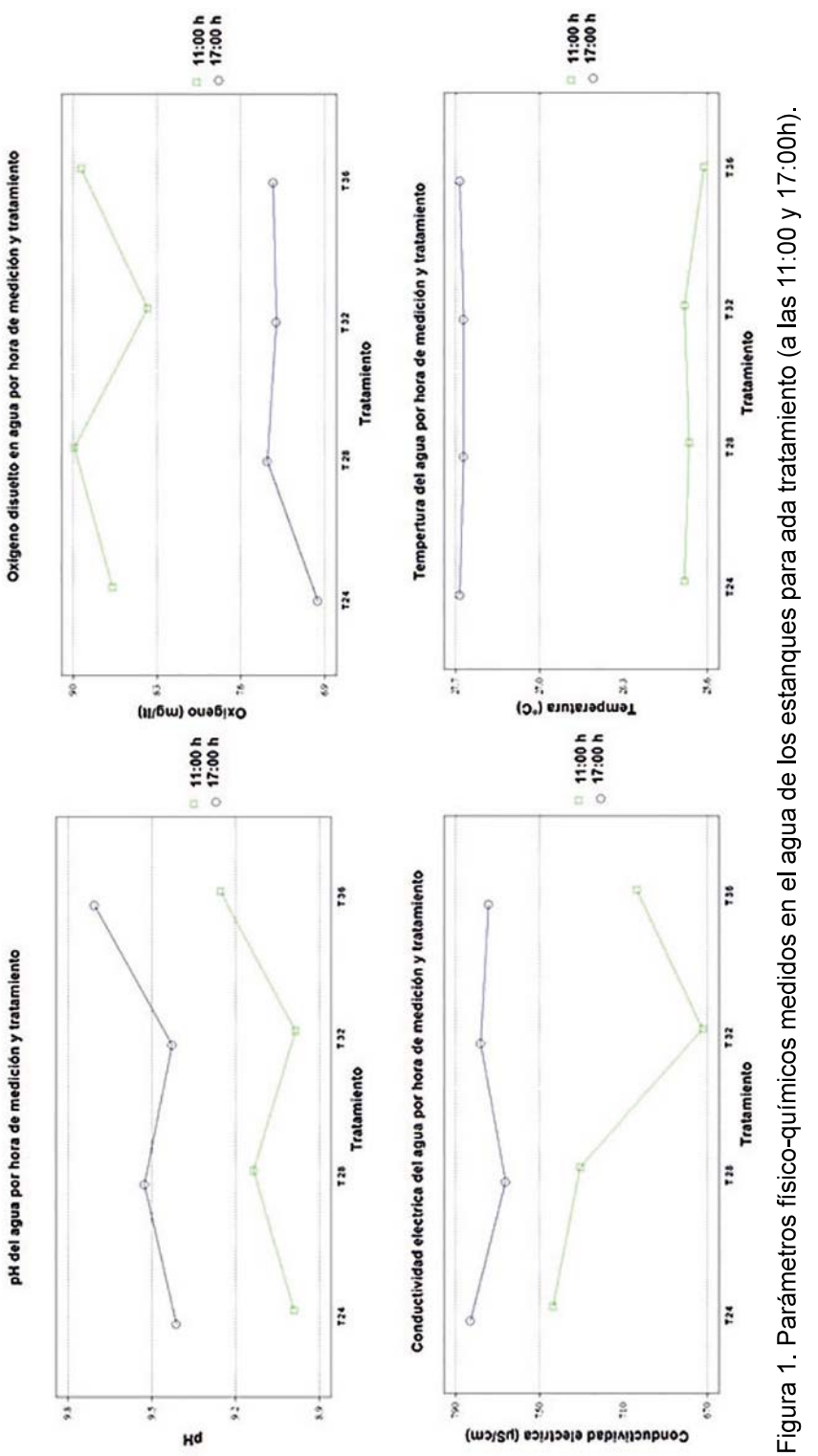


Figura 1. Parámetros físico-químicos medidos en el agua de los estanques para ada tratamiento (a las 11:00 y 17:00h).

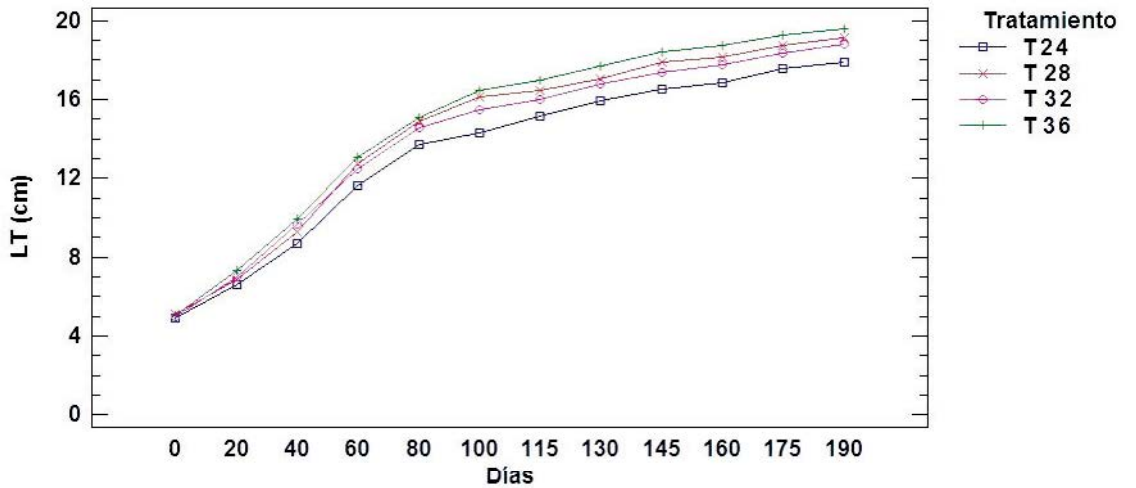


Figura 2. Curva de crecimiento en LT (cm).

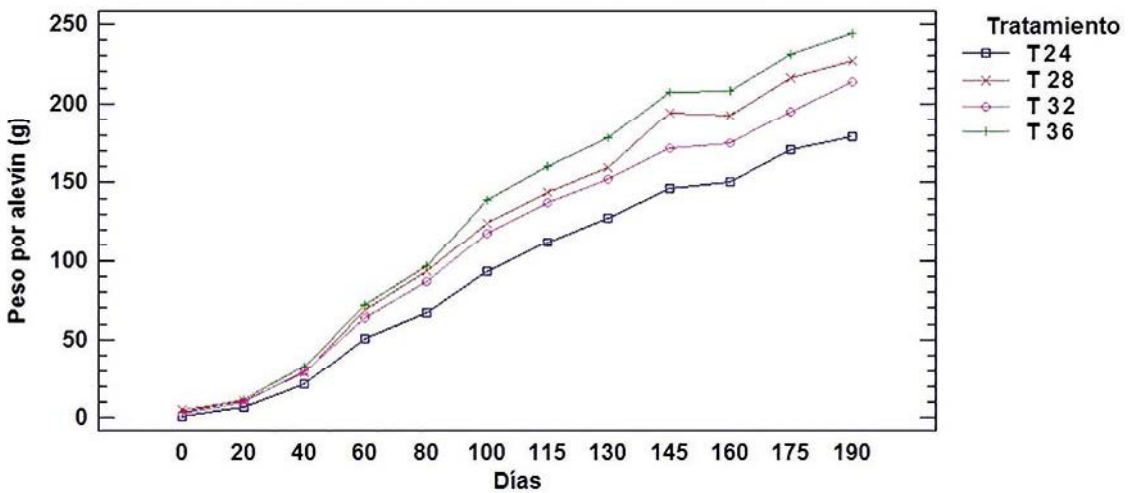


Figura 3. Curva de crecimiento en Biomasa por tratamiento.

Vásquez-Torres *et al.* (2002) usaron dietas semi-purificadas con caseína, gelatina, almidón de maíz, dextrina y glucosa, y la compararon con otra dieta con harina de pescado, de soya, afrecho de trigo y maíz; ofreciendo niveles de PC de 32,3 a 47,3%, EE de 4,3 a 9,2% y cenizas de 1,7 a 6%, durante 60 días, con alevines de peso inicial de 11,43±1,6 g. Como resultado observaron un mejor desempeño con la dieta de harina de pescado (29%), de soya (10%), afrecho de trigo (5%), maíz (55%); con una ganancia de peso de 90 g/alevín y una conversión de 1,2 kg de MS por kg de ganancia en biomasa, superior al desempeño a los 60 días del T36 con 72,4 g/alevín y 96,06 g MS consumidos, para un conversión de 1,39 (Cuadro 3). Cabe destacar, que el peso inicial del ensayo de Vásquez-Torres *et al.* (2002) fue el equivalente al peso de los alevines en este ensayo a los 20 días de evaluación (11,63 g/alevín). De modo que estas dietas pudiesen estar mucho más próximas en desempeño si se comparan en igualdad de condiciones respecto a la edad y ambiente.

Vásquez-Torres *et al.* (2011) determinaron el nivel óptimo de PC en la dieta de *P. brachypomus*, evaluando un rango de 16 a 36% de PC para un

Cuadro 3. Consumo de alimentos, biomasa producida, conversión y eficiencia económica.

Variable	T24	T28	T32	T36	Probab,
Ganancia diaria de biomasa por estanque 0 a 190 d (g/d)	7,77 ± 1,38	11,28 ± 0,96	10,52 ±1,09	10,52 ± 0,86	0,1460
Ganancia diaria de biomasa por estanque 0 a 100 d (g/d)	10,95 ± 0,84	10,34 ±1,15	13,66 ±1,00	11,20 ± 0,83	0,1078
Ganancia diaria de biomasa por estanque 100 a 190 d (g/d)	7,42	12,34	7,03	9,7605	0,2186
Biomasa total ganada 0 a 190 d (g/tanque)	1.476,4±263,0	2.143,0±182,1	1.998,5±206,4	1.998,6±163,4	0,1460
Biomasa ganada de 0 a 100 d (g)	1.095,2±83,9	1.032,4±114,9	1.365,7±100,3	1.120,2±82,6	0,1078
Biomasa ganada de 100 a 190 d (g)	1.127,5	1.066,0	1.398,0	1.152,9	0,4148
Densidad de biomasa viva a los 100 d (kg/m^3)	0,805±0,059b	0,762±0,082b	0,999±0,072a	0,824±0,059b	0,1084
Densidad de biomasa viva a los 190 d (kg/m^3)	1,078	1,555	1,451	1,451	0,1469
Consumo total de 0 a 190 d (gMS)	17.072	16.070	19.389	17.178	0,3911
Consumo total de 0 a 100 d (gMS)	3.722,4	3.692,1	4.116,3	3.773,2	0,5961
Conversión total 0 a 190 d	9,38	7,61	9,93	8,95	0,3205
Conversión de 0 a 100 d	3,45±0,18	3,66±0,23	3,05±0,13	3,39±0,09	0,1047
US$/kg de biomasa de 0 a 190 d	0,835±0,078b	0,831±0,063b	1,137±0,068a	0,993±0,068ab	0,0425
US$/kg de biomasa de 0 a 100 d	3,01	3,38	2,99	3,50	0,0619

Todas las observaciones se refieren a 10 alevines por estanque. Un (1) US$ = 52,10 Bs.

período de 60 días y un peso inicial de 15,5 ± 0,33 g/alevín; encontrando que 31,6% de PC fue el óptimo para esta etapa, con una ganancia en biomasa de 45,88 gr y una conversión de 1,32; valores semejantes a los encontrados en el T36, con una conversión de 1,39 y una ganancia de peso en biomasa de 60,77 g/alevín, siendo ligeramente más baja le eficiencia de uso de la dieta pero superior en ganancia de biomasa (Cuadro 3).

Kochenborger *et al.* (2000) evaluaron la harina de soya *vs* la de pescado como fuente de proteína, únicas o combinadas, en raciones con cereales (afrecho de arroz, afrecho de trigo y harina de maíz), a niveles de PC entre 22 y 30% en dietas ofrecidas a *Piaractus mesopotamicus* por 100 días, logrando consumos de alimento de 41,3 a 45,6 g/alevín y ganancias de biomasa de 29,0 a 36,6 g/alevín y CA de 1,19 a 1,44; con el mejor desempeño entre los 26 y 30% de PC y respuesta indiferente entre las fuentes de PC. Al compararlos con los resultados de harina de carne y afrecho de arroz se observó una ganancia de biomasa y consumo de alimento superior para todos los tratamientos (Cuadro 3), pero con una menor conversión de alimento en carne para todos los casos.

Reyes *et al.* (2003), usando combinaciones de harina de carne y huesos de pollo (mortalidad por estrés calórico de pollos sin piel ni plumas) y afrecho de arroz (4:1) en alevines de *C. macropomum*, en 98 días de ensayo e igualdad de condiciones de alojamiento y clima lograron, con el mejor tratamiento de 49% de PC, una ganancia de peso de 1,52 g/alevín/d y una conversión de alimento en biomasa de 1,23; valores superiores a los 1,05 g/alevín/d (Cuadro 3) y 1,39 de conversión del T36 en alevines a los 100 días con *P. brachypomus.* La diferencia mayor, además del contenido de PC y especie, está asociada a un menor contenido de cenizas en la dieta con carne y huesos de pollos, donde predominó la carne sobre los huesos.

Ortiz *et al.* (2007) evaluaron diversas combinaciones de recursos locales y tradicionales (*Amaranthus caudatus* L., afrecho de arroz, harina de pescado, trigo y soya), con alevines de *C. macropomum* en jaulas flotantes (1,2m^3) con 100% de recambio de agua diario, por 121 días, y en dietas con 28% de PC. Ellos obtuvieron ganancias de peso entre los 1,1 y 1,5 g/alevín/d y densidades finales de 2,6 hasta 2,89 kg de biomasa por m^3; lo que representa casi el doble de la biomasa alcanzada en este ensayo, pero con ganancias de peso similares. Además lograron una mejor conversión de alimento en biomasa (2,05 a 3,68 kg/kg de biomasa), en comparación con las alcanzadas con las dietas propuestas.

Cuando se analizó la eficiencia del uso de las raciones en comparación con su costo (Cuadro 3), se consiguió que el T28 (0 a 190 días) resultó ser el tratamiento con menor costo por kg de biomasa producido, seguido del T36 que resultó en la mayor respuesta biológica. Esto permite proponer evaluar la posibilidad de usar el T32 de 0 a 100 días y el T28 de 100 a 190 días, para mejorar la eficiencia total del uso de la dieta.

Los resultados obtenidos luego de los 100 días indicaron un incremento significativo del consumo de alimentos, con la consecuencia de una menor eficiencia en el uso de los mismos. En el Cuadro 3 se aprecia que la densidad de biomasa alcanzada a los 100 días de ensayo fue entre aproximadamente 800 gramos y 1 kg por m^3, mientras que a los 190 días, la densidad estuvo entre 1,05 y 1,55 kg de biomasa /m^3 de agua; en un sistema de baja tasa de recambio de agua. Deza *et al.* (2002) reportaron a los 240 días de cultivo, una máxima biomasa de 0,63 kg/m^3 en sistemas de estanques de 744 m^2 de superficie; lo cual es muy inferior a lo alcanzado en este ensayo, tanto a los 100 como a los 190 días. Prada (1984), en igualdad de condiciones de clima, flujo y calidad del agua, usando densidades de 2 y 4 animales por m^3, logró biomasas máximas de 0,835 kg de biomasa /m^3 de agua, con estanques de tres m^3 y con un alimento comercial con 23% de PC, en 210 días de ensayo. Estos resultados demostraron demuestran un potencial de interés en la alimentación de *P. brachypomus* con los subproductos de la agroindustria evaluados.

Los análisis de la composición proximal de una muestra al azar de dos ejemplares de *P. brachypomus* por tratamiento (cuadros 4 y 5), demostraron que el mayor peso y rendimiento en canal se alcanzó para los tratamientos T32 y T36; mientras que el análisis proximal indicó que las mayores diferencias entres tratamientos (no analizadas estadísticamente) son para el

Cuadro 4. Peso de la canal y rendimiento por tratamiento.

Variable	T24	T28	T32	T36	Probab,
Peso al sacrificio (g)	124,2b	167,0a	176,4a	156,8ab	0,0978
Peso canal (g)	88,8b	121,1a	131,4a	117,9a	0,0865
Rendimiento en canal caliente (%)	71,6	71,3	74,5	75,2	0,1362
Materia seca de la canal (%)	35,0	38,3	36,7	39,2	0,1627
Peso vísceras (g)	23,5	31,2	30,4	27,5	0,3618

Cuadro 5. Composición proximal de la canal y vísceras.

Variable (%)	T24	T28	T32	T36
MS de la Canal	35,0	38,3	36,7	39,2
Ceniza en la Canal	13,2	12,6	13,5	12,0
MO en la Canal	86,8	87,4	86,5	88,0
PC en la canal	50,30	48,7	48,5	51,4
Extracto etéreo en la canal	35,0	37,7	37,0	35,6
Ceniza en vísceras	8,2	7,8	8,5	10,2
MO en vísceras	91,8	92,2	91,5	89,8
PC en vísceras	47,4	43,0	42,5	46,0
Extracto etéreo en vísceras	34,4	39,2	38,7	32,7

contenido de EE, cenizas y PC; con una ligera ventaja para el T36, con mayor contenido de PC y menor contenido de cenizas. Vásquez-Torres *et al.* (2011) determinaron que para el nivel óptimo de 31,6% de PC en la dieta de *P. brachypomus*, se encontró una composición corporal a los 60 días de ensayo de 52,58% de PC, 32,32% de EE y 10,76% de cenizas; valores semejantes a los obtenidos en el T36 para la canal de 190 d de ensayo (Cuadro 5), con poca variación en las dietas con más tiempo de consumo.

CONCLUSIONES

La evaluación de las cuatros combinaciones de afrecho de arroz y harina de carne y huesos demostró que el mejor desempeño metabólico de los alevines de *Piaractus brachypomus* se alcanzó para la dieta compuesta de 44% de harina de carne y hueso, aunado a un 55% de afrecho de arroz (Tratamiento T28), seguido de la compuesta de 64% de harina y 35% de afrecho (T36). El mejor desempeño económico se alcanzó con el tratamiento T28 seguido del T24.

Se demostró que es factible el uso de afrecho de arroz y harina de carne y huesos en la fase inicial de alevinaje (hasta los 100d) sin mayor perjuicio del crecimiento de *Piaractus brachypomus.*

El alto contenido de cenizas de todos los tratamientos y la alta densidad de biomasa viva (1,45 a 1,56 kg/m^3) pudo limitar la respuesta productiva y conversión de alimentos de los alevines entre los 100 y 190 días.

LITERATURA CITADA

AOAC. Official Methods of Analysis (14th ed.). 1984. Association of Official Agricultural Chemists, Washington.

Boyd, C. 1996. Manejo de suelos y de la calidad de agua en la Acuicultura de piscinas. Asociación Americana de Soya (ASA). Caracas, Venezuela, 1984. 62 p.

Deza S, S Quiroz, M Rebaza y C. Rebaza. 2002. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) "Paco" en estanques seminaturales de Pucallpa. Folia Amazónica; 13(1-2): 49-64.

Díaz, F. y R. Lopez. 1993. El cultivo de la "Cachama blanca" (*Piaractus brachypomus*) y de la "Cachama negra" (*Colossoma macropomum*). Fundamentos de Acuicultura Continental. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Bogotá, Colombia; pp. 207-219.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture. 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Fisheries and Aquaculture Department. Rome; 230 p.

Gutiérrez, F. W., M. Quispe, L. Valenzuela, G. Contreras y J. Zaldívar. 2010. Utilización de la proteína dietaría por alevinos de la Gamitana, *Colossoma macropomum*, alimentados con dietas isocalóricas. Rev. Peru. Biol. Agosto; 17(2): 219–223.

Kochenborger, J. B., D. J. Carneiro e N. Kazue Sakomura. 2000. Fontes e Níveis de Proteína Bruta em Dietas para Alevinos de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) Rev. Bras. Zootec.; 29(3): 646-653.

Ortiz, J. C., N Saltos, J. C. Giacometti, A. Arrobo, C. Peñafiel y R Falconi. 2007. Alternativas alimenticias para el cultivo de *Colossoma macropomum* en jaulas flotantes Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA I Sangolquí, Ecuador Junio, 2007. Boletín Técnico 7, Serie Zoológica; 3: 72-81.

Padilla, P. Efecto del contenido proteico y energético de dietas en el crecimiento de alevinos de Gamitana (*Colosssoma macropomum*.) IIAP 81, Folia Amazónica, 2000; 10(1-2): 81-90.

Prada, N. R. 1984. Densidades y niveles de suministro de alimentos en el cultivo de "Cachama" *Colossoma macropomum* (Cuvier) 1818. Bioagro; 2(1): 7-26.

Reyes, P., P. Subero, J. Rojas-Castellanos and G. Nouel-Borges. 2003. Use chicken meat flour and rice bran in rations for black Cachama (*Colossoma macropomum)* IX World Conference On Animal Production October 26 - 31 2003 Porto Alegre - Rio Grande Do Sul – Brasil; 5 p.

Statgraphics Centurión XV 2007. Versión 15.2.06 (Statpoint, Inc. 1982-2007).

Statistix 8. 2003. Analitical Software. Versión 8.0.

Van Soest, P., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J Dairy Sci.; 74: 3583.

Vásquez-Torres, W, M. Pereira e J. A. Arias-Castellanos. 2002. Estudos para Composição de uma Dieta Referência Semipurificada para Avaliação de Exigências Nutricionais em Juvenis de Pirapitinga, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) Rev. Bras. Zootec.; 31(1): 283-292.

Vásquez-Torres, W., M. Pereira-Filhol and J. A. Arias-Castellanos. 2011. Optimum dietary crude protein requirement for juvenile Cachama *Piaractus brachypomus*. Ciência Rural, dez; 41(12): 2183-2189.

Zootecnia Trop., 33 (2): 145-152. 2015

Efeito de dietas de alto grão sobre o comportamento ingestivo de cordeiros em confinamento

Effect of high-grain diets on feeding behavior of feedlot lambs

Efecto de dietas con alto contenido de grano sobre el comportamiento ingestivo de corderos en confinamiento

Sérgio Carvalho[1*], Guilherme M. C. Bernardes[2], Cléber C. Pires[1], Gianni Bianchi[3], Veronica M. Pilecco[2], Rafael S. Venturini[2], Juliano H. Motta[4] e Camilla T. Teixeira[4]

[1]Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Departamento de Zootecnia. Santa Maria, Rio Grande, RS, Brasil. Correio eletrônico*: scarvalhoufsm@hotmail.com. [2]Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Programa de pós-graduação em Zootecnia, Santa Maria, RS, Brasil. [3]Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Animal y Pasturas. Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" (EEMAC). Paysandú, Uruguai. [4]Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Aluno de graduação em Zootecnia. Rio Grande do Sul, RS, Brasil.

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do uso de diferentes dietas de alto grão sobre o comportamento ingestivo de cordeiros terminados em confinamento. Foram utilizados 32 cordeiros machos, castrados, da raça Texel e desmamados com aproximadamente 50 dias de idade. Os tratamentos foram quatro dietas baseadas em diferentes tipos de grãos de cereais, não processados, sendo: grão de milho, grão de aveia branca, grão de aveia preta ou grão de arroz com casca. Os cordeiros alimentados com dietas de alto grão de milho despenderam menor tempo em atividades de ruminação e de mastigação total e permaneceram maior tempo em ócio. Além disso, apresentaram maior consumo de matéria seca, menor eficiência de alimentação em relação à FDN e uma melhor eficiência de ruminação da MS e da FDN quando comparados com cordeiros dos outros três tratamentos. O comportamento ingestivo de cordeiros terminados em confinamento com o uso de dietas de alto grão a base de milho, aveia branca, aveia preta ou arroz com casca sofre alterações provocadas principalmente pelo consumo voluntário de alimento e pela proporção de FDN presente nas dietas experimentais.

Palavras-chave: consumo, ovinos, produção, trato gastrointestinal.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of using different high-grain diets on the feeding behavior of lambs finished in feedlot. 32 male castrated Texel breed and weaned at approximately 50 days of age lambs were used. The treatments were four diets based on different types of cereal grains, not processed, as follows: corn grain, white oat grain, black oat grain or grain of rice in the husk. Lambs fed diets with high corn grain spent less time ruminating and total chewing activity and remained longer time in idleness. Moreover, had higher dry matter intake, lower feeding efficiency in relation to NDF and better rumination efficiency of DM and NDF compared with lambs from the other three treatments. The feeding behavior of feedlot finished lambs with the use of high-grain diets based on corn, white oat, black oat or rice in the hulls suffer changes caused mainly by the voluntary feed intake and the proportion of NDF present in the experimental diets.

Key words: intake, sheep, production, gastrointestinal tract.

Recibido: 02/09/14 Aprobado: 16/11/15

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del uso de diferentes dietas con alto contenido de grano sobre el comportamiento ingestivo de corderos en confinamiento. Se utilizaron 32 corderos machos castrados de la raza Texel destetados con aproximadamente 50 días de edad. Los tratamientos fueron cuatro dietas en base a diferentes granos de cereales no procesados: maíz, avena blanca, avena negra y arroz con cáscara. Los corderos alimentados en base a grano de maíz mostraron menos tiempo a las actividades de rumia y masticación, dedicando más tiempo al ocio. Además de eso, estos corderos presentaron mayor consumo de materia seca, menor eficiencia de alimentación en términos de FDN y mejor eficiencia de rumia de la MS y de la FDN frente a los corderos de los otros tres tratamientos. El comportamiento ingestivo de corderos en confinamiento con el uso de dietas con alto contenido de grano basado en maíz, avena blanca, avena negra y arroz con cáscara se somete a cambios causados principalmente por el consumo voluntario de alimento y la proporción de FDN presente en las dietas experimentales.

Palabras clave: consumo, ovejas, producción, tracto gastrointestinal.

INTRODUÇÃO

A terminação de cordeiros em sistema de confinamento com o uso de dietas de alto grão é uma prática crescente em sistemas de produção de carne ovina. O uso desse tipo de dieta traz como vantagens a falta de necessidade do uso de área para plantio de culturas e da realização de tratos culturais nas mesmas, a presença de maquinários próprios para o plantio, corte, elaboração e conservação de silagens ou fenos, bem como a redução de mão de obra necessária para fornecimento de volumoso aos animais. Além disso, dietas com altos teores de concentrados energéticos proporcionam rápido acabamento de carcaça e ganho de peso elevado em animais confinados (Bulle *et al*., 2002). Outro fator a ser considerado é que o uso de dietas de alto grão apresenta uma maior padronização da dieta ofertada, visto que os ingredientes concentrados apresentam pouca variação nutricional ao longo do ano, diferentemente do que ocorre com alimentos volumosos, refletindo em melhores resultados produtivos.

Contudo estas mudanças abruptas nos sistemas de produção de carne ovina vêm ocasionando mudanças nas características de comportamento animal, onde se partiu historicamente de uma criação extensiva com uma dieta rica em volumoso, a níveis atualmente extremos onde os animais permanecem confinados e com possível fornecimento de uma dieta exclusivamente concentrada. Estas mudanças de comportamento animal, por sua vez, podem gerar distúrbios metabólicos e alterações no consumo de alimento (Cardoso, 2012), o que pode levar a redução do ganho de peso e, consequentemente, aumento do período de permanência dos animais confinados.

Segundo Rodrigues (1998), grandes refeições de concentrados resultam em grandes flutuações no pH ruminal, com consequente redução ou mesmo cessação do consumo, se insuficiente quantidade de fibra é oferecida. Nesse sentido Santini *et al.* (1992) afirmam que ruminantes requerem um mínimo de fibra efetiva na dieta para manter uma função normal do rúmen, sendo que o seu funcionamento está associado à adequada ruminação, produzindo quantidade suficiente de substâncias tamponantes, através da salivação e, com isso mantendo um adequado pH ruminal. Por outro lado, de acordo com Rodrigues (1998), tampões podem ser usados para parcialmente substituir a FDN fisicamente efetiva e neutralizar a produção de ácidos produzidos durante a fermentação ruminal.

A observação das atividades de alimentação, ruminação, ócio e do tempo designado para outras atividades, são de extrema importância para avaliar mudanças no comportamento ingestivo, proporcionadas por variações da forma e na frequência em que o alimento é oferecido, e como essas mudanças podem influenciar no desempenho animal. Desta forma se destaca a importância de se ter conhecimento das características do comportamento ingestivo de ovinos confinados e submetidos a dietas de alto grão.

Assim, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o comportamento ingestivo de cordeiros confinados e submetidos a dietas de

alto grão de milho, aveia branca, aveia preta ou arroz com casca.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Ovinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, no período de agosto a novembro de 2012. Foram utilizados 32 cordeiros machos, castrados, da raça Texel, nascidos de parto simples e desmamados com aproximadamente 50 dias de idade.

Os animais foram confinados em baias individuais, totalmente cobertas, com piso ripado, aproximadamente 1,0 m acima do solo, com dimensão de 2 m² por animal, e providas de comedouros e bebedouros individuais. Os tratamentos foram constituídos por diferentes tipos de grãos, não processados, sendo: grão de milho (*Zea mays*), grão de aveia branca (*Avena sativa*), grão de aveia preta (*Avena stringosa*) e grão de arroz com casca (*Oryza sativa* L.). A dieta foi constituída pelo grão inteiro utilizado no tratamento, 15% de um núcleo concentrado comercial (89,29% matéria seca; 36,58% proteína bruta; 64% nutrientes digestíveis totais; 2,5% cálcio; 0,0009% fósforo), farelo de soja e calcário calcítico. As dietas foram formuladas para serem isoproteicas e atender as exigências da categoria utilizada, segundo o NRC (2007), para a obtenção de ganho de peso de 200 g/dia. Na Tabela 1 é apresentada a proporção dos ingredientes e a composição bromatológica das dietas experimentais.

A ração foi ofertada aos animais *ad libitum*, duas vezes ao dia, sendo os horários de arraçoamento às 8:00 e 17:00 horas. A quantidade ofertada foi ajustada em função da sobra observada diariamente, sendo que esta deveria ser 10% da quantidade oferecida no dia anterior, de modo a garantir o consumo voluntário máximo dos animais. Os animais possuíam acesso, *ad libitum*, a sal mineral e água, em recipientes individuais, próprios para esse fim. A composição química do sal mineral utilizado era: (Cálcio: 134 g; Fósforo: 60 g; Magnésio: 10 g; Sódio: 110 g; Enxofre: 12 g; Cobalto: 150 mg; Iodo: 60 mg; Ferro: 2.500 mg; Manganês: 4.500 mg; Selênio: 30 mg; Zinco: 6.000 mg; Flúor - máx.: 570 mg; Palatabilizante: 180 g).

O período experimental foi precedido de um período de 10 dias para adaptação dos animais ao alimento, as condições de instalações e manejo. Nessa fase, para aprendizado de consumo de alimento sólido no comedouro por parte dos animais, foi fornecido feno de alfafa triturado como parte da alimentação e o grão utilizado no tratamento, em uma proporção inicial de volumoso: concentrado de 45: 55%. Posteriormente, até o início do período experimental, a cada dois dias, o feno de alfafa era substituído gradativamente em uma proporção de 15% pelo grão de cereal a ser utilizado, conforme o tratamento no qual o cordeiro se encontrava. O ensaio de alimentação iniciou após o período de adaptação, estendendo-se até o momento em que cada cordeiro atingia o peso de abate pré-estabelecido de 32 kg, que corresponde a 60% do peso adulto de suas mães, segundo recomendação de Butterfield (1988).

Durante o período de confinamento os animais foram submetidos a três momentos de observações de seu comportamento ingestivo por um período de 24 horas, iniciando às oito horas de manhã e se estendendo até às oito horas da manhã do dia seguinte. O primeiro período de observações ocorreu cinco dias após o inicio do período experimental de confinamento e, subsequentemente, os próximos em um intervalo de 14 dias entre cada. Durante este período os animais foram observados individualmente, a intervalos de 10 minutos, para avaliar os tempos despendidos em alimentação, ruminação, ócio e outras atividades, bem como o tempo de permanência em pé ou deitado. Determinou-se também o número de refeições e de ruminações por animal, bem como o tempo despendido para cada atividade. A observação noturna dos animais foi realizada mediante o uso de iluminação artificial de lâmpadas incandescentes.

Os resultados referentes as características de comportamento ingestivo foram obtidos segundo Carvalho (2002), utilizando-se às seguintes equações:

EAL_{MS} = CMS/TAL; EAL_{FDN} = CFDN/TAL;

em que EAL_{MS} (g MS consumida/h) e EAL_{FDN} (g FDN consumida/h) = eficiência de alimentação; CMS (g) = consumo diário de matéria seca;

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais.

	Tratamentos			
	Milho	Aveia branca	Arroz	Aveia preta
Proporção dos ingredientes (%MS)				
Aveia preta	-	-	-	81,60
Aveia branca	-	77,89	-	-
Arroz	-	-	69,95	-
Milho	72,83	-	-	-
Núcleo	15,00	15,00	15,00	15,00
Farelo de soja	11,65	6,63	14,63	2,90
Calcário calcítico	0,52	0,48	0,42	0,50
Composição bromatológica (%MS)				
MS	89,14	89,72	88,39	89,60
PB	18,81	18,81	18,81	18,81
EE	2,56	2,85	1,28	2,24
FDN	14,34	26,25	21,70	22,24
FDA	4,97	13,32	14,52	11,63
CHT	73,73	73,25	71,86	73,60
CNE	59,39	47,01	50,16	51,36
NDT	82,64	76,15	66,3	73,36
EL	1,95	1,80	1,55	1,72
Ca	0,63	0,63	0,63	0,63
P	0,25	0,31	0,31	0,30

CFDN (g) = consumo diário de FDN; TAL = tempo gasto em alimentação diariamente.

ERU_{MS} = CMS/TRU; ERU_{FDN} = CFDN/TRU;

em que ERU_{MS} (g MS consumida/h) e ERU_{FDN} (g FDN consumida/h) = eficiência de ruminação; TRU (h/dia) = tempo de ruminação.

TMT = TAL + TRU;

em que TMT (min/dia) = tempo de mastigação total.

Os dados experimentais obtidos nos diferentes tratamentos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se o nível de significância de 5%. As análises foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico SAS (2004). O modelo matemático utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Observação referente ao animal j, do tratamento i;

μ = Média geral das observações.

α_i = Efeito do tratamento i.

ε_{ij} = Erro aleatório associado a cada observação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tempo despendido para alimentação (ALIM) foi superior nos cordeiros do tratamento à base de grão de milho quando comparado aos do tratamento a base de grão de aveia branca, tanto em minutos por dia quanto em percentagem (Tabela 2). Resultado este justificável pelo maior número de refeições realizadas pelos animais

Tabela 2. Valores médios para os tempos despendidos na alimentação (ALIM), ruminação (RUM), tempo de mastigação total (TMT), ócio (OCIO), outras atividades (OUT), permanência em pé (EM PE) e permanência deitado (DEIT), de acordo com os tratamentos.

Parâmetros		Tratamentos				Média
		Milho	Aveia branca	Arroz	Aveia preta	
ALIM	Min	138,96^{a}	97,71^{b}	122,78^{ab}	120,24^{ab}	119,71
	%	9,65^{a}	6,79^{b}	8,53^{ab}	8,35^{ab}	8,31
RUM	Min	241,25^{c}	475,00^{a}	385,00^{b}	456,91^{ab}	387,53
	%	16,75^{c}	32,99^{a}	26,74^{b}	31,73^{ab}	26,91
TMT	Min	380,21^{b}	575,71^{a}	507,78^{a}	577,14^{a}	507,24
	%	26,40^{b}	39,77^{a}	35,26^{a}	40,08^{a}	35,23
OCIO	Min	975,41^{a}	805,41^{c}	881,66^{b}	796,90^{c}	866,03
	%	67,74^{a}	55,93^{c}	61,23^{b}	55,34^{c}	60,14
OUT	Min	84,38^{a}	61,87^{ab}	50,00^{b}	65,95^{ab}	66,61
	%	5,86^{a}	4,30^{ab}	3,47^{b}	4,58^{ab}	4,63
EM PE	Min	394,79^{ab}	453,33^{a}	332,22^{b}	415,48^{a}	402,99
	%	27,42^{ab}	31,48^{a}	23,07^{b}	28,85^{a}	27,99
DEIT	Min	1045,21^{ab}	990,21^{b}	1105,55^{a}	1024,52^{b}	1037,53
	%	72,58^{ab}	68,76^{b}	76,77^{a}	71,15^{b}	72,05

Valores, na mesma linha, seguidos de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

submetidos à dieta de milho quando comparado ao tratamento à base de grão de aveia branca.

Estes resultados são similares aos encontrados por Mendes *et al.* (2010), que trabalhou com cordeiros confinados com dietas com diferentes teores e fontes de FDN, e verificou em uma dieta contendo 14% de FDN com alta proporção de concentrado a base de milho moído grosseiramente um valor de 142 minutos por dia despendidos para a alimentação dos animais desse tratamento.

Observa-se também na Tabela 2 que o tempo de ruminação foi menor (P≤0,05) nos cordeiros do tratamento a base de grão de milho quando comparados aos cordeiros dos demais tratamentos. Esse resultado pode ser explicado pelo menor teor de FDN e o maior teor de carboidratos não estruturais presente nessa dieta experimental quando comparada as demais dietas testadas (Tabela 1). Como consequência do menor tempo de ruminação verificou-se também um menor tempo de mastigação total e um aumento no tempo de ócio nos cordeiros do tratamento do grão de milho. Esse resultado está de acordo com Carvalho *et al.* (2014), os quais afirmam que o teor de fibra em detergente neutro (FDN) contido nos alimentos é um dos principais fatores que influenciam no comportamento ingestivo dos animais, sendo que quanto menor for a quantidade de FDN, e/ou o menor tamanho de partícula, menor será o tempo despendido em atividade de mastigação (alimentação e ruminação) e maior o tempo de ócio, o que pode influenciar a capacidade de ingestão de alimentos.

Quando se avalia os padrões de comportamento ingestivo dos animais em termos percentuais (Tabela 2), observa-se que o tempo de ruminação e o tempo de mastigação total foram menores e o tempo de ócio foi maior nos cordeiros do tratamento do grão de milho, mantendo a mesma tendência de quando o comportamento ingestivo foi avaliado em

minutos por dia. Resultados próximos aos verificados no presente estudo foram obtidos por Dias (2012), quem testando níveis diferentes de casca de soja na dieta de cordeiros terminados em confinamento, observou valores médios de 34,34% para tempo de mastigação total e de 63,59% para ócio. Contudo, o tempo médio despendido pelos cordeiros para alimentação, verificado por esse autor, foi de 15,70%, superior ao valor médio de 8,31% do presente estudo. Essa não concordância é explicada pelo tipo de dieta utilizada, sendo que com o uso de dietas de alto grão provavelmente haja redução no período de alimentação, pois conforme Mertens (1996), quando rações com alta energia e baixo teor de fibra são utilizadas, os animais irão regular o consumo de energia por atender o seu requerimento energético e, consequentemente, há redução no tempo diário de ingestão de alimentos.

Outro aspecto a ser destacado com os resultados obtidos no presente estudo é o alto período destinado pelos animais para realização de outras atividades. O valor médio obtido de 4,63% é superior ao verificado por Hübner *et al.* (2008), que avaliando o comportamento ingestivo de ovelhas em lactação alimentadas em confinamento com diferentes teores de fibra observaram um resultado médio de 0,56%, e o verificado por Dias (2012) o qual testando níveis diferentes de casca de soja como fonte de volumoso na dieta de cordeiros confinados observou 2,07%. Esse resultado pode ser explicado pelo baixo teor de fibra das dietas de alto grão testadas, sendo que foram observados vários comportamentos estereotipados dos animais, principalmente cordeiros roendo tábuas e cochos, bem como lambendo o ripado das baias, comportamento esse característico de animais com deficiência de fibra na dieta.

Contudo, deve-se enfatizar que, independente do tipo de grão testado, não foi verificado durante o período experimental nenhum distúrbio metabólico que viesse a comprometer o consumo e o desempenho animal, sendo que as variações de comportamento ingestivo observadas são explicadas basicamente por diferenças em relação a composição bromatológica das dietas experimentais, demonstrando que é possível a terminação de cordeiros em confinamento com o uso de dietas de alto grão e com baixo conteúdo de fibra.

Na Tabela 3 pode-se observar que foi verificado um maior consumo de matéria seca (consequentemente de energia e proteína) para os cordeiros do tratamento a base de grão de milho, resultado esse que influenciou diretamente o desempenho animal, podendo-se observar que os animais do tratamento a base de grão de milho apresentaram um maior ganho de peso diário diferindo significativamente dos animais dos demais tratamentos. A menor proporção de FDN e de FDA e maior de CNE presentes na dieta a base de grão de milho, o que proporciona aumento da digestibilidade e da taxa de passagem do alimento, pode explicar o resultado obtido. Como consequência dessa característica do alimento, verificou-se um menor tempo de ruminação e maior de ócio (Tabela 2) nos cordeiros desse tratamento.

Verificou-se também um menor tempo por refeição e por atividade de ruminação dos cordeiros do tratamento do grão de milho (Tabela 3). O menor tempo por refeição pode ser explicado pela densidade energética da dieta, sendo que os cordeiros atingiram a saciedade de forma mais rápida quando comparado aos cordeiros dos demais tratamentos. Já a redução do tempo de ruminação pode ser explicada pela maior taxa de passagem e pelo menor tempo de permanência do alimento no rúmen dos cordeiros alimentados a base de grão de milho em comparação aos outros grãos testados, fator esse determinante da maior frequência de acessos ao comedouro dos animais submetidos ao tratamento à base de grão de milho.

Os resultados apresentados para eficiência na alimentação, em gramas de FDN por hora, demonstram que os cordeiros do tratamento a base de grão de aveia branca se mostraram mais eficientes que os cordeiros dos demais tratamentos testados no presente estudo. Resultado este justificável pela maior proporção de FDN na dieta do tratamento a base de grão de aveia branca. Por apresentar uma menor proporção de FDN na dieta e uma maior taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal dos animais, os cordeiros do tratamento a base de grão de milho apresentaram uma melhor eficiência de ruminação (ERU), tanto em gramas

Tabela 3. Valores médios para consumo de matéria seca (CMS) e de fibra em detergente neutro (CFDN), ganho de peso médio diário (GMD), número de refeições (NºREF) e de ruminações (NºRUM) em 24 horas, tempo despendido por refeição (min/REF) e ruminação (min/RUM), eficiência de alimentação (EAL) e de ruminação (ERU), de acordo com os tratamentos.

	Tratamentos				
	Milho	Aveia branca	Arroz	Aveia preta	Média
CMS (kg/dia)	0,885^{a}	0,667^{bc}	0,600^{c}	0,730^{b}	0,728
CFDN (kg/dia)	0,131^{c}	0,169^{a}	0,133^{bc}	0,160^{ab}	0,149
GMD (kg/dia)	0,306^{a}	0,187^{bc}	0,138^{c}	0,221^{b}	0,218
NºREF	8,44^{a}	5,14^{b}	7,05^{ab}	6,91^{ab}	6,87
NºRUM	16,75	18,79	17,79	17,33	17,67
min/REF	16,94^{b}	23,33^{a}	22,28^{a}	22,95^{a}	21,26
min/RUM	14,21^{c}	20,30^{a}	17,33^{b}	20,02^{ab}	17,94
EAL (g MS/h)	434,36	450,60	343,92	387,20	408,74
EAL (g FDN/h)	64,19^{b}	113,91^{a}	76,08^{b}	85,13^{b}	85,42
ERU (g MS/h)	226,05^{a}	86,29^{b}	94,27^{b}	96,10^{b}	128,86
ERU (g FDN/h)	33,61^{a}	21,80^{b}	20,85^{b}	21,09^{b}	24,69

Valores, na mesma linha, seguidos de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. x

de matéria seca como em gramas de FDN ruminadas por hora.

Avaliando o comportamento ingestivo de ovelhas em lactação alimentadas em confinamento com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro, Hübner *et al.* (2008) verificaram valores médios de 504,16 g de MS/h e de 198,83g de FDN/h para eficiência de alimentação, e de 209,99 g de MS/h e 84,02 g de FDN/h para eficiência de ruminação, valores esses superiores aos do presente estudo devido à categoria animal avaliada e ao teor de FDN superior nas dietas experimentais. Resultados superiores foram também observados por Carvalho *et al.* (2006), os quais avaliando o desempenho e o comportamento ingestivo de cabras em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra observaram valores médios para eficiência de alimentação de 569,35 g de MS/h e 185,8 g de FDN/h, e para eficiência de ruminação de 432,82 g de MS/h e 138,2 g de FDN/h. A diferença entre os estudos pode ser explicada pela espécie animal, onde caprinos normalmente apresentam consumos de matéria seca e, consequentemente, de nutrientes, superior quando comparado a ovinos.

Valor próximo ao do presente estudo, para eficiência de alimentação da FDN, foi obtido por Carvalho *et al.* (2014), os quais avaliando o comportamento ingestivo de cordeiros das raças Texel e Ideal observaram um valor médio de 81,58 g de FDN/h. Já em relação à eficiência de ruminação os resultados médios obtidos por esses autores foram de 245,13 g de MS/h e 87,19 g de FDN/h, o que pode ser explicado pelas diferenças entre os consumos de matéria seca e maior teor de FDN nas dietas experimentais avaliadas por esses autores.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, pode-se afirmar que é possível a terminação de cordeiros em confinamento com o uso de dietas de alto grão e com baixo conteúdo de fibra. Porém, as características de comportamento ingestivo de cordeiros terminados em confinamento com o uso de dietas de alto grão a base de milho, aveia branca, aveia preta ou arroz com casca sofrem alterações provocadas principalmente pelo consumo voluntário de matéria seca (0,885; 0,667; 0,730 e 0,600 kg/dia, respectivamente), pela proporção de FDN e pela densidade energética das dietas experimentais.

LITERATURA CITADA

Bulle, M. L. M., F. G. Ribeiro, P. R. Leme, E. A. L. Titto e D. P. D. Lanna. 2002. Desempenho de tourinhos cruzados em dietas de alto teor de concentrado com bagaço de cana-de-açúcar como único volumoso. Rev. Bras. Zootec., 31 (1): 444-450.

Butterfield, R. M. 1988. New concepts of sheep growth. Sydney. University of Sydney. 168 p.

Cardoso, E. O. 2012. Dieta de alto grão para bovinos confinados: viabilidade econômica e qualidade da carne. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Itapetinga, Bahia. 66 p.

Carvalho, S. 2002. Desempenho e comportamento ingestivo de cabras em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Viçosa, Minas Gerais. 118 p.

Carvalho, S., M. T. Rodrigues, R. H. Branco e C. A. F. Rodrigues. 2006. Comportamento ingestivo de cabras Alpinas em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro proveniente da forragem. Rev. Bras. Zootec., 35 (2): 562-568.

Carvalho, S., F. D. Dias, C. C. Pires, D. D. Brutti, J. F. Lopes, D. Santos, R. D. Barcerlos, S. Macari, T. P. Wommer e L. Griebler. 2014. Comportamento ingestivo de cordeiros Texel e Ideal alimentados com casca de soja. Archiv. Zootec., 63 (241): 55-64.

Dias, F. D. 2012. Substituição do alimento volumoso por casca de soja na alimentação de cordeiros das raças Texel e Ideal em confinamento. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Santa Maria, Rio Grande do Sul. 82 p.

Hübner, C. H., C. C. Pires, D. B. Galvani, S. Carvalho, F. Jochims, T. P. Wommer e B. G. Gasperin. 2008. Comportamento ingestivo de ovelhas em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro. Cienc. Rural, 38 (4): 1078-1084.

Mendes, C. Q., V. F. Turino, I. Susin, A. V. Pires, J. B. Morais e R. S. Gentil. 2010. Comportamento ingestivo de cordeiros e digestibilidade dos nutrientes de dietas contendo alta proporção de concentrado e diferentes fontes de fibra em detergente neutro. Rev. Bras. Zootec., 39 (3): 594-600.

Mertens, D. R. 1996. Using fiber and carbohydrate analysis to formulate dairy rations. *In:* Informational conference with dairy and forages industries, 1996, Virginia. Proceedings... Virginia, US Dairy Forage Research Center. pp. 81-92.

NRC. Nutrient Requirements of Small Ruminants. 2007. Editorial. National Academy Press. Washington, D.C. 362 p.

Rodrigues, M. T. 1998. Uso de fibras em rações de ruminantes. *In:* Congresso nacional dos estudantes de zootecnia. Anais... Viçosa, Minas Gerais, Brasil. pp. 139-171.

Santini, F. J., C. D. Lu, M. J. Potchoiba, J. M. Fernandez e S. W. Coleman. 1992. Dietary fiber and milk yield, mastication, digestión, and rate of pasaje in gotas fed alfafa hay. J. Dairy Sci., 75 (1): 209-219.

SAS. Statistical Analysis System. 2004. SAS *user's guide: Statistics*. Cary: North Caroline SAS Institute. 5135 p.

Zootecnia Trop., 33 (2): 153-161. 2015

Edad y crecimiento del bagre dorado *Brachyplatystoma rousseauxi* del Orinoco medio según anillos de la espina pectoral

Age and growth in gilded catfish *Brachyplatystoma rousseauxi* of the middle Orinoco according to pectoral spine rings

Ángel González[1*], Jeremy Mendoza[2], Freddy Arocha[2] y Arístide Márquez[3]

[1]Universidad de Oriente (UDO), Instituto Limnológico. Caicara del Orinoco, Venezuela. Correo electrónico: angelgonzalez78@hotmail.com. [2]Instituto Oceanográfico de Venezuela, Biología Pesquera. Cumaná, Venezuela. [3]Instituto Oceanográfico de Venezuela, Oceanografía Química. Cumaná, Venezuela.

RESUMEN

Los grandes bagres del género *Brachyplatystoma* se encuentran entre las especies de mayor importancia económica de la pesca de la cuenca del Orinoco en Venezuela, sin que hasta ahora se conozcan estudios relacionados con la biología y evaluación de los stocks que se han venido explotando. Este desconocimiento dificulta la implementación de estrategias de conservación y uso sostenible del recurso; determinándose en el presente trabajo la edad y el crecimiento del bagre dorado *Brachyplatystoma rousseauxi en* la región Caicara-Cabruta del río Orinoco, como información básica para la evaluación del stock que se está explotando. El estudio se hizo aplicando el método directo de la lectura de los anillos de crecimiento de la espina pectoral, el cual demostró edades comprendida entre dos y cinco años de edad, con predominio de los peces de dos años; y parámetros de crecimiento, estimados a partir de las longitudes retrocalculadas a la formación de cada anillo, con valores de L_{∞} = 130 cm de longitud total y K = 0,233 año^{-1}. Estos valores indicaron un ritmo de crecimiento relativamente bajo y una alta longevidad que ubican a *B*. *rousseauxi* entre aquellas especies susceptibles a las actividades pesqueras y necesitadas de estrictas medidas de manejo para su conservación.

Palabras claves: peces de agua dulce, bagre de agua dulce, *Brachyplatystoma*, edad, desarrollo biológico.

ABSTRACT

The big catfish genus *Brachyplatystoma* are among the species of greatest economic importance of fisheries at the Orinoco basin in Venezuela, but until now no related studies of biology or stock are known. This lack of knowledge hampers the implementation of strategies for conservation and sustainable use of the resource; determinants in this study the age and growth of the golden catfish *Brachyplatystoma rousseauxi* in Caicara-Cabruta region Orinoco River, as basic information for the evaluation of this important resource. The study was done using the direct method of reading the growth rings of the pectoral spine, which showed ages ranging between two and five years old, with a predominance of fish in two years, and growth parameters estimated backcalculate lengths from the formation of each ring, with values of L_{∞} = 130 cm in total length and K = 0.233 año^{-1}. These values indicated a relatively low growth rate and high longevity that place *B. rousseauxi* between those species susceptible to fishing activities, which requires strict management measures for conservation.

Key words: freshwater fish, freshwater catfish, *Brachyplatystoma*, age, biological increment.

Recibido: 24/04/14 Aprobado: 16/11/15

INTRODUCCIÓN

La Familia de los pimelódidos está representada por una gran cantidad de especies de interés comercial que incluyen las del Género *Brachyplatystoma*, ampliamente distribuidas en las cuencas del Amazonas, Orinoco y de algunos ríos de la Guayana Francesa (Lundberg y Littmann, 2003); donde constituyen, junto con los bagres del género *Pseudoplatystoma*, las especies económicamente más importantes (Barthem y Goulding 1997). En Venezuela, específicamente en el eje Orinoco-Apure, una de las especies más importante en los desembarcos es el bagre dorado *B*. *rousseauxi*, con una producción que alcanzó un máximo de 1.450 toneladas durante el año 1995 y se mantuvo más o menos constante alrededor de las 1.300 toneladas hasta el año 2000; equivalente al 2,8% de la producción total de la pesca continental. Entre el 2000 y 2003 la producción disminuyó hasta las 800 toneladas, aproximadamente, para luego aumentar hasta alcanzar otro máximo durante el 2004 de 1.400 toneladas aproximadamente. A partir del 2004 la producción disminuyó notablemente, hasta alcanzar valores mínimos de entre 600 y 700 toneladas, aproximadamente, entre los años 2007 y 2010 (Novoa, 2002; Hoyos *et al*., 2012; Barbarino *et al*., 2012); una tendencia que aparentemente se ha mantenido hasta los años actuales.

De la producción nacional de *B*. *rousseauxi* el 90% de los desembarcos proviene del *río* Orinoco (Novoa, 2002), alcanzando en la región Caicara-Cabruta una importancia de entre 0,9 y 8,8% de la captura total, dependiendo del ciclo hidrológico anual del r*í*o (González, 2010a); importancia que se ha mantenido en la región desde los años ochenta aproximadamente (Novoa *et al*., 1984; González, 2002; González, 2010a).

Probablemente el incremento de la captura de ejemplares relativamente pequeños a partir del año 1989, cuando se estableció legalmente la disminución de la luz de malla de las redes de ahorque para la captura de *B*. *rousseauxi* (Novoa, 2002), podría haber afectado la sostenibilidad del recurso y contribuido a la disminución de la producción observada durante los últimos años. De allí que se consideró necesario conocer el nivel actual de explotación de la especie en la región Caicara-Cabruta del río Orinoco, una de las más importante en cuanto a producción de pesca continental en el país, y su evaluación con relación a la que produce el máximo rendimiento sostenible. En este sentido, la determinación de la edad y el crecimiento de *B*. *rousseauxi*, como objetivo principal del presente trabajo, se consideró una información básica para la aplicación de algunos modelos analíticos que permitirán evaluar el efecto sobre el rendimiento de la talla de primera captura que actualmente se aplica, además del esfuerzo de pesca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La edad se determinó mediante el método directo de lectura de los anillos de crecimiento en cortes transversales de la espina pectoral derecha de *B*. *rousseauxi*, previamente medidos en su longitud total (cm); utilizando una muestra única unisexual de 139 peces desembarcados mensualmente durante el 2008 por el puerto pesquero de Cabruta, como principal puerto de desembarco de la pesca artesanal de la región Caicara-Cabruta del río Orinoco (Figura 1), empleando redes de enmalle de 14 cm de luz de malla (González, 2010a).

La espina pectoral de *B*. *rousseauxi* fue seleccionada por comodidad para el estudio de la edad y el crecimiento de la especie, considerando que dicho estudio se realizó en peces desembarcados por la pesca artesanal, donde los muestreos de otolitos y vértebras, por ejemplo, son difíciles de realizar; además que los peces son desembarcados sin la espina dorsal, como otra estructura que pudo haberse utilizado. Sin embargo, la espina pectoral resultó ser una estructura aceptable para determinar la edad de la especie, por la relativamente fácil observación de los anillos de crecimiento y la correlación positiva entre su número y la longitud de los peces. En otras especies de bagres del Amazonas como *Sorubim lima* y *Hemisorubim platyrhynchos*, también se demostrado la factibilidad del uso de la espina pectoral para determinar la edad (Penha *et al*., 2004a y Penha *et al*., 2004b).

Antes de realizar los cortes cada espina fue lavada con agua de chorro, conservada en acetona comercial durante 24 horas y sumergida



Figura 1. Región Caicara-Cabruta del río Orinoco en Venezuela.

en agua caliente para remover el tejido externo (Penha *et al*., 2004a). Los cortes fueron hechos en el extremo inferior de la espina, a una distancia igual a la mitad del ancho de la base, utilizando una sierra metalúrgica de baja revolución y un disco de diamante de tres pulgadas.

Estos cortes fueron coloreados con azul de toluidina durante 30 minutos y luego lavados en agua a 26°C por 12 horas (Pérez y Fabré, 2003). El conteo y medición de los radios de los anillos de crecimiento se hizo desde el núcleo hasta el borde del corte, utilizando una lupa esteroscópica trinocular Motic SMZ 140/143 con una cámara adaptada Moticam 2300 conectada a un monitor. Aquellos cortes que presentaron zonas traslúcidas irregulares e incompletas fueron considerados como anillos falsos y no se tomaron en cuenta en el estudio (Penha *et al*., 2004a). Las mediciones se realizaron en cuatro cortes por espina, para seleccionar dos que presentaran medidas aproximadas.

Ante la anormalidad de la distribución de las medias de los radios en los anillos se utilizaron las medianas, las cuales fueron comparadas utilizando la prueba de Kruskall-Wallis (Sokal y Rholf, 1979). Esta prueba, también fue utilizada para relacionar los radios del primer anillo con la edad de los peces y evidenciar su posible reabsorción en los de mayor edad; considerándose que hubo reabsorción cuando las medianas de los peces de mayor edad fueron mayores que las medianas de los peces más jóvenes (Penha *et al*., 2004a y 2004b).

La pequeña cantidad de peces capturados mensualmente no permitió determinar la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento, a través de la comparación del promedio mensual del incremento marginal de las espinas; suponiéndose una periodicidad de formación anual, según lo demostrado por Muñoz-Sosa (1996) en algunas especies del G*énero Brachyplatystoma* del río Caquetá en Colombia y González *et al*. (2010b) en *Pseudoplatystoma fasciatum* del río Orinoco.

La determinación de la relación entre el radio del corte de la espina y la longitud de los peces, previa a la aplicación del retro-cálculo de la longitud a la formación de cada anillo (*Li*), dio un buen ajuste de los modelos de regresión potencial, exponencial y lineal a dicha relación (Sokal y Rholf, 1979); utilizándose los parámetros del modelo lineal por ser el más simple y la ecuación de Hile (Araya y Cubillos, 2002) para el retro-cálculo, por cuanto no requiere que la correlación entre el radio del corte de la espina y la longitud de los peces siga algún modelo en particular (Araya y Cubillos, 2002).

La ecuación de Hile estuvo representada por la función $Li = \left(\frac{a}{b}\right) + \left(L_c + \frac{a}{b}\right) * \left(\frac{Si}{Sc}\right)$ donde, *a* y *b* fueron respectivamente la intercepción y la pendiente de la regresión entre la longitud de

los peces y el radio del corte de la espina, L_c la longitud del pez durante la captura, S_c el radio del corte y S_i el radio de cada anillo i (Araya y Cubillos, 2002).

La presencia del fenómeno de Lee (Ricker, 1975) en las longitudes retro-calculadas de cada anillo también fue evidenciada por la prueba de Kruskall-Wallis, comparando las medianas de las longitudes retro-calculadas para cada anillo (edad) con la edad de los peces (Penha *et al*., 2004a). Cuando se presenta este fenómeno en una determinada especie, las longitudes retro-calculadas a cualquier anillo tienden a ser más pequeñas en los peces de mayor edad; implicando un cambio aparente en su tasa de crecimiento (Araya y Cubillos, 2002).

Los datos longitud–edad retro-calculados fueron utilizados para la estimación de los parámetros de crecimiento L_∞, K y t_o, a través del ajuste de la regresión no lineal del modelo de crecimiento de von Bertallanffy ($L\infty = (1 - e^{-k(t - to)})$); utilizando el método de máxima verosimilitud (Mateus y Petrere, 2004). El mismo procedimiento fue utilizado para determinar los parámetros de crecimiento a partir de los datos longitud-edad observados.

La longevidad promedio se calculó a través de la ecuación $A_{0,95} = t_o + \frac{2,996}{K}$, que estimó el tiempo promedio requerido para que los peces alcanzaran el 95% de L_∞ (Penha *et al*., 2004a). Los intervalos de confianza de K fueron utilizados para determinar los correspondientes a la longevidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La longitud de los peces estuvo comprendida entre 72 y 115 cm de longitud total, en los cuales se observaron entre dos y cinco anillos que presentaron diferencias significativas en las medianas de sus radios ($P<0,05$), como se observa en Figura 2.

Algunas veces hubo dificultad para identificar y medir los anillos recientemente formados en los peces de mayor edad, sin embargo, las lecturas que se hicieron en los peces de cinco años de edad pueden considerarse confiables, por cuanto la mayor dificultad generalmente se presenta en peces de más de seis años de edad (Casselman, 1983).

La mediana de los radios del primer anillo no presentó diferencias significativas entre los peces de diferentes edades, por lo tanto, no hubo evidencia de reabsorción de este primer anillo en los de mayor edad. La reabsorción del primer anillo es frecuente en algunos pimelodidos de mayor edad del río Amazonas (Penha *et al*., 2004a) y ha sido observado igualmente en *P. fasciatum* en el rio Orinoco (González *et al*., 2010b). En *B. rousseauxi* no se evidenció este fenómeno de reabsorción, posiblemente debido a que se analizaron ejemplares menores de cinco años de edad.

La mayoría de los peces (41,5%) presentaron dos anillos de crecimiento y una longitud promedio de 81,6 ± 5,4 cm de longitud total; mientras que en un 24,6% se observaron tres anillos, con una longitud promedio de 90,9 ± 2,3 cm de longitud total. Los de cuatro anillo fueron de igual porcentaje que los de tres (24,6%) y presentaron una longitud promedio de 101,3 ± 4,3 cm de longitud total; mientras que un 9,2% presentaron cinco anillos de crecimiento y una longitud promedio de 113,2 ± 1,9 cm de longitud total (Cuadro).

La mayor cantidad de peces muestreados ocurrió durante los meses de noviembre y diciembre, por ser la época del movimiento migratorio de *B. rousseauxi* desde el delta hasta la zona de confluencia de los ríos llaneros con el Orinoco donde aparentemente desova (Novoa, 2002). Considerando que la talla media de madurez sexual de la especies es de 88 cm de longitud total para las hembras y 79 cm de longitud total para los machos (Novoa, 2002), correspondientes a peces de dos años de edad, según los resultados, el predominio de peces de esa edad en los muestreos pudo estar relacionado con una mayor intensidad de la pesca sobre los stocks que migran desde el delta a esa edad para el desove; tal como ocurre en el Estuario Amazónico y las regiones de Santarem y Manaus del Amazonas en Brasil, donde la pesca de *B. rousseauxi* también actúa con mayor intensidad sobre peces de dos años de edad durante la migración (Alonso y Mergulhâo Pirker, 2005).

Probablemente la mayor cantidad de peces que migran desde el delta son los que maduran por primera vez a la edad de dos años, por cuanto

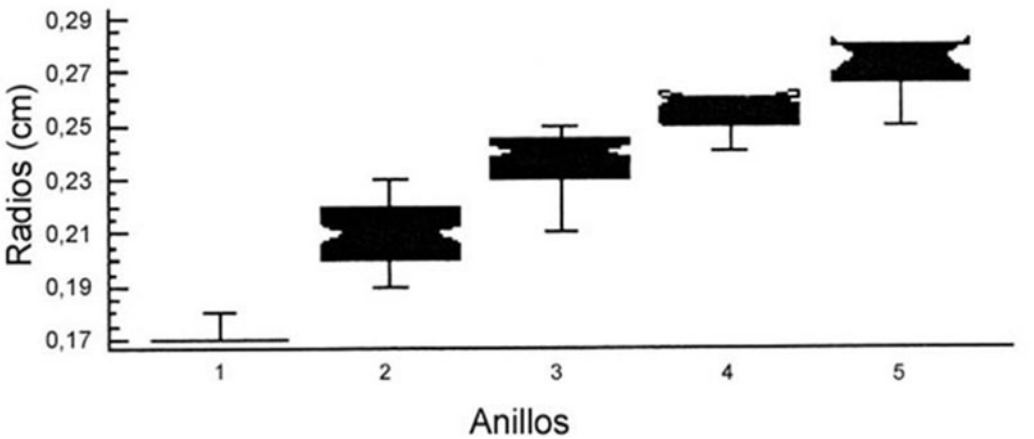


Figura 2. Medianas de los radios de los anillo de crecimiento de la espina pectoral de *Brachyplatystoma rousseauxi* en la región Caicara-Cabruta del río Orinoco en Venezuela.

los de mayor edad posiblemente se hacen residentes en la zona de desove, como ocurre en la región alta de la cuenca o áreas de influencia de Leticia en Colombia e Iquitos en Perú, donde los peces de dos o más años de edad se hacen residentes y no regresan al estuario (Barthem y Goulding, 1997; Alonzo y Fabré, 2005); sin embargo, esto es algo no comprobado para la cuenca del río Orinoco, al igual que la zona de desove de *B. rousseauxi*.

Ejemplares de *B. rousseauxi* entre dos y cinco años de edad también fue demostrado para la región Caicara-Cabruta durante los años ochenta, cuando se reportaron peces de longitudes comprendidas entre 59 y 103 cm de longitud a la furka (Novoa *et al*., 1984). Los peces de un año de edad se encuentran con más frecuencia en el Delta del Orinoco (Novoa, 2002), por lo que, aparentemente, la longitud edad de esta especie aumenta en la medida en que la pesca se realiza más lejos de la región del Delta; encontrándose los peces de mayor longitud-edad a nivel de la región Caicara-Cabruta (Novoa *et al*., 1984).

En el Amazonas, los ejemplares jóvenes de *B. rousseauxi* que no migran (<2 año) se encuentran en la región el Estuario, Manaus y en menor proporción en Tefé; mientras que en el área de influencia del puerto de Iquitos del Amazonas (Perú), como área de pesca más alejada del Estuario Amazónico, es donde se encuentran los ejemplares más grande de *B. rousseauxi* (Alonso y Fabré, 2005). En esta área del Amazonas *B. rousseauxi* alcanza un promedio de 92 cm de longitud a la horquilla, aproximadamente igual al promedio de 102 cm de longitud total de los peces desembarcados por la pesca artesanal de la región Caicara-Cabruta del río Orinoco.

El procedimiento del retro-cálculo permitió la estimación de la longitud de los peces a la formación del primer anillo, o peces de un año de edad; lo cual constituye una de las ventajas de este procedimiento, al no contar en la muestra con peces de un año de edad (Araya y Cubillos, 2002).

Las medianas de las longitudes retro-calculadas a cada anillo en los peces de mayor edad no presentaron diferencias significativas con relación a los de menor edad; no evidenciándose, por lo tanto, la presencia del fenómeno de Lee (Ricker, 1975). Sin embargo, se observó una tendencia a disminuir la longitud retro-calculada para cada anillo en los peces de dos y tres años (Cuadro), indicando, aparentemente, una disminución de la tasa de crecimiento en peces de estas edades, debido, posiblemente, a la mayor presión de pesca que sobre ellos se ejerce; principalmente sobre los de dos años durante la migración.

Según los datos longitud-edad del retro-cálculo, la longitud teórica máxima de *B. rousseauxi* fue

Cuadro. Promedio de las longitudes observadas y retro-calculadas por edad de *Brachyplatystoma rousseauxi* en la región Caicara-Cabruta del río Orinoco en Venezuela.

NO	PLO	Edad	LR_1	LR_2	LR_3	LR_4	LR_5
54	81,6	2	62,6	**74,8**			
32	90,9	3	62,4	76,9	**84,2**		
32	101,3	4	64,8	79,8	90,5	**96,3**	
12	113,2	5	65,6	82,3	90,1	97,8	**104,2**
NR			130	130	76	44	12

NO = Número de longitudes observadas
PLO = Promedio de longitud observada por edad
LR_n = Promedio de longitud retro-calculada a cada anillo n (edad)
Cifras en negrita = Promedio de la longitud retro-calculada a cada anillo n (edad)
NR = Número de longitudes retro-calculadas.

de L_∞ = 130,1 (118,9 – 141,3) cm de longitud total; con una rapidez de crecimiento de K = 0,233 (0,178 – 0,287) año^{-1} y un parámetro de condición inicial t_o = -1,872 (-2,217 – -1,528) años. La curva de crecimiento en longitud estuvo determinada por la ecuación L = 130,1 (1-e$^{-0,233(t + 1,872)}$), ver Figura 3, la cual, según el análisis residual, explicó la gran mayoría de los datos utilizados. De allí que aparentemente los posibles sesgos de los estimados del L_∞ y K fueron mínimos, aún cuando el modelo de crecimiento aplicado no tomó en cuenta explícitamente los efectos de algunos factores como la selectividad, la mortalidad natural y la mortalidad por pesca, los cuales, por lo general, tienden a subestimar y sobreestimar los valores de L_∞ y K (Taylor *et al*., 2005).

Las estimación de los parámetros de crecimiento a partir de los datos longitud-edad observados no describieron adecuadamente el crecimiento de *B. rousseauxi*, por cuanto se estimó una longitud teórica de L_∞ = 111,4 cm de longitud total, inferior a la longitud máxima observada de 115 cm de longitud total; algo considerado como biológicamente irreal. De allí que una mejor estimación (mayor precisión) de los parámetros de crecimiento se obtuvo a partir de los datos longitudes-edad retro-calculadas, quizás debido a que los datos longitud-edad observados no incluyeron los correspondientes a peces de un año de edad

El promedio de los valores de K indicaron un crecimiento relativamente lento de *B. rousseauxi* en la región Caicara-Cabruta del río Orinoco (Sparre y Venema, 1995); coincidiendo, aproximadamente, con los estimados para el sistema Solimoes-Amazonas en Brasil (0,330 año^{-1}) García *et al*., 2009; el río Caquetá en Colombia (0,220 año^{-1}) Córdoba *et al*., 2013 y la región de Iquitos en Perú (0,295 año^{-1}), Alonzo y Fabré, 2005; aun considerando que comparar directamente por separado los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy entre estas regiones puede conducir a conclusiones erróneas (Córdoba *et al*., 2013).

La longevidad promedio de *B. rousseauxi* fue de 11 años de edad, con un intervalo de confianza comprendido entre 9 y 15 años; una longevidad considerada como relativamente alta y aproximada a la estimada para la región de Iquitos en Perú (entre 9 y 11 años) Alonzo y Fabré, 2005, el río Caquetá en Colombia (entre 11 y 13 años) Córdoba *et al*., 2013 y el Sistema Solimoes-Amazonas en Brasil (8,5 años) García *et al*., 2009.

Algunas características de *B. rousseauxi* como el tamaño relativamente grande que alcanza, su elevada fecundidad y carácter migratorio, podrían señalarla como una especie resistente a la explotación pesquera (Winemiller, 2005); sin embargo, el hecho de presentar de una muy baja a una baja productividad debido a su crecimiento relativamente lento y alto promedio de longevidad

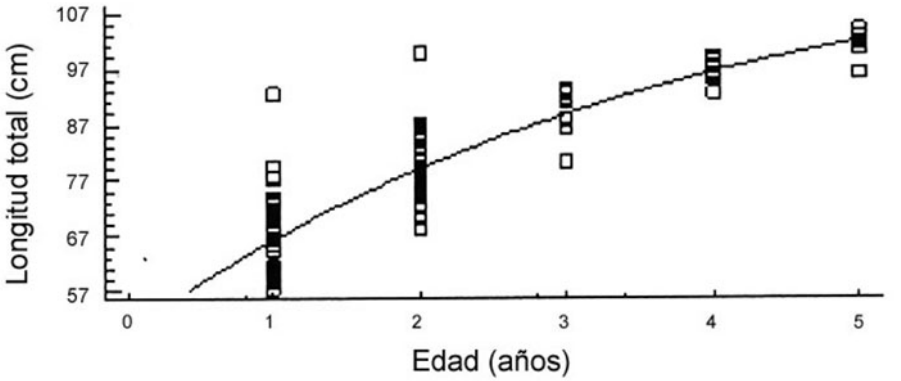


Figura 3. Curva de crecimiento en longitud de *Brachyplatystoma rousseauxi* en la región Caicara-Cabruta del río Orinoco en Venezuela.

(Musick, 1999), la ubica preferentemente entre aquellas especies altamente susceptible a las actividades pesqueras.

La alta susceptibilidad de *B. rousseauxi* a las acciones pesqueras, unido a su posible vulnerabilidad a la degradación del hábitat y a la construcción de represas por su carácter migratorio, la convierte en un recurso requerido de estrictas estrategias de manejo para su conservación. Estas estrategias deberían aplicarse de manera diferentes en tres posibles unidades de manejo que incluirían la región del Delta como zona de crecimiento, el canal principal entre Ciudad Bolívar y Caicara del Orinoco durante la migración, y la zona de confluencia del Apure y demás ríos llaneros con el Orinoco, donde la especie aparentemente se reproduce y residen los reproductores; sin embargo, lo señalado debe comprobarse con más investigaciones, por cuanto la información que se tiene es relativamente escasa.

CONCLUSIONES

Según el número de anillos en la espina pectoral de *Brachyplatystoma rousseauxi* en la región Caicara-Cabruta del río Orinoco, la edad está comprendida entre dos y cinco años de edad, con predominio de los peces de dos años; rango de edad que parece ser característico de la región, según los resultados de otras investigaciones.

En esta región del río Orinoco *Brachyplatystoma rousseauxi* alcanza longitudes relativamente altas a un ritmo de crecimiento relativamente lento; características que permitieron estimar una longevidad promedio también relativamente alta.

El crecimiento relativamente lento y el alto promedio de longevidad hacen de *Brachyplatystoma rousseauxi* una especie de entre una muy baja y baja productividad y, por lo tanto, ubicada entre aquellas especies altamente susceptible a las actividades pesquera, y necesitadas de adecuadas medidas de administración pesquera.

LITERATURA CITADA

Alonso, J. C. y N. N Fabré. 2005. Definición del stock pesquero del dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) en la cuenca Amazónica a través de su estructura por edades. **En:** Renno J. F., C. García, F. Duponchelle y J.Núñez (Ed). Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonia y Piscicultura. Comunicaciones del Primer Coloquio Internacional de la Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica, Iquitos, Perú, pp. 36-41.

Alonso, J. C. e E. Mergulhâo Pirker, 2005. Dinâmica populacional e estado actual da exploracâo de piramutaba e de dourada. **En**: Fabré N.N y R.B. Barthem (Ed). O manejo da pesca dos grandes bagres migradores Piramutaba e Dourada no Eixo Solimões-Amazonas. Proyecto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea ProVárzea, Manaus, Capítulo 2, pp. 21-28.

Araya, M. y L. Cubillos. 2002. El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. Gayana, 66(2): 161-179.

Barthem, R. and M. Goulding. 1997. The catfish connection. Columbia Press. New York.

Barbarino, A., J. Ramírez, C. Contreras, J. Alvarado, A. Pérez, O. Castillo, O. Ortega, A. González, A. Martínez, G. Hernández y A. Silva. 2012. Evaluación y propuesta de manejo de las pesquerías más importantes de la Orinoquia Venezolana, con énfasis en el ciclo reproductivo, dinámica poblacional y contenido de metales pesados y organoclorados en la musculatura de los grandes bagres del genero *Brachyplatystoma*. Proyecto del Plan para el Desarrollo Sustentable de la Pesca Continental Nacional. Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 48 p.

Casselman, J. M. 1983. Age and growth assessment of fish from their calcified structures -techniques and tools. NOAA Techn. Report. NMFS, 8: 1-17.

Córdoba, E. A., A. V. J. León, C. A. Bonilla-Castillo, M. Petrere Junior, M. Peláez and F. Duponchelle. 2013. Breeding, growth and exploitation of *Brachyplatystoma rousseauxii* Castelnau 1855 in the Caqueta River, Colombia. Neotrop. ichthyol. 11(3): 637-647.

García, A., J. C. Alonso, F. Carvajal, J. Moreau, J. Núñez, J.-F. Renno, S. Tello, V. Montreuil and F. Duponchelle. 2009. Life-history characteristics of the large Amazonian migratory catfish *Brachyplatystoma rousseauxii* in the Iquitos region, Peru. Journal of Fish Biology, 75: 2527-2551.

González, A. R. 2002. Dinámica poblacional de la curvinata de río *Plagioscion squamosissimus* (Pisces: Sciaenidae) en la región del Orinoco medio. Tesis de Maestría en Ciencias Marinas, Mención Biología Pesquera, Instituto Oceanográfico de Venezuela, UDO, Cumaná, Venezuela.

González, S. A. R. 2010a. Dinámica poblacional del bagre dorado *Brachyplatystoma rousseauxii* en el sector Caicara-Cabruta del Orinoco en Venezuela. Trabajo de Ascenso, Instituto Limnológico, UDO, Caicara del Orinoco, estado Bolívar, Venezuela. 41 p.

González, S. A. R., J. Mendoza, F. Arocha y A. Márquez. 2010b. Edad y crecimiento del bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* del Orinoco medio en Venezuela. Zootecnia Trop., 28(2): 283-290.

Hoyos, C., D. López y R. Fontiveros. 2012. Principales especies de peces comerciales del eje Orinoco-Apure (Guía de campo). 2da. Edición. Instituto Socialista de la Pesca y Acuicultura (INSOPESCA). Caracas, Venezuela.

Lundberg, J. G. and M. W. Litmann. 2003. Pimelodidae (Long-whiskered catfish). **In.** Reis R.E., S.O Kullander and C.J Ferraris (eds). Checklist of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre, EDIPUCRS, Brasil. pp. 432-446

Mateus, L. A. F. and M. Petrere Jr. 2004. Age, growth and yield per recruit analysis of the pintado *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829) na bacia do rio Cuibá, Pantanal de Mato Grosso, Brasil. Braz. J. Biol. 64(2): 257-264.

Muñoz-Sosa, D. L. 1996. Age structure and explotation of Giant Catfish populations (*Brachyplatystoma spp.*) in the Lower Caqueta River, Colombia. Master thesis, College of Environmental Science and Forestry, State University of New York, USA. 100 p.

Musick, J. A. 1999. Criteria to define extinction risk in marine fishes. Fisheries, 24(12): 6-14.

Novoa, D. F., F. Ramos y E. Cartaya. 1984. Las pesquerías artesanales del Río Orinoco, Sector Caicara-Cabruta. Parte I. Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle. 121(44): 163-215.

Novoa, D. F. 2002. Los recursos pesqueros del eje fluvial Orinoco-Apure: Presente y Futuro. Ministerio de Agricultura y Tierra, INAPESCA, Caracas. 148 p.

Penha, J. M. F., L. A. F. Mateus and G. Barbieri. 2004a. Age and growth of the duckbill catfish (*Sorubim lima*) in the Pantanal. Braz. J. Biol. 64(1): 125-134.

Penha J. M. F., L. A. F. Mateus and G. Barbieri. 2004b. Age and growth of the porthole shovelnose catfish (*Hemisorubim platyrhynchos*) in the Pantanal. Braz. J. Biol. 64(4): 833-840.

Pérez A. and N. M. Fabré. 2003. Selection of calcificated structure for aging of the piracatinga *Calophysus macropterus* Lichtenstein (Siluriformes: Pimelodidae) in the Central Amazon, Brazil. Acta Amaz. 33(3): 499-514.

Ricker, W. E. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 191(1): 382.

Sokal R. R. y F. J. Rohlf. 1979. Biometría, Principios y Métodos Estadísticos en la Investigación Biológica. H. Blume Ediciones, Rosario, Madrid. 1ra Ed. Español. 832 p.

Sparre, P. y S. C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO. Doc. Tec. Pesca. 306/1. Rev.1. 420 p.

Taylor, N. G., C. J. Walters and S. J. D. Martell. 2005. A new likelihood for simultaneously estimating von Bertalanffy growth parameters, gear selectivity, and natural and fishing mortality. Can. Journal Fish. and Aquatic Scienc., 62: 215-223.

Winemiller, K. O. 2005. Life history strategies, population regulation, and implications for fisheries management. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 62: 872-885.

Zootecnia Trop., 33 (2): 163-172. 2015

Efecto de la transferencia de un embrión sobre la prolificidad y la fertilidad de cabras apareadas previamente

Effect of the transfer of one embryo on the prolificacy and the fertility of goats previously mated

Ogilvio Sánchez Rosas[1*], Rubén D. Martínez Rojero[2], Rosendo Cuicas Huerta[1], Elías Hernández Castro[1], Francisco Palemón Alberto[1], Octavio Mejía Villanueva[3]

[1]Universidad Autónoma de Guerrero (UAG). Maestría en Sistemas de Producción Agropecuaria (MSPA). Iguala, Guerrero, México. Correo electrónico: ogilvio@hotmail.com. [2]Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), Iguala, Guerrero, México. [3] Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ). Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina (CEIEPO). México.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar si la transferencia de un embrión a cabras previamente servidas por monta natural conduce a un incremento de la prolificidad y la fertilidad, se llevó a cabo el presente estudio en el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, en Iguala, Gro., México a 18º 15´ LN con clima Aw0 (w) (i') g. Los tratamientos evaluados fueron: Grupo MN + TE (n=14), cabras servidas por monta natural a las que se les transfirió un embrión en fresco el día 6 post-estro; Grupo TE (n=8), hembras a las que se les transfirieron en fresco dos embriones, y Grupo MN (n=16), cabras que fueron servidas por monta natural. Se utilizó un análisis de varianza y las pruebas de Ji Cuadrada y Exacta de Fisher. La tasa de fertilidad fue igual (P>0,05) entre los Grupos MN + TE (71,4%), TE (75.0%) y MN (81,2%); mientras que el índice de prolificidad de 2,2 ± 0,6 cabritos por hembra parida observado en el Grupo MN + TE, fue mayor (P<0,05) a los índices de 1,5 ± 0,5 y de 1,4 ± 0,5 crías por cabra parida registrados en los Grupos TE y MN, respectivamente, sin encontrarse diferencias (P>0,05) entre los dos últimos grupos evaluados. Se concluye que la transferencia de un embrión a cabras previamente servidas por monta natural tiene un efecto positivo sobre la prolificidad, sin que se afecte la fertilidad subsecuente.

Palabras clave: fertilidad, embrión transferido, cabras gestantes.

ABSTRACT

In order to evaluate if one embryo transferred to goats previously served for natural mating lead to an increase in the prolificacy and the fertility, a study was carried out in the Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, in Iguala, Gro., Mexico, at 18º 15´ N with Aw0 (w) (i') g climate. The treatments evaluated were: NM + ET Group (n=14), goats served for natural mating that received one fresh embryo transferred 6 d later; ET Group (n=8), females that received two fresh embryos transferred; and NM Group (n=16), goats served for natural mating. Data were analyzed using the Chi-Square and Fisher tests and analysis of variance. Fertility rate was similar (P>0.05) among NM + ET (71.4%), ET (75.0%) and NM (81.2%) groups; whereas the prolificacy index of 2.2 ± 0.6 kids for doe kidding observed in the Group NM + ET was greater (P<0.05) that the prolificacy index of 1.5 ± 0.5 and 1.4 ± 0.5 kids for goat kidding registered for the ET and NM Groups, respectively; no difference was found (P>0.05) between these groups. We conclude that if one embryo is transferred to goats previously served for natural mating it has a positive effect on the prolificacy, without affecting the subsequent fertility.

Key words: fertility, embryo transfer, pregnant goats.

Recibido: 17/06/14 Aprobado: 16/11/15

INTRODUCCIÓN

Tras años de aplicación práctica, la técnica de Transferencia de Embriones (TE) se ha convertido en una herramienta básica en el manejo reproductivo y productivo del ganado y en pequeños rumiantes ha favorecido la propagación de descendencia de hembras genéticamente superiores sin riesgo de transmisión de enfermedades, la introducción de nuevas razas mejoradas y el aumento de partos múltiples en animales de registro (Cognie *et al*., 2003; Menchaca *et al.,* 2009). Sin embargo, la variabilidad observada en los resultados obtenidos para la superovulación en las hembras donadoras y para la supervivencia de los embriones en las receptoras, son factores que han impedido que esta tecnología pueda ser aplicada en forma rutinaria en las explotaciones caprinas (Cognie *et al*., 2003; Menchaca *et al*., 2009; Oyuela y Jiménez, 2010).

Entre las razones por las que el embrión puede morir, están la producción de bajas cantidades de interferón *tau* (IFN-T), o tener algún grado de degeneración al momento en el que deban emitir esta señal de reconocimiento de la preñez hacia el endometrio, para desencadenar la inhibición de la expresión de los receptores para estrógenos y oxitocina y bloquear la vía de síntesis de la prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$), evitando mediante este mecanismo la lisis del cuerpo lúteo (CL) (Olivera y Ferrugem, 2009; Juárez y Valencia, 2009; Gonella *et al*., 2010).

Se ha documentado que el reconocimiento de la gestación en la cabra ocurre a partir del día 15 después del servicio por efecto del IFN-T, mientras que el CL sufre regresión el día 16 por acción de la $PGF_{2\alpha}$, por lo que el embrión debe ser preciso en emitir su mensaje antiluteolítico para poder ser reconocido por la madre (Gnatek *et al.*, 1989; Gonella *et al*., 2010). Considerando lo anterior, es posible postular que el índice de prolificidad pudiera verse incrementado al transferir un embrión en cabras que han sido apareadas previamente sin que se afecte la fertilidad, al suponer que el embrión propio ya ha ejercido el control sobre los mecanismos involucrados en el reconocimiento de la preñez, de tal forma que al momento de colocar el embrión ajeno en el útero, se encuentre circunscripto en un medio apto que facilite su implantación. Además, no existe evidencia de que un blastocisto transferido a un útero gestante, pudiera ejercer alguna influencia inhibitoria sobre el mecanismo de implantación de un blastocisto procedente de un apareamiento natural que se encuentre cerca de él (Ferrugem, 2009).

En este sentido, con la finalidad de producir un mayor número de crías, se ha evaluado en bovinos la posibilidad de obtener partos múltiples transfiriendo un embrión ajeno de manera sincrónica, a vacas receptoras que gestan el embrión propio, en comparación con receptoras convencionales, sugiriendo que este fenómeno pudiera asociarse con una mejora en su supevivencia (Guerra-Martínez *et al*., 1990; Silva *et al*., 2000; Dahlen *et al*., 2012; Do-Joong *et al*., 2012). No obstante, existen similitudes en los mecanismos que rigen el reconocimiento materno de la gestación entre los rumiantes domésticos (Olivera y Ferrugem, 2009; Gonella *et al*., 2010), hasta ahora no se han realizado, en cabras, estudios similares orientados a incrementar el número de partos múltiples. Considerando lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar si la transferencia de un embrión a cabras apareadas previamente conduce a un incremento de la prolificidad sin afectar la fertilidad subsecuente, en comparación a la monta natural, o al protocolo tradicional de transferencia de dos embriones a receptoras vacías.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), localizado en el municipio de Iguala, Estado de Guerrero, al sureste de la República Mexicana. El CSAEGRO se ubica a 630 m.s.n.m. con coordenadas 18º 15' 52" Latitud Norte y 99º 38' 52" Longitud Oeste, con una precipitación de 797 mm, temperaturas máxima y mínima de 40 y 10 ºC, respectivamente, y con clima Aw_0 (w) (i') g, que corresponde al más seco de los climas cálidos sub-húmedos de sabana, con lluvias en el verano y sin estación invernal definida, de acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1988).

El estudio se llevó a cabo durante el mes de octubre y se utilizaron cinco sementales de fertilidad comprobada en empadres anteriores;

tres de la raza Nubia y dos Criollos de pelaje blanco. Además se incluyeron 43 cabras de dos variedades mestizas de la región que tenían entre 3 a 4 partos, con al menos tres meses de haber parido y que se encontraban ciclando al momento de iniciar la investigación. Tanto los machos como las hembras se encontraban clínicamente sanos y en condición corporal de 3,0, en una escala de 1 a 5 (Honhold *et al*., 1991).

El propósito de utilizar para el estudio dos grupos de caprinos Criollos fenotípicamente diferentes, fue el de poder distinguir a su progenie por medio del color de su pelaje, toda vez que se ha documentado que en la cabra los colores blanco y bayo son dominantes sobre los pelajes oscuros (Adalsteinsson *et al*., 1994). Uno de los grupos mestizos locales provenía de un rebaño traído de los valles centrales de la Región Norte del estado de Guerrero descendiente de cabras Murciano Granadinas y que fenotípicamente se caracterizan por presentar una capa de pelaje oscuro y negro, como consecuencia del alto grado de mestizaje que han tenido los rebaños de esa región con sementales de la raza Nubia (Martínez *et al*., 2000).

El otro grupo mestizo, provenía de cabras blancas de la Sierra Madre del Sur, de rebaños Criollos criados en trashumancia en la región de "Filo de Caballo", que se han mantenido aislados y sin cruzarse con otros genotipos mestizos locales. El color del pelo de esta cabra, que se cree que es descendiente directa de la Celtibérica española, es blanco o crema (Martínez-Rojero *et al*., 2013) y se le conoce en la zona como "blanca serrana" (Arbiza, 1986; Martínez-Rojero *et al.,* 2013).

El rebaño experimental se mantuvo bajo condiciones de semi-estabulación, con las hembras separadas de los machos pastoreando durante la mañana y parte de la tarde (07:00 a 14:00 h) en praderas con pasto Estrella de Santo Domingo (*Cynodon nlemfunensis*). Por el resto del día y durante la noche, el rebaño permaneció en estabulación dentro de corrales techados, en donde se les suministró ensilado de maíz *ad libitum*, más 200 g de concentrado comercial (12% de PC y 3.500 kcal de ED) por cabra. Los animales fueron desparasitados interna (bencimidazoles) y externamente (organofosforados), inmunizados contra pasteurelosis y problemas digestivos con bacterina mixta. Por otra parte, recibieron vía parenteral una dosis de vitaminas ADE (2 mL). Las cabras fueron identificadas con aretes y se organizó un expediente con los registros individuales de cada una de ellas.

De las cabras con pelaje oscuro, se seleccionaron cinco como donadoras de embriones, de acuerdo con las siguientes características: hembras que registraron los pesos más altos al nacimiento de sus crías, y con peso corporal y alzada superior al promedio del rebaño. Estas cabras fueron servidas por machos de la raza Nubia; en tanto que el resto del hato fue utilizado para integrar los siguientes tratamientos, de acuerdo al número de embriones disponibles:

Grupo monta natural (MN; testigo positivo): se utilizaron 16 hembras de pelaje oscuro que fueron servidas por monta natural con los machos de la raza Nubia.

Grupo transferencia de embriones (TE; testigo negativo): se utilizaron 8 hembras de pelaje oscuro, a las que se les transfirieron dos embriones producto del cruce de donadoras de pelo oscuro x macho de la raza Nubia, de acuerdo al protocolo rutinario (Ishwar y Memon, 1996; Mejía, 1997).

Grupo MN + TE: se conformó de 14 hembras con pelaje blanco que fueron servidas por monta natural por machos blancos mestizos, con el propósito de obtener progenie con capa de pelo claro. El día 6 post-estro se les transfirió a las cabras de este grupo un embrión obtenido del cruce de donadoras de pelaje oscuro x machos de la raza Nubia.

Las cabras que recibieron monta natural se sincronizaron en estro mediante el uso de esponjas intravaginales con 20 mg de acetato de flurogestona (FGA; Chronogest®-CR, *Animal Health*), las cuales fueron retiradas el día 13 después de su inserción. Las cabras donadoras también fueron sincronizadas en estro utilizando el mismo tipo de esponjas. Para inducirles superovulación recibieron dosis decrecientes de FSH porcina (FSH-P; Folltropin®-V, Vetrepharm, Canada, Inc.) administradas por vía intramuscular los días 11 (AM 30 mg y PM 30 mg), 12 (AM 30 mg y PM 30 mg), 13 (AM 20 mg y PM 10 mg) y 14 (AM 10 mg y PM 10 mg) después de colocada

la esponja. Treinta y seis a 48 h después de la remoción de la esponja, se realizó la detección diaria de estros utilizando machos receladores provistos de un arnés, siendo las cabras servidas por sementales de raza Nubia el mayor número de veces posible mientras presentaron celo. Se consideró la monta a las 24 h de la remoción de la esponja como el día cero del ciclo. Doce horas después de la última monta se les colocó una esponja intravaginal adicional con FGA, la cual fue removida al momento de la recolección de los embriones.

Las cabras donadoras estuvieron en ayunas antes de la cirugía y los embriones se colectaron por medio de laparotomía medio-ventral el día 6 del ciclo. Se les indujo anestesia disociativa utilizando clohidrato de xilazina al 2% vía intramuscular (0,20 mg/kg de peso vivo; Xilazina 2%®, Lab. Cheminova de México, S.A. de C.V.), más clohidrato de ketamina por vía intravenosa (1 mg/kg de peso vivo, Ketamina®, Lab. Cheminova de México, S.A. de C.V.) 10 min después. Se rasuró, lavó y desinfectó la región abdominal, para posteriormente realizar una incisión de aproximadamente 4 cm de largo sobre la línea media, a 3 cm craneal a la ubre. Se exteriorizaron el útero y los ovarios con el fin de observar la cantidad y apariencia de los CL presentes, para determinar la respuesta a la superovulación.

Posteriormente, se procedió a lavar cada cuerno uterino por separado con un medio comercial formulado para tal fin (*Complete Flush Solution*®, Vigro), utilizando una sonda de Foley (calibre 10 Fr; Sonda Foley Adex®, Productos Adex, S.A. de C.V.) que se introdujo en la base de cada uno de los cuernos uterinos mediante una punción con un catéter intravenoso (14G x 5½”), para recuperar el medio de lavado. A través de otro catéter intravenoso (18G x 1¼”) que fue insertado en la punta del cuerno uterino se administraron 60 mL de medio de lavado, el cual fue colectado en un filtro concentrador (Em Con Filter®, Immuno System, Inc.). Concluida la recolección de los embriones, se regresó el útero a la cavidad abdominal y se suturó la incisión (Mejía, 1997). Los embriones fueron conservados en solución comercial de mantenimiento (*Holding Embriolife*®, Vitrocell) y evaluados en el microscopio estereoscópico (Microscopios Velab, Modelo VE-S0), para ser clasificados de acuerdo a su calidad morfológica. Fueron transferidos únicamente los embriones en estadio de mórula y de blastocisto, con calidad 1 y 2, clasificados como excelentes y buenos, respectivamente (Ishwar y Memon, 1996; Mejía, 1997).

Al igual que a las donadoras, a las cabras receptoras también se les sincronizó el estro y previo a la transferencia de embriones en fresco, fueron anestesiadas utilizando el mismo protocolo. Se rasuró, lavó y desinfectó la región abdominal anterior a la ubre y se realizaron dos incisiones a aproximadamente 3 cm craneal a la ubre y a 4 cm de la línea media de la pared abdominal, una a cada lado de ella. Antes de localizar el útero y los ovarios para proceder a su evaluación, se insufló la cavidad abdominal utilizando una aguja de Veress (Aesculap®). A través de una de las incisiones se insertó un trocar con cánula (5 mm de diámetro), por donde se introdujo un laparoscopio para localizar el ovario con el CL más desarrollado. En la otra incisión, también se insertó un trocar-cánula de 10 mm de diámetro, a través del cual se introdujeron a la cavidad abdominal unas pinzas de Babcock para retraer el cuerno uterino.

El protocolo de transferencia fue el siguiente: para el grupo MN + TE, la transferencia del embrión se hizo en el cuerno contralateral al ovario que contenía el CL y al grupo TE, los dos embriones se transfirieron en el cuerno ipsilateral al ovario que contenía el CL. Con este propósito, en el cuerno uterino seleccionado se hizo una pequeña punción con un catéter intravenoso (18G x 1¼”) para transferir los embriones por medio de una jeringa para insulina (1 mL) conectada a un catéter (3½ Fr). Finalmente, se regresó el cuerno uterino a cavidad abdominal y se suturaron las incisiones (Ishwar y Memon, 1996).

Cinco meses después se registró la ocurrencia o no del parto, el número de cabritos por hembra parida, así como el color del pelaje de las crías para determinar de esta manera, en el caso del grupo MN + TE, si provenían de monta natural o del embrión transferido. Se utilizó un análisis de varianza de un diseño completamente al azar con la prueba de Tukey y las pruebas de Ji Cuadrada para homogeneidad de proporciones y Exacta de Fisher (Steel y Torrie, 1986).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra que la tasa de fertilidad fue igual (P>0,05) entre los grupos MN + TE (71,4%), TE (75%) y MN (81,2%); mientras que el índice de prolificidad fue más alto en el grupo MN + TE (2,2 ± 0,6 cabritos por parto; P<0,05), en comparación con los grupos TE (1,5 ± 0,5 crías por parto) y MN (1,4 ± 0,5 crías por parto), siendo la prolificidad igual (P>0,05) entre estos dos últimos grupos evaluados.

En el Cuadro 2, se presenta el número de partos simples, dobles y triples registrados en el experimento para cada grupo evaluado. Los resultados muestran que el grupo MN + TE tuvo un menor número de partos sencillos (10,0%) y una tasa más alta de partos triples (30,0%; P<0,05), en comparación a los grupos TE (simples = 50,0% y triples 0,0%) y MN (simples = 61,5% y triples = 0,0%). El porcentaje de partos dobles fue igual (P>0,05) entre tratamientos evaluados.

En relación a las cabras a las que les fueron transferidos embriones, una vez que se registraron los partos se observó que éstos presentaron una tasa de viabilidad similar (P>0,05) que fue de 57,14% y 56,25% para los grupos MN + TE y TE, respectivamente (Cuadro 3).

Fertilidad

Los porcentajes de fertilidad registrados en este estudio, para los tratamientos evaluados, concuerdan con lo informado en la literatura. Hafez (2002), menciona que la tasa de fertilidad para monta natural en cabras oscila alrededor del 85%; mientras que para programas de TE realizados en fresco, Caballero (1995) y Hernández-Ignacio *et al.* (2003) obtuvieron

Cuadro 1. Tasa de fertilidad e índice de prolificidad (promedio ± DE) registrados en los grupos monta natural más un embrión transferido en fresco (MN + TE), dos embriones transferidos en fresco (TE) y solo monta (MN).

Tratamiento	n	Cabras paridas	Cabritos nacidos	Fertilidad (%)*	Prolificidad
Grupo MN + TE	14	10	22	71,4 [a]	2,2 ± 0,6 [a*]
Grupo TE	8	6	9	75,0 [a]	1,5 ± 0,5 [b*]
Grupo MN	16	13	18	81,2 [a]	1,4 ± 0,5 [b*]

*Prueba de Ji Cuadrado (P>0,06); * Análisis de varianza, con prueba de Tukey (P<0,05).
[a,b]Valores entre renglones que no comparten el mismo literal, son estadísticamente diferentes.

Cuadro 2. Relación de partos simples, dobles y triples y número de cabritos obtenidos en los grupos: monta más un embrión transferido en fresco (MN + TE), dos embriones transferidos en fresco (TE) y solo monta natural(MN).

Tratamiento	n	Partos	Simples	Dobles	Triples	No. crías
Grupo MN + TE	14	10	1 (10,0%)[a*]	6 (60,0%)	3 (30,0%)[a*]	22
Grupo TE	8	6	3 (50,0%)[b*]	3 (50,0%)	0 (0,0%)[b*]	9
Grupo MN	16	13	8 (61,5)[b*]	5 (38,5%)	0 (0,0%)[b*]	18

*Prueba exacta de Fisher (P<0,05).
[a,b]Valores entre renglones que no comparten el mismo literal, son estadísticamente diferentes.

Cuadro 3. Viabilidad de embriones transferidos en fresco a cabras previamente servidas (MN + TE; un embrión por hembra) o a cabras receptoras vacías (TE; dos embriones por hembra).

Tratamiento	Embriones Trasnferidos	Embriones Viables	Tasa de Viabilidad
Grupo MN + TE	14	8	57,1 %
Grupo TE	16	9	56,2 %

*Prueba de Ji Cuadrado (P>0,05).

tasas de 63,63% y 62,5%, respectivamente. Por su parte, Mejía (1997) indica que en caprinos se ha encontrado que la fertilidad para TE en fresco varía de 70 al 80%.

Los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian que transferir un embrión en fresco en el cuerno uterino contralateral al CL, a cabras previamente servidas por monta natural (grupo MN + TE), no afectó su fertilidad subsecuente, si se compara con la tasa de fertilidad obtenida por el grupo MN. Esta situación denota que el medio uterino y los embriones propios no padecieron el efecto de la implantación del embrión ajeno, lo cual sugiere que el mecanismo de reconocimiento materno que normalmente ocurre en el proceso del establecimiento de la gestación (Thatcher *et al.*, 2001; Hansen, 2002; Gonella *et al.*, 2010), no se ve modificado por la presencia del embrión transferido. Por el contrario, Sinclair *et al.* (1995) señalan que, en bovinos, la viabilidad de un segundo embrión transferido en el cuerno uterino contralateral al ovario con el CL, puede ser altamente dependiente de la sobrevivencia de un embrión nativo alojado en el cuerno ipsilateral.

El embrión puede morir por producir cantidades insuficientes de IFN-T que no logren inhibir la luteólisis, por fallas genómicas o por tener algún grado de degeneración al momento en que debe darse la señal de reconocimiento de la preñez (Thatcher *et al.*, 2001; Hansen, 2002). Pero, no es posible establecer en este estudio si el embrión transferido interactúo en sinergia con el embrión local o si tal vez ejerció por si solo un efecto positivo sobre alguno de los mecanismos anteriormente descritos. En todo caso, como ya se mencionó, los resultados parecen indicar que el embrión ajeno no afectó el proceso de reconocimiento de la preñez.

En este estudio, al momento de transferir el embrión en el cuerno uterino contralateral al ovario que contenía al CL, a las cabras receptoras que gestaban uno o más embriones propios, se desconocía la ubicación de estos dentro del útero. Bajo estas circunstancias, ante la posibilidad de la ocurrencia de migración embrionaria, no es posible descifrar si los embriones propios y los transferidos que llegaron al término de la preñez, estuvieron próximos el uno del otro compartiendo el espacio uterino durante el periodo de pre-implantación, o si los *conceptus* (embrión y sus membranas asociadas) se distribuyeron de manera equidistante a lo largo de ambos cuernos uterinos.

Ferrugem (2009), indica que los embriones, al implantarse, se distribuyen a lo largo de los cuernos sin limitarse de espacio para inhibir su desarrollo. Esta migración dentro del útero es una estrategia importante para proveer suficiente espacio intrauterino en preñeces múltiples, dado que el espacio insuficiente ha sido considerado como un factor que contribuye a la mortalidad fetal en rumiantes domésticos (McMillan y Peterson, 1995).

En este sentido, y con el propósito de prevenir la ocurrencia de cualquier eventualidad adversa provocada por su distribución, la transferencia del embrión en el grupo MN + TE, se hizo en el cuerno opuesto al ovario que mantenía el CL más desarrollado, intentando evitar de esta manera cualquier confrontación con el embrión local, por mínima que fuese. Es posible especular entonces que esta situación pudo también haber contribuido a la continuidad de la preñez, ya que existen estudios que señalan que inicialmente el embrión debe cubrir físicamente una gran parte del endometrio materno (Hernández *et al.*, 2008) y se ha observado que el reconocimiento

materno de la gestación en ovinos, exige que el *conceptus* se alargue desde el blastocito a su forma tubular y luego filamentosa para que produzca IFN-T, que impide el desarrollo del mecanismo luteolítico endometrial (Spencer y Bazer, 2002) que, en comparación con otros rumiantes domésticos, en el caprino se ha observado que ocurre de manera más prematura (Cognie *et al*., 2003). Tomados en su conjunto, los resultados de este trabajo sugieren que no existió disputa entre los embriones propios y ajenos por el espacio uterino para su implantación, lo cual coincide con lo informado por Ferrugem (2009).

Por otra parte, se ha demostrado que la calidad y el grado de desarrollo del embrión ejercen una marcada influencia sobre los resultados de la TE (Cognie *et al*., 2003), y que al transferir un embrión cuyo desarrollo haya sido más rápido, este podría expresar más tempranamente los factores de reconocimiento de preñez, si se compara con un contemporáneo de menor desarrollo (Oyuela y Jiménez, 2010). Lo mencionado previamente está soportado por el trabajo de Block y Hansen (2007), quienes encontraron diferencias significativas en la secreción de IFN-T en embriones de diferente grado de desarrollo, estableciendo una correlación positiva entre el tamaño del embrión y la producción del interferón.

Considerando lo anterior, se puede especular que en el presente ensayo, la transferencia de los embriones el día 6 del ciclo, en estado de mórula o de blastocisto (calidades 1 y 2), se realizó en el momento adecuado, tanto en el grupo MN + TE, como en el grupo TE, lo cual puede ser convalidado por la viabilidad de los embriones (57,1% vs. 56,2%, respectivamente) y la fertilidad (71,4% vs. 81,2%, respectivamente) obtenida en ambos grupos (cuadros 1 y 3), resultados que se encuentran dentro de los rangos reportados en la literatura para caprinos (Caballero, 1995; Ishwar y Memon, 1996; Mejía, 1997; Hernández-Ignacio *et al*., 2003).

En la literatura no se encontraron estudios en cabras relacionados con la producción de gestaciones mixtas de embriones propios y ajenos. Pese a que, en ovejas a diferencia de lo encontrado en el presente estudio, Moor y Rowson (1966) en un trabajo primario, concluyeron que embriones transferidos tardíamente (días 12 al 14 del ciclo) a hembras preñadas, no solo fallaron en llegar al término sino que también fueron responsables de la interrupción de la gestación del embrión nativo en más del 50% de las receptoras.

Prolificidad

Los índices de prolificidad registrados en los grupos TE (1,5 crías por hembra parida) y MN (1,4 crías por hembra parida), son comparables a los publicados en la literatura. La prolificidad promedio para monta natural en cabras reportada por Hafez (2002) es de 1,5 cabritos por cabra parida; mientras que Mejía (1997), menciona que para la transferencia de dos embriones en fresco, este índice se encuentra dentro del rango de 1,26 a 1,77 cabritos/parto. Por su parte, Caballero (1995) y Hernández-Ignacio *et al*. (2003), encontraron índices de 1,42 y 1,5 cabritos por hembra al parto, respectivamente, al transferir también dos embriones en fresco.

En las 14 cabras que integraron el grupo MN + TE se registraron 10 partos (fertilidad de 71,4%): un parto sencillo (10,0%), seis dobles (60,0%) y tres triples (30,0%; cuadros 1 y 2). Es particularmente importante hacer notar que en el caso del parto simple el cabrito nacido (de pelaje blanco) fue producto del apareamiento natural y no del embrión transferido; lo que sugiere que el embrión ajeno sólo fue viable en gestaciones dobles o triples, ya que no se obtuvieron crías con este fenotipo de pelaje oscuro en los partos que no fueron múltiples. Lo anterior sugiere que en caso de no haber existido un embrión nativo, los transferidos no fueron capaces, por sí solos, de establecer una gestación, lo cual contrasta con lo informado por Armstrong y Evans (1983), quienes hacen mención de una prolificidad de 0,5 cabritos por hembra parida, al transferir un solo embrión en fresco a cabras vacías.

Como era de esperarse, en el grupo TE no se registraron partos triples, toda vez que únicamente se transfirieron dos embriones por cabra, en tanto que la proporción de partos simples (50,0 %) y gemelares (50,0 %) se encuentra dentro de lo reportado en la literatura para transferencia de dos embriones en fresco en caprinos (Armstrong y Evans, 1983;

Caballero, 1995; Ishwar y Memon, 1996; Mejía, 1997; Hernández-Ignacio *et al*., 2003).

En el caso del grupo MN + TE se observó un efecto positivo al transferir en fresco un embrión a cabras previamente servidas por monta natural, que condujo al incremento en la tasa de pariciones múltiples (2,2 crías/ parto), lo que, de acuerdo con el fenotipo de las crías, es atribuible al hecho de que el embrión transferido se implantó en un alto porcentaje en el útero de cabras donde existían anticipadamente embriones propios.

Como se mencionó previamente, esta estrategia no afectó la supervivencia del embrión nativo, pero sí contribuyó a que en más de dos tercios de las receptoras (8 de 10 cabras que parieron) se desarrollara un embrión adicional con un fenotipo diferente, que fue reconocible al momento del parto. En este sentido, si se hace un cálculo aritmético simple restando el embrión que le fue transferido a las cabras del grupo MN + TE, la prolificidad disminuiría de 2,2 a 1,4 crías/parto, que sería similar a la mostrada por el grupo cuyo apareamiento fue por monta natural (Cuadro 3).

Como consecuencia de lo anterior, en el grupo MN + TE, se registró el mayor porcentaje de partos múltiples (90,0%), en comparación a los grupos TE (50,0%) y MN (38,5%). No se encontraron estudios similares en la literatura revisada, pero en bovinos Penny *et al*. (1995) observaron que la transferencia no quirúrgica de un embrión fertilizado *in vitro,* al cuerno uterino contralateral al ovario que posee el CL en vacas inseminadas previamente, condujo a una tasa de preñez del 72%, con un índice de partos gemelares de 38,7%. A su vez, Do-Joong *et al.* (2012) informan que al transferir embriones en forma similar al del estudio anterior el día 7 después de la IA, las tasas de preñez y de partos dobles fueron de 82,6% y 62,7%, respectivamente. Por su parte, Sakaguchi *et al.* (2002), concluyeron que la tasa de sobrevivencia de embriones, incluyendo los nativos, no fue afectada por los transferidos, encontrando tasas de preñeces gemelares variables del 24 al 68%; mientras que Dahlen *et al.* (2012), también encontraron que el transferir un embrión en vacas el día 7 después de la inseminación, indujo a un incremento en la producción de partos dobles.

CONCLUSIONES

La transferencia en fresco de un embrión el día 6 del ciclo en el cuerno uterino contralateral al ovario que contiene el CL a cabras que recibieron monta previa, conduce a un incremento significativo en el número de partos múltiples, sin que esta condición afecte el reconocimiento de la preñez y la fertilidad subsecuente de las hembras receptoras gestantes.

LITERATURA CITADA

Adalsteinsson, S., P. Sponenberg, S. Alexieva and J. F. Russel. 1994. Inheritance of goat coat colors. J. Hered., 85(4):267-272.

Arbiza, A. S. 1986. Producción de Caprinos. 1ª Edición. Editorial AGT, S.A. México, D.F., México.

Armstrong, D. T. and G. Evans. 1983. Factors influencing success of embryo transfer in sheep and goats. Theriogenology, 19(1):31-42.

Block, J. and P. J. Hansen. 2007. Interaction between season and culture with insulin-like growth factor-1 on survival of in vitro produced embryos following transfer to lactating dairy cows. Theriogenology, 67(9): 1518-1529.

Caballero, G. V. 1995. Fertilidad de embriones frescos y congelados transferidos por laparoscopia en cabras. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 26 p.

Cognie, Y., G. Baril, N. Poulin and P. Mermillod. 2003. Current status of embryo technologies in sheep and goat. Theriogenology, 59(1): 171-188.

Dahlen, C. R., A. DiConstanzo, A. R. Spell and G. C. Lamb. 2012. Use of embryo transfer seven day after artificial insemination or transferring identical demi-embryos to increase twinning in beef cattle. J. Anim. Sci., 90(13): 4823-4832.

Do-Joong, Y., K. Gye-Woong, K. Kon-Joong, K. Dunk-Jung, K. Nam-Hyung and L. Jong-Wan. 2012. Effect of number of embryos transferred, the state of uterus and ovary on

pregnancy rates, and artificial induction of twins with Hanwoo IVF embryos. Reprod. Dev. Biol., 36(2):95-101.

Ferrugem, M. J. C. 2009. Implantación y placentación. **En:** Galina, C. y Valencia, J. (Ed.). Reproducción de Animales Domésticos. Tercera edición. Editorial Limusa. México, D.F., pp. 153-163.

García, M. E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, para adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., pp. 11-34.

Gnatek, G. G., L. D. Smith, R. T. Duby and D. Godkin. 1989. Maternal recognition of pregnancy in the goat: effects of conceptus removal on interestrus intervals and characterization of conceptus protein production during early pregnancy. Biol. Reprod., 41(4):655-663.

Gonella, D. A., H. Grajales y A. Hernández. 2010. Ambiente receptivo uterino: control materno, control embrionario, muerte embrionaria. Rev. MVZ Córdoba, 15(1):1976-1984.

Guerra-Martínez, P., G. E. Dickerson, G. B. Anderson and R. D. Green. 1990. Embryo transfer twinning and performance efficiency in beef production. J. Anim. Sci., 68(12): 4039-4050.

Hafez, E. S. E. 2002. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. Séptima edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México, D.F., 7ma Ed. pp. 177-198.

Hansen, P. J. 2002. Embryonic mortality in cattle from the embryo´s perspective. J. Anim. Sci., 80(E-Suppl2):E33-E44.

Hernández, V. A., A. Góngora., E. Jiménez, J. M. Rodríguez, E. Prieto, L. Chacón y F. Escobar, 2008. Reproducción en la Vaca Fisiología y Aplicaciones. Ed. UANL. 1ª Ed. pp. 7-115.

Hernández-Ignacio, J., R. D. Martínez, J. Pedrote, A. A. Mastache y O. Mejía. 2003. Evaluación de tres esquemas de superovulación para la transferencia de embriones en cabras criollas. **En:** XXXIX Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F., 27-31 octubre de 2003, 184 p. (Resúmenes).

Honhold, N., H. Petit and W. Halliwell. 1991. A condition score scheme for the Small East African goats in Zimbabwe. Trop. Anim. Health Prod., 21:121-127.

Ishwar, A. K. and A. Memon. 1996. Embryo transfer in sheep and goats: a review. Small Rumin. Res., 19(1):35-43.

Juárez, M. M. L. y J. Valencia. 2009. Transporte de Gametos y Fertilización. **En:** Galina, C. y Valencia, J. (Ed.). Reproducción de Animales Domésticos. Tercera edición. Editorial Limusa. México, D. F., pp. 127-152.

Martínez, R. R. D., A. A. Mastache y R. Soto. 2000. La cabra criolla de los Valles Centrales del Norte de Guerrero, México. Características fenotípicas. **En:** Memorias del V Congreso Iberoamericano de Razas Autóctonas y Criollas. La Habana, Cuba, 28 de noviembre al 1 de diciembre, 90 p. (Resúmenes).

Martínez-Rojero, R. D., G. Torres-Hernández y S. Martínez-Hernández. 2013. Caracterización fenotípica, productiva y reproductiva de la cabra Criolla del "Filo Mayor" de la Sierra Madre del Sur en el Estado de Guerrero. Revista Electrónica Nova Scientia, 6(1):25-44.

Mejía, V. O. 1997. Transferencia de embriones en pequeños rumiantes. **En:** Angulo, M. R., Cervantes, M. J. y Valencia, M. J. (Ed). Manejo reproductivo e inseminación artificial en pequeños rumiantes. Curso teórico-práctico. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., pp. 79-85.

Menchaca, A., M. Vilariño, M. Crispo, T. De Castro and E. Rubianes. 2009. New approaches to superovulation and embryo transfer in small ruminants. Reproduction, Fertility and Development, *22*(1):113-118.

McMillan, W. H. and A. J. Peterson. 1995. Evidence for a high frequency of embryo migration in cattle after uni-lateral twin embryo transfer. Theriogenology, 43(1):278 (abstract).

Moor, R. M. and E. A. Rowson. 1966. The corpus luteum of the sheep: functional relationship between the embryo and the corpus luteum. J. Endocrinol., 34(2):233-239.

Olivera, M. y J. C. Ferrugem. 2009. Gestación. **En:** Galina, C. y J. Valencia. (Ed.). Reproducción de animales domésticos. Tercera edición. Editorial Limusa. México, D. F., pp. 165-174.

Oyuela, L. A. y C. Jiménez. 2010. Factores que afectan la tasa de preñez en programas de transferencia de embriones. Rev. Med. Vet. Zoot., 57(3):191-200.

Penny, C. D., B. G. Lowman, N. A. Scott, P. R. Scott, S. Voelkel and D. A. Davies. 1995. Management aspects of induced twinning in beef suckled cows using *in vitro* fertilized embryos. Vet. Rec., 136(20):506-510**.**

Sakaguchi, M., M. Geshi, S. Harmano, M. Yonai and T. Nayai. 2002. Embryonic and calving losses in bovine mixed twins induced by transfer of *in vitro* produced embryos to bred recipients. Anim. Reprod. Sci., 72(3):209-221.

Silva, M. E., R. Gatica y T. E. Correa. 2000. Inducción de mellizos mediante la transferencia de un segundo embrión ipsilateral o contralateral al cuerpo lúteo en vacas cubiertas. Arch. Med. Vet., 32(1):41-48.

Sinclair, K. D., P. J. Broadbent, D. F. Dolman, R. G. Watt and T. S. Mullant. 1995. Establishing twin pregnancies in cattle by embryo transfer. Anim. Sci., 61(1):25-33.

Spencer, T. E. and W. Bazer. 2002. Biology of progesterone action during pregnancy recognition and maintenance of pregnancy. Frontiers in Bioscience: a Journal Virtual Library, 7: d1879-1898.

Steel, R. G. D. y H. Torrie. 1986. Bioestadística, Principios y Procedimientos. McGraw-Hill, México. 1ª Ed.

Thatcher, W. W., A. Guzeloglu, R. Mattos, M. Binelli, R. Hansen and K. Pru. 2001. Uterine-conceptus interactions and reproductive failure in cattle. Theriogenology, 56(9):1435-1450.

Zootecnia Trop., 33 (2): 173-182. 2015

Selección de método para determinar la condición nutricional en la langosta *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) en Cuba

Methodology selection for determining nutritional condition in lobsters *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) in Cuba

Alexander Lopeztegui Castillo* y Ulises Amador Marrero

Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP). Santa Fe, Playa, La Habana, Cuba. *Correo electrónico: sasha@cip.alinet.cu

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar, mediante el análisis comparativo de los resultados, la metodología no destructiva más adecuada para estimar la condición nutricional de la langosta *Panulirus argus* en Cuba. Los indicadores evaluados fueron: índice de refracción de la hemolinfa (IRH) y cuatro expresiones de la relación peso total-largo (KLt, KLc, KLc^3 y Klog). Las muestras se tomaron de las capturas comerciales de dos zonas: Golfo de Batabanó y Archipiélago Sabana-Camagüey. Los indicadores calculados fueron correlacionados entre sí y con el peso total (Pt) mediante el coeficiente de Spearman, y fueron comparados entre zonas y sexos mediante la prueba Kruskal-Wallis. Se efectuó además la regresión de cada indicador respecto al Pt. El IRH presentó la menor asociación y dependencia con el Pt, y parece reflejar mejor la condición nutricional al momento del muestreo. Los indicadores Klog y KLc^3 tuvieron bajas correlaciones y regresiones, y presentaron resultados ambiguos al comparar entre zonas y sexos. El estimador KLt resultó el más adecuado por la alta correlación y regresión con el Pt, seguido por KLc. La mayoría de los indicadores mostraron una condición nutricional mayor en el golfo, área sometida a menor impacto antrópico y con mejor estado de los pastos marinos y las comunidades zoobentónicas asociadas, que constituyen alimento potencial para las langostas. En ambas zonas los indicadores morfométricos (KLt, KLc, KLc^3 y Klog) mostraron mayor condición nutricional en los machos. El estimador IRH no detectó diferencias entre sexos por lo que éstas pudieran deberse al dimorfismo sexual.

Palabras clave: estado nutricional, metodología no destructiva, langosta, *Panulirus argus*.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine which nondestructive methodology is more adequate for estimating nutritional state of the lobsters *Panulirus argus* in Cuba. The indicators evaluated were Blood Refractive Index (BRI) and four different expressions of the total weight-length rate (KLt, KLc, KLc^3 and Klog). The analyzed commercial lobsters came from two areas: Gulf of Batabano and Archipelago Sabana-Camagüey. The Spearman Coefficient correlated the calculated indicators among them. In addition, those indicators were compared between zones and sexes applying the Kruskal-Wallis test. Regression analysis were applied among each indicator and the total weight (Pt). The BRI presented the smallest association and dependence with Pt, it seems to be more related with changes on animals at sampling moment. Klog and KLc^3 did not have a high value of correlation or regression and shown ambiguous result when comparing between sex and zone. Based on the high correlation and regression coefficients with Pt, the most appropriate indicator was KLt; followed by KLc. Most of the indicators showed that nutritional condition was significantly greater for lobsters in the gulf. The anthropogenic impact is lower in this area and then the seagrasses could have a better state, likewise the benthic communities (that constitute potential food for lobsters). Most of the morphometric indicators detected significant differences between sexes, being the greater value for males. On the contrary, the analytic index BRI did not detect these differences, which could be due to the sexual dimorphism that exists in this species.

Key words: nutritional status, nondestructive methodology, lobster, *Panulirus argus*.

Recibido: 30/06/14 Aprobado: 08/12/15

INTRODUCCIÓN

La langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille 1804) es económicamente el recurso pesquero más importante para Cuba. La condición o estado nutricional de estos crustáceos es el resultado del balance entre la energía que se ingiere y la energía que se gasta (Watts 2012), reflejando el grado en que los ejemplares han acumulado las sustancias de reserva que les permiten un normal desarrollo de las funciones fisiológicas y el crecimiento (Moore *et al*., 2000). Esta condición depende fundamentalmente de la disponibilidad de alimento y de la calidad del mismo (Lozano-Álvarez y Aramoni-Serrano 1996), factores que al menos en parte condicionan la abundancia y distribución de las langostas. Además, con una pobre condición nutricional se pueden ver afectadas la supervivencia, fecundidad, frecuencia de muda, tasa de crecimiento y hasta la conducta de estos animales (Thomas *et al*., 2003, Wahle y Fogarty 2006).

Los indicadores más frecuentemente utilizados para estimar la condición nutricional pueden separarse en analíticos y morfométricos (Briones-Fourzán *et al*., 2009). Los analíticos miden las variaciones de los compuestos metabólicos en diferentes tejidos (Musgrove 2001) e incluso cambios en el índice de refracción de la hemolinfa, el cual es directamente proporcional a la concentración de proteínas (Oliver y MacDiarmid 2001, Behringer y Butler 2006). El otro grupo de indicadores se basa en las relaciones morfométricas existentes entre distintas partes del cuerpo e incluso órganos como el hepatopáncreas (Castañeda *et al*., 2005, Briones-Fourzán *et al*., 2009); involucra por tanto a distintos estimadores de talla y peso (Oliver y MacDiarmid 2001, Behringer y Butler 2006, Briones-Fourzán *et al*., 2009, Lopeztegui *et al*., 2010).

Muchos de los métodos analíticos se encarecen pues requieren de laboratorios, equipamiento, y análisis complicados; además de un mayor tiempo de procesamiento. Los métodos morfométricos suelen ser más simples, rápidos y menos costosos. Otra característica a tener en cuenta para seleccionar la metodología a seguir, es que algunos de los indicadores tanto analíticos como morfométricos requieren de la destrucción de los ejemplares. Esto muchas veces no es deseable en la acuicultura o durante el trabajo con poblaciones pequeñas (Oliver y MacDiarmid 2001). En el presente estudio tampoco es factible el uso de métodos destructivos pues los individuos son tomados de las capturas comerciales, por lo que un elevado número de ejemplares de muestra traería consigo pérdidas económicas. Por tanto, el objetivo de este estudio es evaluar el uso de diferentes metodologías no destructivas para la determinación de la condición nutricional de langostas *P. argus*, en dos zonas de la plataforma cubana de pesca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el Golfo de Batabanó (G.B.), plataforma Suroccidental de Cuba, y en parte del Archipiélago Sabana-Camagüey (A.S.C.), plataforma Norcentral. En el G.B. se muestrearon ejemplares provenientes de seis subzonas (Quita Sol afuera, El Guayabo, Norte de Punta Arena, Norte de Cayo Matías, Sur de El Cabezo y Noreste de El Cabezo). En el A.S.C. se trabajó en dos subzonas: Panchita y Carahatas (Figura 1).

El Golfo de Batabanó es una plataforma de agua poco profunda (6m promedio), donde concurren dos ecosistemas principales: arrecifes coralinos y pastos marinos (Cerdeira-Estrada *et al.*, 2008). Los arrecifes se desarrollan fundamentalmente hacia los bordes de la plataforma y los pastos marinos en aguas interiores, donde los fondos son fango-arenosos, areno-fangosos o arenosos. En la plataforma Norcentral (A.S.C.), están representados todos los hábitats característicos de aguas marinas poco profundas. Es una zona donde el potencial turístico ha traído consigo la construcción de hoteles y obras hidrotécnicas que, junto a los elevados niveles de represamiento, han afectado en mayor o menor medida a los ecosistemas marinos.

Colecta de ejemplares

Los ejemplares fueron tomados de las capturas comerciales en el mes de septiembre del 2011. En A.S.C. se muestrearon 138 individuos (24 de Carahatas y 114 de diferentes áreas de Panchita). En el G.B. se registraron 25 ejemplares por cada subzona teniendo un total de muestra de

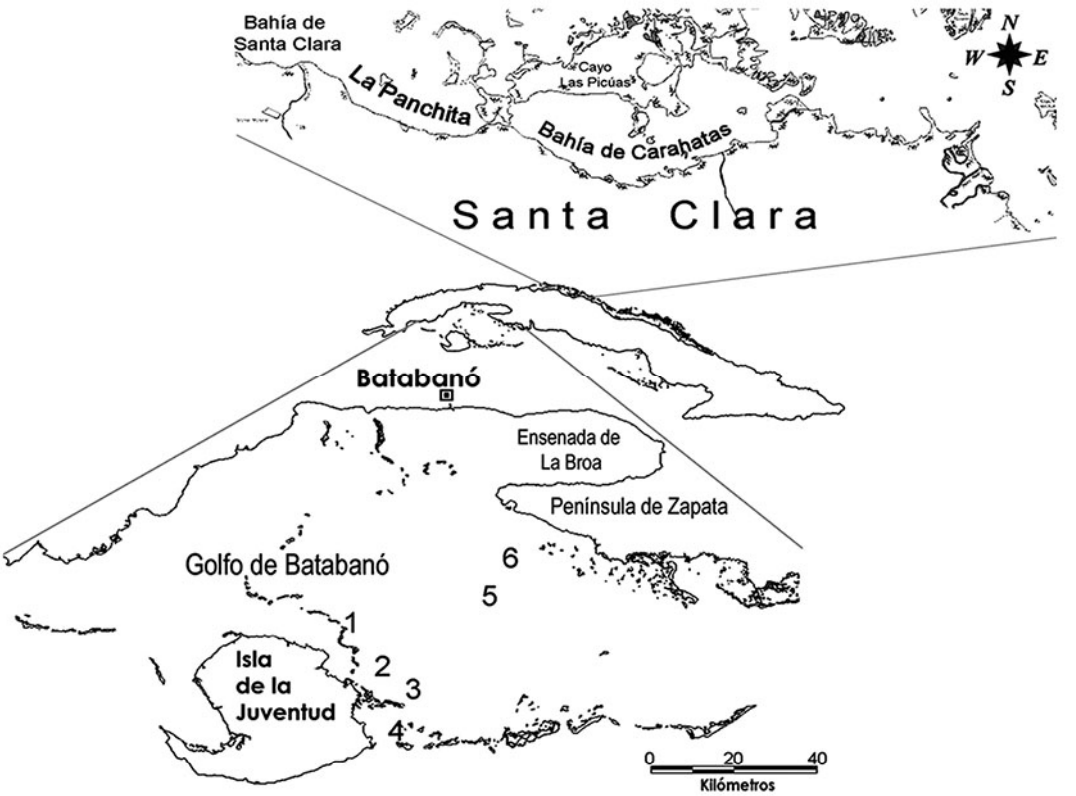


Figura 1. Ubicación geográfica de las dos regiones de estudio: Golfo de Batabanó y Archipiélago Sabana-Camagüey, y las respectivas subzonas muestreadas en cada región. 1: Quita Sol afuera, 2: El Guayabo, 3: Norte de Punta Arena, 4: Norte de Cayo Matías, 5: Sur de El Cabezo, 6: Noreste de El Cabezo.

150 individuos. A cada langosta se le determinó *in situ* el peso total (Pt) utilizando una balanza técnica (±1g); además se le midió la longitud del cefalotórax (Lc) con un medidor vernier (±1mm) y la longitud total (Lt) con una cinta métrica (±1mm) según lo referido por Lopeztegui *et al*. (2010).

La condición nutricional se estimó mediante cinco metodologías: 1-) KLc, calculada a partir de la relación Pt/Lc (Oliver y MacDiarmid 2001); 2-) KLt, calculada mediante la relación Pt/Lt (Lopeztegui *et al*., 2010); 3-) Klog, computada según la fórmula Klog=10 000 * log Pt/log Lc^3 (Díaz-Arredondo y Guzmán-del-Próo 1995); 4-) KLc^3, calculada según la relación Lc^3/Pt (Watts 2012); y 5-) la medición del Índice de Refracción de la Hemolinfa (IRH), que refleja la concentración de proteínas en el suero sanguíneo (Stewart y Li 1969, Moore *et al*., 2000).

La extracción de la hemolinfa para la determinación del IRH se realizó del seno pericárdico de las langostas, utilizando jeringas de 3 ml (Behringer y Butler 2006). Inmediatamente después de extraída la hemolinfa se puso en un refractómetro de mano para suero sanguíneo modelo Fisher Brix (0-50%) con el cual se determinó el IRH a temperatura ambiente. Además se determinó el sexo y el estadio de muda (intermuda, premuda y postmuda) de cada langosta según los criterios de Cruz (2002). Debido a que el IRH varía con los estadios de muda, para el empleo del mismo sólo se tuvieron en cuenta los individuos en intermuda (Oliver y MacDiarmid 2001).

Procesamiento estadístico

Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk's (W) para determinar la normalidad de los datos analizados, la cual fue rechazada para todas las variables. Por esta razón se aplicó estadística no paramétrica y se calculó el coeficiente de correlación de Spearman (r). Todos los

indicadores nutricionales fueron correlacionados entre sí y con el Pt (Oliver y MacDiarmid 2001), y los coeficientes de correlación obtenidos con el Pt, fueron comparados por pares de valores mediante la prueba de las diferencias. Se realizaron además regresiones lineales simples entre cada indicador y el Pt (utilizado siempre como variable independiente). La prueba de Kruskal-Wallis se utilizó para comparar cada indicador nutricional entre zonas y sexos. Todos los análisis se realizaron con significación α=0,05, utilizando *STATISTICA* 6.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las correlaciones realizadas entre los indicadores y el Pt resultaron significativas. Los valores más elevados de correlación se presentaron entre Pt-KLt seguido por Pt-KLc. Después, en orden decreciente de magnitud, sigue la única correlación negativa entre las realizadas con el Pt en ambas zonas (Pt-Klog), luego la correlación Pt-KLc^3 y por último los valores más bajos se obtuvieron en la correlación Pt-IRH. Estas correlaciones presentaron ese orden para ambas zonas. Al correlacionar los indicadores entre sí, el único resultado no significativo se obtuvo para la región del G.B. en la relación IRH-Klog, que fue además la de menor valor en esta zona. El valor más elevado se obtuvo para KLt-KLc en las dos zonas. El menor valor de correlación para el A.S.C., se obtuvo entre IRH-KLc. Las restantes asociaciones no siguen un patrón similar entre zonas (Cuadro 1).

Al comparar los coeficientes de correlación entre el peso total y los indicadores de condición nutricional calculados, se encontraron diferencias significativas en todos los casos excepto para el A.S.C. entre el coeficiente de correlación del KLt con el Pt y el coeficiente de correlación del KLc con el Pt (Cuadro 2).

Cuadro 1. Correlación de Spearman realizada entre el Pt y todos indicadores nutricionales, y entre estos últimos; para el Golfo de Batabanó y el Archipiélago Sabana Camagüey.

	G.B.	A.S.C.
Pt-IRH	0,2428*	-0,2005*
Pt-KLt	0,9927*	0,9936*
Pt-KLc	0,9831*	0,9926*
Pt-KLc^3	0,4559*	0,4180*
Pt-Klog	-0,8196*	-0,8864*
IRH-KLt	0,2701*	-0,1977*
IRH-KLc	0,2749*	-0,1752*
IRH-KLc^3	-0,1796*	-0,3344*
IRH-Klog	-0,0244	0,2954*
KLt-KLc	0,9843*	0,9879*
KLt-KLc^3	0,4359*	0,4186*
KLt-Klog	-0,8036*	-0,8827*
KLc-KLc^3	0,3355*	0,3254*
KLc-Klog	-0,7340*	-0,8342*
KLc^3-Klog	-0,8451*	-0,7701*

*coeficiente de correlación (r) significativo (P<0,05).

El coeficiente de regresión calculado entre el Pt y los diferentes indicadores fue significativo en todos los casos excepto para Pt-Klc^3 en el golfo. Las regresiones más altas se presentaron entre Pt-KLt seguido por Pt-KLc, Pt-IRH, Pt-Klog y por último Pt-KLc^3 para ambas zonas (Cuadro 3).

La comparación entre zonas, realizada para cada uno de los estimadores de condición nutricional calculados, mostró que sólo KLc^3 no presentó diferencias significativas. El estado nutricional fue mayor en las langostas del G.B. según la mayoría de los índices (IRH, KLt, KLc) y sólo el Klog presentó un valor mayor para el A.S.C. (Figura 2).

Al comparar entre sexos sólo el IRH no detectó diferencias significativas. Excepto Klog, los indicadores morfométricos (KLt, KLc, KLc^3) muestran una condición nutricional mayor para los machos (Figura 3).

Cuadro 2. Prueba de las diferencias realizada a pares, entre los de valores de correlación de los indicadores con el Pt, para el Golfo de Batabanó y el Archipiélago Sabana Camagüey.

	G.B.	A.S.C.
IRH-KLt	*P< 0,001	*P< 0,001
IRH-KLc	*P< 0,001	*P< 0,001
IRH-KLc^3	*P=0,031	*P=0,045
IRH-Klog	*P< 0,001	*P< 0,001
KLt-KLc	*P=0,003	P=0,988
KLt-KLc^3	*P< 0,001	*P< 0,001
KLt-Klog	*P< 0,001	*P< 0,001
KLc-KLc^3	*P< 0,001	*P< 0,001
KLc-Klog	*P< 0,001	*P< 0,001
KLc^3-Klog	*P< 0,001	*P< 0,001

*Diferencias significativas, P<0,05.

Cuadro 3. Coeficiente de regresión (R^2) entre el peso total de las langostas y los indicadores nutricionales para el Golfo de Batabanó y el Archipiélago Sabana Camagüey.

	G.B.	A.S.C.
Pt-IRH	0,2208*	0,2584*
Pt-KLt	0,9878*	0,9936*
Pt-KLc	0,9729*	0,9914*
Pt-KLc^3	0,0668	0,4549*
Pt-Klog	0,7157*	0,8884*

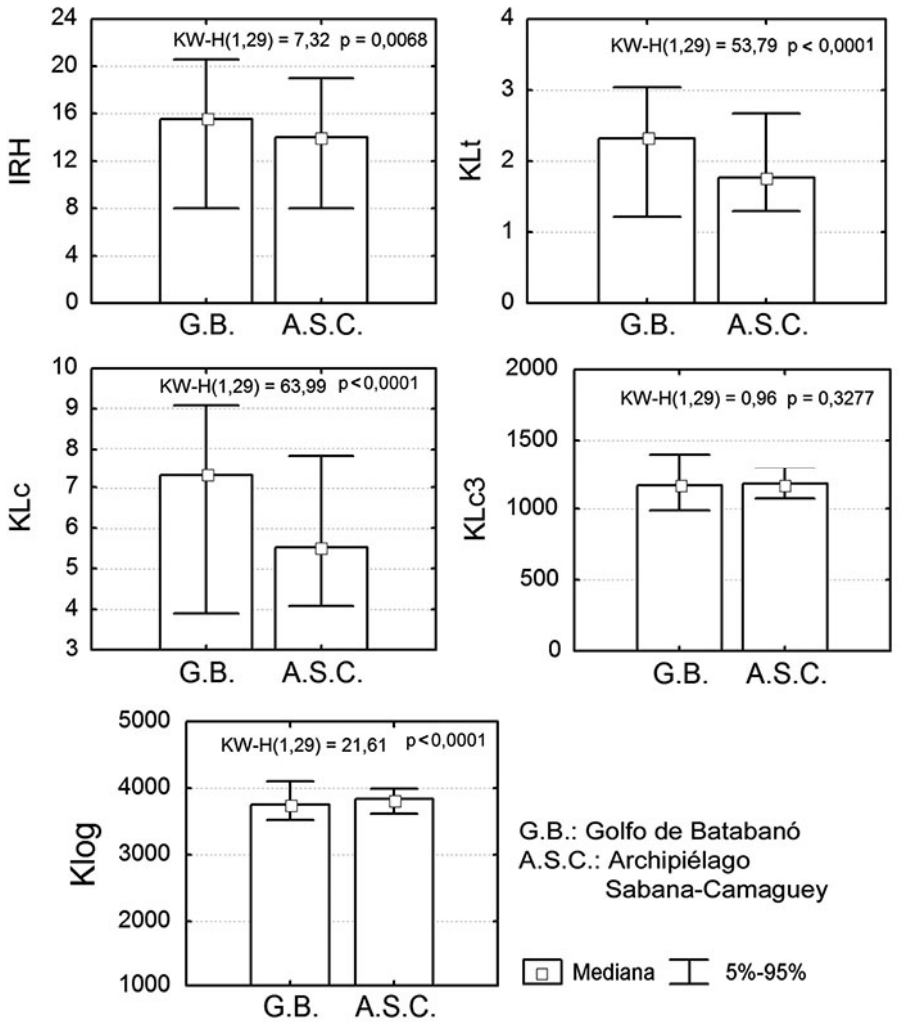


Figura 2. Comparación por zonas de los diferentes indicadores de la condición nutricional calculados para *P. argus* en Cuba.

El índice de condición nutricional que mayor asociación presentó con el Pt (correlaciones superiores al 99% en ambas zonas) fue el KLt. Estos resultados se corresponden con los obtenidos por Lopeztegui *et al*. (2010) y sugieren que, a pesar de que la medición de la longitud cefalotorácica (Lc) es más exacta y precisa, el KLt parece ser el indicador morfométrico que mejor estima la condición nutricional de *P. argus* en Cuba, lo cual pudiera deberse a que el Lt refleja mejor el crecimiento neto de los animales.

El KLc fue el segundo estimador que presentó las mejores correlaciones con el Pt en ambas zonas (más de un 99% para el A.S.C. y más de un 98% para el G.B.) y presentó la correlación más elevada con el KLt (más del 98% para ambas zonas). Mediante la prueba de las diferencias, al menos en A.S.C. no se detectaron diferencias significativas entre el coeficiente de correlación KLt-PT y KLc-PT. Esto último pudiera deberse a que en realidad KLt y KLc son medidas muy similares y ambas expresan en la misma medida las variaciones en el estado nutricional, pero también pudiera ser que la representatividad de la muestra sea influyente. En Batabanó se registraron datos de seis subzonas (150 individuos), mientras que en el A.S.C. se muestrearon sólo dos subzonas (138 individuos). De cualquier modo, los resultados obtenidos indican que KLc es el sustituto idóneo

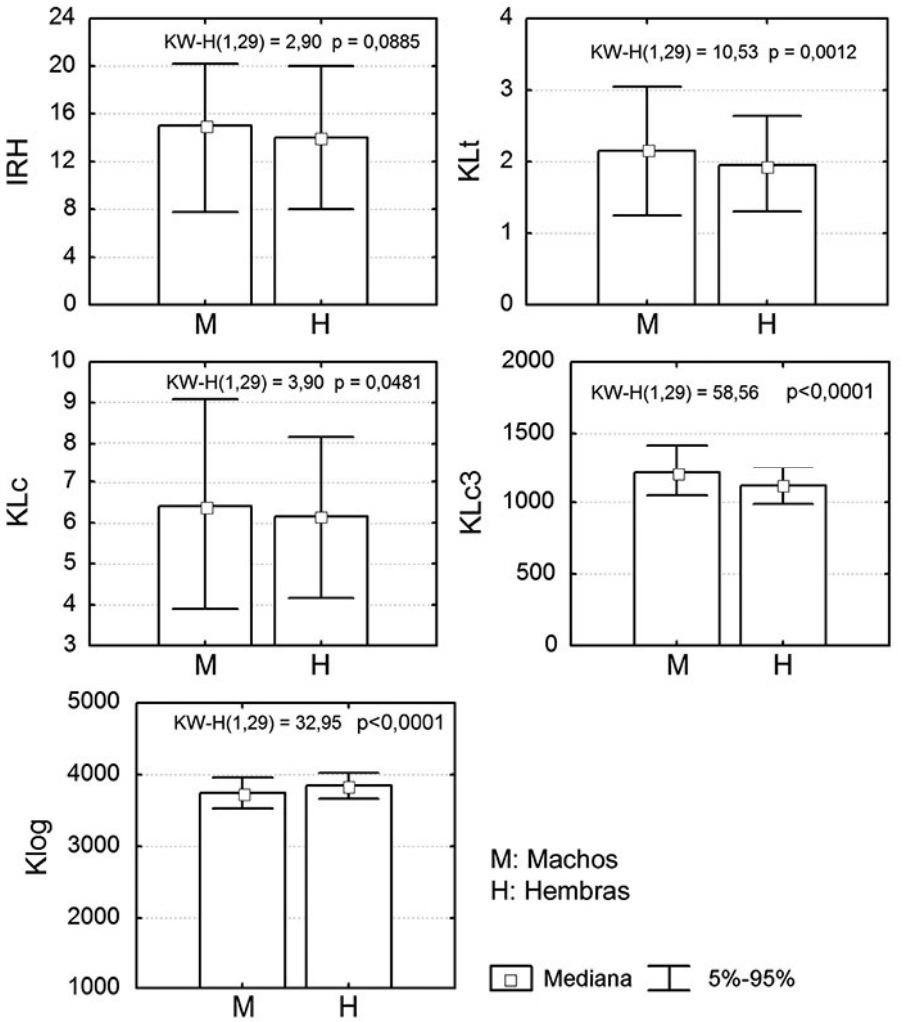


Figura 3. Comparación por sexos de los diferentes indicadores de condición nutricional en langostas *P. argus.*

para estimar la condición nutricional en caso de no poder calcular KLt.

El Klog ha sido utilizado anteriormente para estudiar la condición nutricional de *Panulirus interruptus* en el Pacífico mexicano (Díaz-Arredondo y Guzmán-del-Próo 1995). Al comparar los resultados obtenidos en ambos estudios, se observó que los valores promedios de Klog en el presente trabajo (Klog=3825 para A.S.C. y Klog=3753 para G.B.), se asemejan a los obtenidos por estos autores durante la estación de verano (Klog=3860), lo cual tiene correspondencia temporal con los muestreos realizados en este trabajo. A pesar de estas similitudes, el Klog no presentó valores de correlación con el Pt (89% y 82% para el A.S.C. y el G.B. respectivamente) tan elevados como el KLt y KLc, lo que pudiera deberse a las diferencias morfométricas entre especies.

De los estimadores K calculados, el de menor correlación con el Pt es el KLc^3 (menos del 50% de correlación). Esto pudiera deberse a que es un índice que ha sido empleado para estimar la condición nutricional de *Neprhops norvegicus* (Watts 2012), especie que presenta numerosas diferencias morfológicas respecto a *P. argus*. Más que influir en el nivel de asociación entre KLc^3 y Pt, estas diferencias pudieran explicar que los valores de KLc^3 obtenidos por dicho autor son mucho mayores que los obtenidos en el presente estudio. La especie *N. norvegicus* es una langosta con pinzas, las cuales fueron

retiradas para estimar la condición nutricional. Estos hechos sugieren que el índice en cuestión no es recomendado para estimar la condición nutricional de *P. argus* en Cuba, y quizás tampoco en otros países, pues su aplicación implica diferencias metodológicas sustanciales. En G.B., la regresión entre KLc^3 y Pt fue la única que resultó no significativa, lo que pudiera deberse a la baja asociación entre estas variables e incluso a que, en el caso de *P. argus*, las variaciones significativas en la relación Lc^3/ Pt no quedan condicionadas fundamentalmente por los cambios en el Pt de los ejemplares.

El IRH presentó la menor correlación con el Pt (menos de 24% en ambas zonas). Este resultado se debe a que dicho índice responde a variaciones rápidas de la condición fisiológica de los animales independientemente del peso de los mismos. Es decir, el IRH refleja el estado nutricional de las langostas sólo en el momento de la captura. Debe recordarse que este estimador varía a corto plazo dependiendo mayormente de los procesos de alimentación reciente y el estado de muda (Oliver y MacDiarmid, 2001).

Al igual que en las correlaciones, el valor más elevado del coeficiente de regresión (alrededor de 99%) se obtuvo entre KLt y Pt, para ambas zonas. El segundo indicador con mejores regresiones resultó nuevamente el KLc; lo que confirma que, en caso de no poder calcular KLt, el KLc podría utilizarse confiablemente como estimador de condición nutricional. EL comportamiento de los demás indicadores también siguió el patrón de las correlaciones: Klog, KLc^3 y por último el IRH.

El hecho de que la tendencia general de las comparaciones y regresiones realizadas se haya verificado en ambas zonas, es un elemento que aumenta la certidumbre de los resultados alcanzados. Los índices morfométricos al parecer más robustos (KLt y KLc) y el IRH, resultaron significativamente mayores para el G.B., zona expuesta a un menor impacto antrópico y por tanto con mejores condiciones de hábitat. El A.S.C. es más estrecho, de menor profundidad y presenta un menor intercambio con el océano por los numerosos cayos que lo bordean (Puga *et al*., 2009). Factores como el represado y la canalización de los ríos, y la influencia de eventos climáticos extremos, tienen entonces más impacto en esta área que además está siendo objeto de un acelerado desarrollo turístico, con la construcción de numerosas obras hidrotécnicas (como pedraplenes o viaductos) que limitan aún más el intercambio de agua y los procesos de depuración de contaminantes.

Los pedraplenes modifican el sistema natural de circulación del agua, lo cual unido al pobre intercambio natural con el mar abierto, provocan en conjunto niveles de salinidad elevados para este tipo de ecosistema (Claro *et al*., 2001). El aumento de la salinidad puede traer como consecuencia la disminución del número de especies del megazoobentos que constituyen un alimento potencial para las langostas (Alcolado *et al*., 1999), y por tanto, podría verse disminuida la condición nutricional general de las langostas de esta zona debido a la menor disponibilidad de alimento. Según Lorenzon *et al*. (2011), el IRH es un estimador que puede variar con la salinidad, por lo que su menor valor en el A.S.C. pudiera estar vinculado a la mayor salinidad existente en el mismo.

En el G.B. el represamiento de los ríos tiene un menor impacto pues, entre otros factores, no existen grandes fuentes contaminantes ni pedraplenes que obstruyan el flujo del agua (Puga *et al*., 2009), por lo cual los pastos marinos pueden estar menos afectados. Según Cerdeira-Estrada *et al.* (2008), en el G.B. los pastos ocupan un área aproximada de 13,818 km^2 (64,85% del área total). Esto pudiera explicar que exista una mejor condición nutricional para las langostas de esta área, ya que la misma depende de la disponibilidad de alimento, es decir, del buen estado de las comunidades bentónicas que se conforman en parte por aquellos organismos que integran la dieta de las langostas. Dichas comunidades se establecen, en el caso de la plataforma cubana de pesca, mayormente en los pastos marinos.

El KLc^3 no mostró diferencias significativas entre zonas, lo cual debe estar dado por las diferencias metodológicas antes planteadas. El hecho de que Klog (mayor en A.S.C. que en G.B.) muestre resultados contrarios a los inferidos a partir de KLt y KLc, proporciona una idea de su ineficacia para estimar estado nutricional en *P. argus*.

Mediante la mayoría de los indicadores morfométricos (KLt, KLc y KLc^3) se detectó que la

condición nutricional es significativamente mayor en los machos. Estos resultados corroboran lo obtenido por Lopeztegui *et al.* (2011) y se explican en parte por el dimorfismo sexual, ya que como característica natural de esta especie, la proporción largo del cefalotórax/ largo abdominal es ligeramente mayor en los machos. Los resultados contradictorios obtenidos mediante Klog (condición nutricional mayor en las hembras), pueden deberse a que este pudiera no ser un indicador adecuado para aplicarse en *P. argus*.

El indicador analítico IRH, que no tiene en cuenta las características morfométricas, no detectó diferencias entre sexos. Oliver y MacDiarmid (2001) tampoco encontraron diferencias entre sexos al comparar el IRH en *J. edwardsii.* Además, Briones-Fourzán *et al*. (2009), mediante la utilización del peso relativo del hepatopancreas (PRH), un indicador morfométrico que no depende del dimorfismo sexual, no encontraron diferencias entre sexos. Por lo tanto, las diferencias entre sexos encontradas mediante los indicadores morfométricos, pudieran en efecto, deberse al dimorfismo sexual, ya que sólo los indicadores que tienen en cuenta estas características, detectan dichas diferencias.

CONCLUSIONES

De los indicadores analizados en este trabajo, el más adecuado para estimar la condición nutricional de la langosta *P. argus* es el KLt, debido a que presentó los más altos valores de correlación y regresión con el Pt. Este resultado podría ser aplicado en otras regiones o países en las que se pesque esta especie de langosta. El KLc es el mejor sustituto del KLt por sus altas correlaciones con el Pt y con el KLt.

El estimador Klog no presentó altos valores de correlación con el Pt y muestra resultados ambiguos al comparar entre zonas y sexos. El índice KLc^3 resultó el de menor correlación con el Pt y no detectó diferencias entre zonas aún cuando los restantes indicadores sí lo hicieron. Por tales razones, no se recomienda el uso de ninguno de estos indicadores para estimar la condición nutricional de langostas *P. argus*.

El IRH no tiene una elevada asociación con el Pt y no detecta diferencias entre sexos. Sin embargo, su uso pudiera ser adecuado para determinar la condición nutricional en un momento dado, lo cual pudiera ser al medir el efecto inmediato (diario o semanal) de diferentes dietas sobre un conjunto de ejemplares en cultivo.

La condición nutricional de las langostas es mayor en el Golfo de Batabanó que en el archipiélago Sabana-Camaguey, lo que pudiera estar relacionado con el deterioro de la calidad del hábitat en esta última región.

Según la mayoría de los indicadores morfométricos, la condición nutricional es mayor en los machos, no obstante, estas diferencias podrían ser consecuencia del empleo de metodologías que tienen en cuenta el dimorfismo sexual, ya que sólo tales indicadores las detectan.

LITERATURA CITADA

Alcolado, P. M., E. E. García y N. Espinosa. 1999. Protección de la biodiversidad y desarrollo sostenible en el Ecosistema Sabana-Camagüey. Proyecto GEEF/PNUD Sabana – Camagüey CUB/92/G31, CESYTA S. L., Madrid, 190 p.

Behringer, D. C. and M. J. Butler. 2006. Density-dependent population dynamics in juvenile *Panulirus argus* (Latreille): the impact of artificial density enhancement. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 334: 84-95.

Briones-Fourzán, P., K. Baeza-Martínez and E. Lozano-Álvarez. 2009. Nutritional indices of juvenile Caribbean spiny lobsters in a Mexican reef lagoon: Are changes over a 10-year span related to the emergence of *Panulirus argus* Virus 1 (PaV1)?. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 370: 82-88.

Castañeda, V., E. Servière-Zaragoza, S. Hernández-Vázquez and M. J. Butler. 2005. Feeding ecology of juvenile spiny lobster, *Panulirus interruptus*, on the Pacific coast of Mexico. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., 39: 425-435.

Cerdeira-Estrada, S., S. Lorenzo-Sánchez, A. Areces-Mallea y C. Martínez-Bayón. 2008.

Cartografía de la distribución espacial de los hábitats bentónicos en el Golfo de Batabanó utilizando imágenes Landsat-7. Cienc. Mar., 34(2): 213-222.

Claro, R., J. P. García-Arteaga y F. Pina-Amargós. 2001. La ictiofauna de los fondos blandos del Archipielago Sabana-Camagüey, Cuba. Rev. Invest. Mar., 22(2):117-127.

Cruz, R. 2002. Manual de métodos de muestreo para la evaluación de las poblaciones de la langosta espinosa. FAO Doc. Téc. de Pesca 399, 43 p.

Díaz-Arredondo, M. Á. y S. A. Guzmán-del-Próo. 1995. Hábitos alimentarios de la langosta roja (*Panulirus interruptus* Randall, 1840) en la Bahía de Tortugas, Baja California del Sur. Cienc. Mar., 21(4): 439-462.

Lopeztegui, A., N. Capetillo N. y A. Betanzos. 2010. Consideraciones metodológicas para la determinación del estado nutricional de la langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804) mediante relaciones Largo-peso, en Cuba. U. Tecnociencia, 4(2): 41-53.

Lopeztegui, A., N. Capetillo N. y A. Betanzos. 2011. Variaciones en la condición nutricional de langostas *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) en la región este del Golfo de Batabanó, Cuba. Rev. Biol. Trop., 60(1): 263-271.

Lorenzon, S., M. Martinis and E. A. Ferrero. 2011. Ecological Relevance of Hemolymph Total Protein Concentration in Seven Unrelated Crustacean Species from Different Habitats Measured Predictively by a Density-Salinity Refractometer. J. Mar. Biol., 10: 1-7.

Lozano-Álvarez, E. y G. Aramoni-Serrano. 1996. Alimentación y estado nutricional de las langostas *Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en Guerrero, México. Rev. Biol. Trop., 45: 453-461.

Moore, L. E., D. M. Smith and N. R. Loneragan. 2000. Blood refractive index and whole body lipid content as indicators of nutritional condition for penaeid prawns (Decapoda: Penaeidae). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 244:131-143.

Musgrove, R. J. B. 2001. Interactions between haemolymph chemistry and condition in the southern rock lobster, *Jasus edwardsii*. Mar. Biol., 139: 891-899.

Oliver, M. D. and A. B. MacDiarmid. 2001. Blood refractive index and ratio of weight to carapace length as indices of nutritional condition in juvenile rock lobsters (*Jasus edwarsii*). Mar. Freshw. Res., 52: 1395-4000.

Puga, R., R. Piñeiro, N. Capetillo, M. E. de León y S. Cobas. 2009. Caso de estudio No. 2: Estado de la pesquería de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) y su relación con factores ambientales y antrópicos en Cuba. pp. 1-29, *en* A. Hernández (ed.). Evaluación de las posibles afectaciones del cambio climático a la biodiversidad marina y costera de Cuba. ISBN: 978-959-298-017-4.

Stewart, J. E. and M. F. Li. 1969. A study of lobster *(Homarus americanus)* ecology using serum protein concentration as an index. Can. J. Zoo., 47: 21-8.

Thomas, C. W., C. G. Carter and B. J. Crear. 2003. Feed availability and its relationship to survival, growth, dominance and the agonistic behavior of the southern rock lobster, *Jasus edwardsii* in captivity. Aquaculture, 215: 45-65.

Wahle, R. A. and M. J. Fogarty. 2006. Growth and development: understanding and modeling growth variability in lobsters. pp. 1-44, *en* B.F. Phillips (ed.). Lobsters: biology, management, aquaculture and fisheries. Blackwell, Oxford.

Watts, A. J. R. 2012. Nutritional Status and Trophic Dynamics of the Norway Lobster *Nephrops norvegicus* (L.). Tesis de Doctorado. Instituto de Biodiversidad, Salud Animal y Medicina Comparativa. Glasgow, Escocia, 288 p.

NORMAS DE PUBLICACIÓN
(Instrucción a los Autores)

Zootecnia Tropical publica cuatro categorías de trabajos: Artículos Científicos, Notas Técnicas, Trabajos Especiales y Revisiones Bibliográficas.

a) **Artículo Científico:** es un texto de carácter académico-científico que muestra el cumplimiento de normas específicas tanto en su estructura general como en su contenido. Cubre una extensa variedad de temas relacionados con la investigación e innovación tecnológica en las diversas disciplinas del conocimiento agrícola, bajo los paradigmas de investigación cuantitativo y cualitativo. Se redactan en vocabulario especializado y formal. Estos deberán ser de carácter innovadores y constituir un aporte al conocimiento científico, tecnológico o metodológico en el área de la producción agropecuaria sustentable y temas afines. La extensión del trabajo no debe exceder de 25 páginas a doble espacio, incluyendo cuadros, figuras y literatura citada. El trabajo debe incluir las siguientes secciones:

Estudios con enfoque cuantitativo:	**Estudios con enfoque cualitativo:**
- Introducción: Problema, justificación y objetivos. - Materiales y Métodos - Resultados y Discusión - Conclusiones - Agradecimientos (opcional) - Literatura citada.	- Introducción: Objeto de estudio, justificación y propósitos. - Metodología - Resultados y Hallazgos - Conclusiones y/o aproximaciones - Agradecimientos (opcional) - Literatura citada.

b) **Nota Técnica:** Son textos cortos que describen técnicas experimentales, equipos, fenómenos naturales, especies nuevas, resultados parciales o detalle de un trabajo que pueden tener algún interés en sí, aún desligados del conjunto de trabajo que se está realizando. Se usa también para adelantar información sobre resultados obtenidos u observaciones efectuadas, acerca de las cuales se informara después detalladamente en artículos, boletines o informes técnicos; también se aceptan reseñas de libros recientemente publicados. El mismo no deberá exceder de 12 páginas.

c) **Revisiones Bibliográficas:** son artículos acerca de temas que por los avances científicos, tecnológicos o metodológicos logrados en los mismos, requieren de una visión más completa, con el fin de facilitar la comprensión de los alcances de dichos adelantos. La información debe ser tratada en forma de disertación, análisis analítico o descriptivo, confrontación o comparación. Estos serán solicitados a especialistas de reconocida trayectoria profesional que hayan realizado aportes en los temas requeridos. El texto se presentará de forma libre y no deberá exceder de 8 páginas.

d) **Trabajos Especiales:** son trabajos de un área temática actualizada, de orden científico o técnico, así como de eventos científicos de relevancia nacional e internacional, donde entra a discusión temas de aspecto social, académico, científico, de interés de la sociedad. Los temas serán solicitados a especialistas de reconocida trayectoria profesional y que hayan realizado aportes importantes en los temas sugeridos. El texto se presentará de forma libre y no deberá exceder de 8 páginas.

Para publicar trabajos en las revistas científicas del INIA, los usuarios deben cumplir con los siguientes aspectos:

a) **Idioma:** Los trabajos pueden escribirse en español, inglés o portugués.

b) **Formato:** Deben ser escritos utilizando preferiblemente los procesadores de palabras *Open Office Writer*® o en su defecto *Microsoft Office Word*® en cualquiera de sus versiones recientes, fuente Arial tamaño 12 a doble espacio para el texto; para las tablas y referencias Arial tamaño 11.

c) **Título:** El título será en el idioma correspondiente, con su respectiva traducción en el resumen. Se escribe en letras mayúsculas y minúsculas, debe ser claro y conciso. No debe exceder de

20 palabras. Debe identificar y describir concretamente el contenido del trabajo, sin abreviaturas. Sólo deben incluirse los nombres comunes de plantas, insectos u otras especies cuando se requiere, dejando como palabra clave el nombre científico de los mismos. No debe exceder de dos líneas sin puntos, exceptuando cuando exista alguna subdivisión del mismo.

d) **Autor (es) y Afiliación:** Primer nombre completo, inicial del segundo y apellidos completos. Después de los nombres se usarán números en subíndices para identificar la información del autor o autores tal como: cargo, institución, correo electrónico, dirección postal donde trabajan. Debe usar el nombre completo de la institución con la abreviatura o siglas entre paréntesis. Igualmente, identificar con un asterisco al autor (es) que fungirá como autor de correspondencia. De manera opcional podrá indicarse alguna aclaratoria sobre la fuente de financiamiento de la investigación y proyecto al cual pertenece.

e) **Resumen, Abstract o Resumem:** Cada trabajo debe tener un resumen de un párrafo no mayor de 250 palabras, que sea claro y comprensible, en los idiomas correspondientes. Para el caso de estudios con enfoque cuantitativo, se debe indicar de manera sucinta: objetivo (s), el problema, los métodos experimentales, resultados y conclusiones, sin sobrecargarlos con valores numéricos; para estudios con enfoque cualitativo se deben indicar: el propósito, objeto de estudio, la metodología, resultados y aproximaciones. Las referencias a cuadros, figuras y las abreviaturas no definidas, no son aceptables. Los entes biológicos y los suelos deben ser identificados por sus nombres científicos cuando son mencionados por primera vez en el resumen y la primera vez que aparezcan en el cuerpo del trabajo, sin repetirse en el cuerpo del artículo. El idioma del resumen será como se indica a continuación:
-Trabajo en español: resumen en español e inglés *(Abstract).*
-Trabajo en inglés: resumen en inglés *(Abstract)* y español (Resumen).
- Trabajo en portugués: resumen en portugués (Resumem) y español (Resumen).

f) **Palabras clave:** Son aquellas que permiten identificar el tópico que se discute en el texto, tratando de no repetir las que se usen en el título. Debe incluir los nombres científicos de los entes biológicos. Las palabras clave deben permitir localizar el trabajo en los índices y bases de datos agrícolas como el Sistema Agris de la FAO. Máximo seis (6) palabras.

g) **Introducción:** Su contenido debe expresar además de la importancia del tema a tratar, una breve referencia de los antecedentes que motivaron a la realización del trabajo; puede incluirse la revisión de literatura con las investigaciones más recientes que aporten ideas fundamentales para la realización del trabajo. Para estudios de tipo cuantitativo debe presentar claramente el problema, justificación y los objetivos, un objetivo general y máximo tres objetivos específicos. En el enfoque cualitativo, debe presentar el objeto de estudio, justificación y propósitos. Las referencias en la introducción deben ser limitadas.

h) **Materiales y Métodos** (Enfoque cuantitativo) **o Metodología** (Enfoque cualitativo): Deben ser lo suficientemente claros y precisos para que otra persona especialista en la materia pueda repetir el experimento o metodología. Para estudios con enfoque cuantitativo, debe ser clara y concreta, siguiendo un ordenamiento lógico de las técnicas empleadas en la investigación y los materiales utilizados. Los procedimientos analíticos y estadísticos usados deberán ser descritos claramente o citados como referencias bibliográficas. En investigaciones de campo deberán incluir además una breve descripción agroclimática de la localidad donde se efectúo el trabajo. Cuando las investigaciones se realicen bajo el paradigma cualitativo, se indica el marco o contexto teórico que describe brevemente conceptos, modelos o enfoques que orientan la investigación y los referentes teóricos relacionados con los discursos de los actores sociales y se indica la naturaleza y tipo de la investigación, los informantes

clave, métodos, técnicas y procedimientos de acopio de la información y las técnicas de interpretación de la información y categorización.

i) **Resultados y Discusión** (Enfoque cuantitativo) **o Resultados y Hallazgos** (Enfoque cualitativo): Esta sección debe satisfacer los objetivos que señalaron en la introducción, manejando la información cuantitativa a través de cuadros y figuras a fin de transmitir en forma clara la interpretación de los resultados obtenidos. La discusión de los datos deberá hacerse basada en los soportes disponibles en la literatura citada del trabajo. En el enfoque cuantitativo, es necesario el uso de la estadística para verificar la validez de los resultados, cuando así se requiera. En el enfoque cualitativo, se presentan de modo organizado y coherente los resultados de la investigación a partir del procedimiento de triangulación.

j) **Cuadros:** Cada cuadro se presentará en archivo separado del texto, haciendo alusión a él por primera vez y seguirán la paginación del texto. El contenido de los cuadros no debe ser duplicado en las figuras. En general, las variables están en filas y los tratamientos en columnas. Sólo la primera letra de la primera palabra en mayúsculas. Todos los cuadros deben ser citados consecutivamente en el texto. El encabezados de columnas debe ser conciso e indicar claramente las unidades que utilizan abreviaturas estándar. Los asteriscos se usarán para mostrar el nivel de significancia estadística de 0,05 (*), 0,01 (**) y 0,001(***) y deben ir acompañados del nombre de la prueba estadística realizada. Para otras llamadas deberán utilizarse otros símbolos. El título del cuadro debe ser concreto y expresar el contenido del mismo. Notas al pie deben utilizarse con moderación y ser concretas. Los cuadros deben ser elaborados utilizando la tabla del programa *Microsoft Office Word*® o *Microsoft Office Excel*® y no deben ser escaneados.

k) **Figuras**: Se entiende por figura cualquier ilustración que se incluya en el trabajo como: gráficos, dibujos, fotografías, esquemas, dibujos o mapas u otra representación. Estas no deben ser una duplicación de la información de los cuadros. Todas las figuras deben ser citadas consecutivamente en el texto. El título debe colocarse en la parte inferior de la figura. Para las fotografías y otros dibujos digitalizados, los mismos deberán procesarse en formato JPG o TIFF. En cuanto a los gráficos (líneas, barras, circular, entre otros) se recomienda que sean modificables, adjuntando la información con la cual se elabora la figura, de tal manera que cuando se requiere pueda ser mejorada en la diagramación de la revista.

l) **Conclusiones** (Estudios cuantitativos) **y/o Aproximaciones** (Estudios cualitativos). Deben ser concisas y concretas, basadas en los objetivos del trabajo. En el enfoque cualitativo, las aproximaciones no se limitan a exponer resultados aislados de la investigación como tal, sino que también ilustra el proceso por medio del cual se llegó a las estructuras particulares de los objetos de estudios y a la estructura general o estructuras generales, que los integran

m) **Agradecimientos** (opcional): Se utilizarán para reconocer a aquellas personas que han hecho contribuciones sustanciales al trabajo o han prestado asistencia técnica. Igualmente para reconocer a las instituciones que han brindado apoyo financiero a la investigación. El párrafo de esta sección debe ser breve, máximo 10 líneas.

n) **Literatura citada:** Es responsabilidad del autor asegurarse de que todas las referencias sean correctas. Estas deben ser relevantes para el contenido y todos deben estar citados en el texto. Los elementos que componen la cita bibliográfica son básicamente los siguientes*:* Autor(es)/Año de publicación/ Título:/subtítulo/(Tipo de medio)/Edición/ Ciudad y país de publicación/Casa editora / Fecha en que se consultó el material para los documentos en línea/ Descripción física/ Disponibilidad y acceso para los documentos en línea/(Nota de serie).

o) Se debe presentar en orden alfabético. En caso de un mismo autor en años diferentes, se ordenará de acuerdo al año y en caso de ser igual, según la primera letra del título del trabajo. Se deberá colocar todos los autores integrantes del trabajo citado. Los trabajos

que no han sido publicados no deben referirse en la bibliografía, sino en el texto, colocando inmediatamente después del apellido y entre paréntesis el tipo de fuente donde provino la información (comunicación personal, datos inéditos) y el año en el cual se efectuó la consulta, separado por una coma. Si en el texto, dado el ordenamiento de la frase, se cita el apellido del autor, inmediatamente deberá ser colocado el año correspondiente entre paréntesis. En caso de dos autores se deberán colocar los dos apellidos, separados por una y para el caso de tres o más autores, bastará citar el apellido del primero, seguido de la abreviatura latina *et al*. y el año correspondiente entre paréntesis.

p) Las referencias deberán contener todos los elementos que permitan su fácil localización, cuya variación está regulada por el tipo de publicación citada. Se seguirán las Normas Técnicas del IICA y CATIE y los ejemplos que se dan a continuación:

- *Revista (ya publicada)*

Sanabria D., J. G. Fariñas, U. Manrique, Z. Flores e Y. Reina. 1995. Adaptabilidad de gramíneas y leguminosas forrajeras en un paisaje de Mesa del estado Bolívar. Zootecnia Trop., 13(1):63-76.

- *Revista (aceptado, pero no publicado)*

Carrillo, V., M. Rodríguez, U. Manrique, D. Vásquez, E. Rivas y J. Fariñas. 2000. Efecto de la fertilización nitrogenada, edad y época de corte sobre el valor nutritivo del pasto *Andropogon gayanus.* Zootecnia Trop. (En prensa).

- *Suplemento de revista*

Leng R. A. 1993. Overcoming low productivity of ruminants in tropical developing countries. J. Anim. Sci., 71(Suppl. 1):284. (Abstracts).

- *Libros*

Maynard L. A., J. K. Loosli, H. F. Hintz y R. G. Warner. 1989. Nutrición animal. Ed. McGraw-Hill, S. A., México. 7ma Ed.

- *Capítulos de libros*

Toledo J.M. y R. Schultze-Kraft. 1985. Metodología para la Evaluación Agronómica de Pastos Tropicales. *En*: Toledo J.M. (Ed.). Manual para la Evaluación Agronómica. R.I.E.P.T. CIAT, Cali, Colombia, pp. 91-110.

- *Congresos, Simposia, Reuniones y/o Memorias*

Bracho M., O. Abreu F. y A. Del Villar. 1992. Influencia del peso al parto sobre la producción de leche en vacas doble propósito. I Jornadas Técnicas FONAIAP, Maracaibo, Venezuela. 612 p. (Resúmenes).

Espinoza F., Y. Díaz, P. Argenti, E. Perdomo y L. León. 1998. Estudios preliminares del género *Pachyrhizus* DC. En Venezuela. *En*: Sørensen M., J. Estrella, O. Hamann y S. A. Ríos (Eds.). Proceedings of 2nd International Symposium on Tuberous Legumes. Celaya, Guanajuato, México, pp. 139-154.

- *Tesis y Trabajos de Ascenso*

Noguera E. 1985. Evaluación del comportamiento productivo y reproductivo mediante análisis de registros del rebaño de una estación experimental dedicada a la producción de leche. Tesis de *M.Sc*. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias, Maracay, Venezuela. 93 p.

García A. 1991. Evaluación del comportamiento productivo y reproductivo del rebaño de vacas inscritas en el ROPL en el período 1986 1990. Trabajo de Ascenso. Universidad del Zulia, Facultad de Ciencias Veterinarias, Maracaibo, Venezuela. 33 p.

- *Revistas y otras fuentes electrónicas:*

Los documentos electrónicos se tratan como una variante de la publicación impresa tradicional. En forma electrónica se encuentran actualmente monografías, publicaciones periódicas, mensajes, conferencias, reuniones, bases de datos, programas de computadora u otros. Por tanto se seguirán las normas establecidas para cada uno de ellos y además se incluirán otros elementos que permitan identificar el medio en que están disponibles: en línea, disco compacto, disquetes, mensajes electrónicos, cintas magnéticas. La fuente de información para el documento electrónico es el documento mismo. Si éste

carece de información, puede ser tomada del recipiente (caja, sobre, otro), sitio web, o material impreso complementario.

Venezian, E. y E. Muchnik. 1994. Structural adjusments and agricultural research in Chile. ISNAR Briefing paper N° 9. Disponible en línea: http://www.cgiar.org/isnar [Fecha de consulta].

- *Publicaciones Misceláneas*

Argenti P. y F. Espinoza. 1993. Leucaena (*Leucaena leucocephala*). Pub. FONAIAP (Serie B), Maracay, Venezuela. 20 p.

Para publicar los artículos en las revistas científicas se debe cumplir con las siguientes convenciones tipográficas y estilo:

a) Título del trabajo en negrilla con la primera letra en mayúscula. Nombres de los autores en minúsculas con mayúsculas las iniciales y sus procedencia en cursiva.

b) Los títulos principales de sección (Resumen, Introducción, Materiales y Métodos o Metodología, Resultados, Discusión, Agradecimientos y Literatura Citada se indican en negrita y colocado en el margen izquierdo. Interlineado en 1.5 y primera letra en mayúscula.

c) Los subtítulos en cursiva y sólo la letra inicial en mayúscula. Las dos clases son: (i) cursiva secundarios un puntuado, partidas hombro; (ii) cursiva, texto y puntuado run-on (títulos secundarios).

d) La secuencia es siempre (i) a (ii).

e) Los Cuadros y Figuras se escriben con las letras C y F en mayúscula.

f) Abreviaturas: cuando las abreviaturas se definen en el texto, deben ser escritas en mayúscula y negrilla en la primera aparición.

g) Los entes biológicos deben ser identificados por sus nombres científicos completos (binomial) en el título así como en el resumen, abstract o resumem y la primera vez que se mencionan en el cuerpo de trabajo.

h) Los nombres de productos comerciales deben evitarse, prefiriéndose el nombre genérico. Cuando ello sea posible utilice seguido del símbolo®.

i) Los nombres de las variedades, cultivares e híbridos deberán acompañarse de virgulillas o comillas simples sólo cuando se mencionen por primera vez en el resumen, en el abstract o resumem y en el cuerpo del artículo.

j) Los suelos deben ser identificados taxonómicamente; si el nombre de la serie no es muy conocido deberá señalarse la familia.

k) Los símbolos no tienen plural ni llevan punto (.) después de ellos, y sólo se escriben en mayúsculas aquellos derivados de nombre propios Celsius, Kelvin, Joule.

l) Los decimales deben separarse con coma (,) y no con punto (.). Las unidades de mil o millón se indicarán con un espacio en blanco.

m) La abreviatura correspondiente a Agronomía Tropical es Agronomía Trop. y de Zootecnia Tropical es Zootecnia Trop.

n) Los símbolos a usar son:

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

Ácido Graso Volátil	AGV	Índice de Conversión	IC
Ad libitum	Ad lib.	Kilocalorías	Kcal
Aminoácido	aa	Kilogramo	Kg
Bar	bar	Kilogramo/Hectárea	Kg ha^{-1}
Bloques Multinutricionales	BM	Kilometro	Km
Centímetro	cm	Litro	l
Consumo de Materia Seca	CMS	Materia Orgánica	MO
Coeficientes de Variación	CV	Materia Seca	MS
Coeficiente de Correlación	r	Metro	m
Coeficiente de Determinación	R^2	Metro Cuadrado	m^2
Decímetro	dm	Metro Cúbico	m^3
Desviación Estándar	DE	Metros Sobre el Nivel del Mar	m.s.n.m.
Diferencia Predicha	DP	Micra	µ
Digestibilidad *in vivo*	DIV	Micromilímetro	microm
Digestibilidad *in vitro*	DIv	Miliequivalentes	Meq por 100g
Energía Digestible	ED	Miligramo	mg
Energía Metabolizable	EM	Mililitros	ml
Error Estándar	EE	Mililitros por Litros	ml/l
Extracto Libre de Nitrógeno	ELN	Milímetro	mm
Fibra Ácido Detergente	FAD	Minuto	min
Fibra de Detergente Neutra	FDN	Número de la Población	N
Ganancia Diaria de Peso	GDP	Nitrógeno No Proteico	NNO
Grado Absoluto	°abs	Partes por Millón	ppm
Grados Centígrados	°C	Peso al Nacer	PN
Grados Farenheit	°F	Peso al Destete	PD
Grados de Liberdad	gl	Porcentaje	%
Grado Kelvin	°K	Por Mil	°/$_{oo}$
Gramo	g	Probabilidad	P
Gramo por Kilogramo	g kg^{-1}	Proteína Cruda	PC
Gramos por Litros	g/l - g.l	Segundo	s
Gramo Joule	J	Tonelada	t
Hectárea (s)	ha	Tonelada/Hectárea	t ha^{-1}
Heredabilidad	h^2	Tonelada Métrica	Tm