

# EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA CON FUENTES LIPÍDICAS SOBRE LA GANANCIA DE PESO Y NIVELES DE TESTOSTERONA SÉRICA EN TOROS BUFALINOS

## EFFECT OF NUTRITIONAL SUPPLEMENTATION WITH LIPIDS ON WEIGHT GAIN AND TESTOSTERONE LEVELS OF WATER BUFFALO BULLS

Alessandra Ximenes Santos<sup>1</sup>, Priscila Reis Kahwage<sup>1</sup>, Cristian Faturi<sup>2</sup>, José de Brito Lourenço Junior<sup>1</sup>, William Fernando Medina Alvarez<sup>3</sup>, Alexandre Rossetto Garcia<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Pará, Brasil. <sup>2</sup> Instituto de Saúde e Produção Animal, Universidade Federal Rural de la Amazonia, Brasil. <sup>3</sup> Universidad de la Amazonia, Grupo de Investigación en Biodiversidad y Desarrollo Amazónico, Colombia. <sup>4</sup> Laboratorio de Reproducción Animal, Embrapa Pecuária Sudeste, Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria, Brasil. \*La correspondencia debe dirigirse a (Correspondence should be addressed to): A. Rossetto Garcia, e-mail: alexandre.garcia@embrapa.br

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el uso de concentrados a base de torta de copra y torta de palmiste en la suplementación de toros bufalinos mantenidos en pastoreo rotacional intensivo y comprobar su efecto sobre el peso corporal, el perímetro escrotal y los niveles de testosterona sérica. Quince búfalos ( $457,8 \pm 98,3$  kg y  $3,2 \pm 1,3$  años) fueron tenidos en pastoreo (*Panicum maximum* vr. *Mombaza*) y recibieron suplementación diaria (1% del peso corporal) en comederos individuales. Los animales fueron asignados aleatoriamente en tres tratamientos: Control ( $n = 5$ ; concentrado convencional, a base de maíz y salvado de soya), T1 ( $n = 5$ ; concentrado a base de torta de copra) y T2 ( $n = 5$ ; concentrado a base de torta de palmiste). El experimento duró 252 días, subdivididos en 9 periodos de 28 días (P1 a P9). El consumo de la ración fue controlado diariamente, el peso corporal y el perímetro escrotal cada 28 días (P1 a P9), y los niveles de testosterona plasmática cada 14 días (P7 a P9). La ganancia de peso promedio varió de 0,92 a 0,97 kg/animal/día. El peso corporal y el perímetro escrotal promedio no mostraron diferencias ( $P > 0,05$ ). Los animales del T2 presentaron niveles medios de testosterona más elevados (2,2 ng/mL) frente a Control (1,8 ng/mL) y a T1 (1,6 ng/mL) ( $P < 0,05$ ). Fueron observadas correlaciones positivas entre el peso corporal y los niveles de testosterona ( $r = 0,58$ ;  $P < 0,0001$ ) y entre la testosterona y el perímetro escrotal ( $r = 0,16$ ;  $P < 0,02$ ). En conclusión, los suplementos alimenticios probados promueven un desempeño semejante al concentrado tradicional, cuando se considera el desempeño zootécnico y la evaluación de la biometría testicular en toros bufalinos jóvenes. Sin embargo, el uso de la torta de palmiste fue capaz de elevar los niveles séricos de testosterona.

**Palabras clave:** *Bubalus bubalis*; torta de copra; torta de palmiste; testosterona; circunferencia escrotal.  
JOURNAL OF VETERINARY ANDROLOGY (2017) 2(2):52-59

### ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate the effects of dietary supplements based on copra meal or palm kernel cake on body weight, scrotal circumference and testosterone levels of buffalo bulls kept in intensive rotational grazing. Fifteen buffaloes ( $457.8 \pm 98.3$  kg and  $3.2 \pm 1.3$  years) grazing areas of *Panicum maximum* vr. *Mombaza* received daily supplementation (1% of body weight) in individual feeders. Animals were randomly assigned to three treatments: Control ( $n = 5$ ; conventional concentrate based on ground corn and soy-bran), T1 ( $n = 5$ ; concentrate based on copra meal) and T2 ( $n = 5$ ; concentrate based on palm kernel cake). The experiment was conducted during 252 days, divided in nine periods of 28 days (P1 to P9). The feed intake was monitored daily, the body weight and scrotal circumference every 28 days (P1 to P9) and plasma testosterone levels every 14 days (P7 to P9). The average weight gain varied from 0.92 to 0.97 kg/animal/day. The average body weight and scrotal circumference did not differ between treatments ( $P > 0.05$ ). Animals in T2 had higher average levels of testosterone (2.2 ng/mL) compared to Control (1.8 ng/mL) and T1 (1.6 ng/mL) ( $P < 0.05$ ). Positive correlations were observed between body weight and testosterone levels ( $r = 0.58$ ;  $P < 0.0001$ ) and between testosterone and scrotal circumference ( $r = 0.16$ ;  $P < 0.02$ ). In conclusion, the new dietary supplements promoted performance similar to the conventional concentrate, considering the body weight gain and the testicular biometry in young buffalo bulls. However, the use of palm kernel cake was more efficient in raising serum testosterone levels.

**Keywords:** *Bubalus bubalis*; copra meal; palm kernel cake; testosterone; scrotal circumference.  
JOURNAL OF VETERINARY ANDROLOGY (2017) 2(2):52-59

Received/Recibido: 13/03/2017; Accepted/Aceptado: 11/04/2017

Copyright: © 2017 Ximenes Santos et al. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la [Licencia Creative Commons Attribution](#), la cual permite el uso irrestricto, la distribución y reproducción en cualquier medio, dando el crédito correspondiente al autor y la fuente original / This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



## INTRODUCCIÓN

Las dietas alimenticias pueden tener efectos benéficos sobre la eficiencia reproductiva de los machos (Liu et al., 2015), tanto para animales destinados a monta natural en campo o donadores de semen mantenidos en centrales de inseminación artificial (Adeel et al., 2009; Ghorbankhani et al., 2015). El suministro de una correcta alimentación previo a la estación reproductiva asegura a los toros una condición corporal adecuada para soportar la intensa demanda energética impuesta durante ese periodo, contribuyendo con mejor calidad del semen y fertilidad en el campo (Chacón et al., 2002). También, mayor aporte nutricional eleva la calidad de los eyaculados destinados a criopreservación, con impactos positivos sobre la cantidad y funcionalidad de los espermatozoides (Robinson et al., 2006). Por eso, el manejo alimenticio diferenciado de los toros bufalinos puede ser una estrategia interesante para elevar la producción y la calidad seminal de búfalos, principalmente para animales considerados elite (García, 2007).

Modernamente, la alimentación animal basada en el aprovechamiento de los residuos agroindustriales disponibles en las diferentes regiones del mundo está constituyendo una alternativa viable desde el punto de vista bioeconómico (Pilajun & Wanapat, 2013; Rodrigues et al., 2015), siendo también capaz de aliviar la presión ambiental en las áreas pecuarias al reducir la demanda por el uso de la tierra. En la Pan-Amazonia, subproductos industriales como la torta de copra y la torta de palmiste están disponibles para los productores rurales a un costo asequible. La torta de copra es el residuo de la extracción del aceite de coco (*Cocos nucifera*) por presión mecánica y la torta de palmiste es obtenida de la extracción física del aceite de palmiste, resultado de las almendras del fruto de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Estos subproductos tienen el potencial de sustituir a los concentrados comerciales en la alimentación de rumiantes, tales como maíz y salvado de soya, especialmente en periodos críticos del año (Souza Júnior et al. 2011; Bosa et al., 2012).

Desde el punto de vista reproductivo, el conocimiento de las características de una especie es de fundamental importancia para la explotación de su potencial de manera racional y eficiente. La utilización de la biometría testicular combinada con la producción de testosterona puede ayudar en la predicción del potencial reproductivo de un toro (Ohashi et al. 2007). Sin embargo, no hay información científica sobre el uso de la torta de copra y de la torta de palmiste, principalmente para mejorar algunas características que pueden interferir en la capacidad reproductiva de los animales. Por eso el objetivo del presente estudio fue evaluar la utilización de concentrados a base de subproductos de la agroindustria Amazónica, como torta de copra y torta de palmiste, en la suplementación de toros bufalinos en sistemas de pastoreo rotacional intensivo y verificar el efecto de la suplementación sobre el peso corporal, perímetro escrotal y los niveles de testosterona sérica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización, animales y duración del experimento

Fueron utilizados 15 toros bufalinos adultos (*Bubalus bubalis*) de raza Murrah, puros de origen, pertenecientes al rebaño de la Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria — Embrapa, criados en el campo experimental de Belém, Pará, Brasil (1°28'S, 48°27'W). Los animales fueron previamente seleccionados, teniendo como criterio su desempeño en el examen clínico general y en el examen andrológico, el cual contempló la valoración de los órganos reproductivos externos, palpación transrectal y ultrasonografía de los órganos internos y la evaluación del espermograma, conforme a las normas del Colegio Brasileiro de Reproducción Animal (CBRA, 2013). Todos los animales seleccionados para el uso en el experimento aprobaron los estándares mínimos de salud y reproductivos requeridos para toros bufalinos. Así, al inicio del experimento, los animales seleccionados formaron un lote estandarizado con una edad de  $3,2 \pm 1,3$  años, un peso promedio de  $458,0 \pm 100,1$  kg, y una evaluación andrológica similar. El experimento tuvo una duración de 252 días, siendo dividido en nueve periodos (P1 a P9) de 28 días cada uno.

### Evaluación bioética

Todos los procedimientos adoptados siguieron los principios bioéticos recomendados para la experimentación animal (Paixão., 2005). El protocolo de investigación usado fue previamente aprobado por el Comité de Ética en Investigación Animal de la Universidad Federal de Pará, Brasil (CEPAE/UFPA - Declaración BIO22-10).

### Grupos experimentales y manejo de la alimentación

Del destete hasta el inicio del experimento, los animales fueron manejados en un solo grupo, en un sistema de pastoreo, con el manejo tradicional adoptado en la Amazonia Oriental. En este sistema, los animales fueron destetados a los siete meses y mantenidos permanentemente en potreros cultivados con *Brachiaria brizantha* (vr. Marandu) con una capacidad de carga de 1 unidad animal/hectárea (UA/ha).

Al inicio del experimento, los toros fueron divididos aleatoriamente en tres grupos: Grupo Control (n = 5; suplementados con concentrado convencional), Grupo T1 (n = 5; suplementados con concentrado a base de torta de copra) y Grupo T2 (n = 5; suplementados con concentrado a base de torta de palmiste). Los animales fueron mantenidos en un lote único, en régimen de pastoreo. El área de pastoreo era de 5,4 ha cultivadas con *Panicum maximum* vr. Mombaza, el cual era dividido en 5 potreros de igual tamaño. Se adoptó el pastoreo rotacional intensivo (3,5 UA/ha), en ciclos de 30 días, siendo 6 días de ocupación y 24 días de descanso por cada potrero. Los potreros tenían una interconexión central para permitir el manejo de los animales, donde se localizaban los comederos individuales para la suplementación alimentaria y el bebedero. El agua para consumo fue brindada ad libitum en un bebedero automático. Los comederos para la suplementación eran cubiertos, con disponibilidad de 1,10 metros lineales/animal, separando de forma individual cada uno de los toros.

Las necesidades nutricionales de los búfalos fueron previamente estimadas de acuerdo con su edad y peso vivo (Paul & Lal, 2010). La suplementación alimenticia era realizada una vez al día, en horas de la mañana, con base en 1% del peso vivo del animal. En el momento de la suplementación los concentrados eran pesados, los toros eran llevados a los comederos individuales y el alimento era suministrado, siendo los animales liberados después de finalizado el consumo. En caso de que los animales no consumieran todo el suplemento, este se pesaba para calcular el consumo real. Las cantidades de concentrado se ofrecieron individualmente y se ajustaron cada 28 días, de acuerdo al peso vivo.

### Composición de los concentrados experimentales

Los concentrados experimentales fueron formulados con el software SVFR (Lana, 2007) y se realizó una inclusión del 69,3% de los subproductos agroindustriales. Los ingredientes y la composición bromatológica de los concentrados experimentales están indicados en la Tabla 1.

**Tabla 1. Ingredientes de la dieta y composición bromatológica de los concentrados experimentales para toros bufalinos.**

Ingredientes (% MS)	Grupo*		
	Control	T1	T2
Maíz en grano	62,4	18,8	2,0
Salvado de soya	24,8	-	14,9
Salvado de trigo	11,9	10,9	12,9
Torta de copra	-	69,3	-
Torta de palmiste	-	-	69,3
Piedra caliza	1,0	1,0	1,0
<b>Composición Bromatológica</b>			
MS (%)	87,13	91,63	90,97
PB (% MS)	18,46	18,21	18,89
FDN (% MS)	19,83	45,42	63,87
FDA (% MS)	11,65	28,84	35,84
EE (% MS)	3,64	8,87	11,82

MS: materia seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácida; EE: extracto etéreo.

Control: concentrado a base de maíz y soya; T1: concentrado a base de torta de copra; T2: concentrado a base de torta de palmiste.

### Evaluación del peso corporal y del perímetro escrotal

El pesaje de los animales fue realizado individualmente, cada 28 días, al inicio de los periodos experimentales en una báscula automática. El perímetro escrotal (PE, cm) fue evaluado siempre por el mismo operador con el uso de cinta métrica metálica, graduada en milímetros (Ohashi et al., 2007), simultáneamente a el pesaje.

### Determinación de testosterona

Para la determinación de las concentraciones séricas de testosterona, las colectas de sangre fueron realizadas por punción de la vena yugular, con el uso de tubos siliconados al vacío, sin anticoagulante. Después de las colectas, las muestras eran inmediatamente centrifugadas a 1350 g por 15 minutos para la separación del plasma, el cual fue fraccionado en dos muestras y acondicionado en microtubos a -20°C hasta el momento del análisis.

Las colectas de sangre iniciaron en el P7, después de 168 días del inicio de la suplementación de los toros, para garantizar el tiempo suficiente para detectar posibles efectos de la suplementación alimentaria sobre la esteroidogénesis. Las colectas fueron realizadas cada 14 días, en horas de la mañana (08:00-10:00 a.m.), durante los periodos P7, P8 y P9, totalizando 6 colectas de sangre por animal (dos colectas por periodo).

Los ensayos para determinar la testosterona fueron realizados por el método de electroquimioluminiscencia (Sánchez-Carbayo et al., 1998; Ugochukwu et al., 2011), que se basa en un principio de test comparativo y usa anticuerpos monoclonales para testosterona (Eastone & Decker, 1997). Los ensayos fueron realizados con el uso del kit diagnóstico Elecsys (Bezerra et al., 2009) con analizador automático Eleccys 2010 (Roche Diagnostics, Mannheim, Alemania), según las instrucciones metodológicas del fabricante (Roche Diagnostic, 2010). Los resultados fueron presentados como la media de las dos muestras por periodo y fueron expresados en nanogramos por mililitro (ng/mL).

### Análisis estadístico

El estudio siguió un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos (Grupos Control, T1, T2) y cinco replicas por tratamiento. Cada animal representó una unidad experimental y fueron evaluados durante nueve periodos de 28 días cada uno. Los datos fueron sometidos a evaluación descriptiva y la distribución normal de los datos fue analizada con el test de Kolmogorov-Smirnov. Ninguna de las variables necesito de transformación.

Los datos obtenidos fueron evaluados a través de análisis de varianza, mediante el procedimiento del modelo lineal general (GLM) del SAS (SAS Institute, 1993). En el modelo estadístico se incluyó el efecto de los tratamientos (grupos), del periodo y de la interacción entre ambos factores en una estructura Split-plot. Así, el modelo matemático usado contempló  $Y = \text{grupo} + \text{animal}(\text{grupo}) + \text{periodo} + \text{periodo de grupo} + \text{error}$ . La comparación de medias entre los grupos fue realizada con el test t de Student y el efecto del periodo fue evaluado por regresión polinomial y uso de la prueba F. El grado de asociación entre las variables fue determinado por correlación de Pearson. El nivel de significancia previamente adoptado fue de 5%.

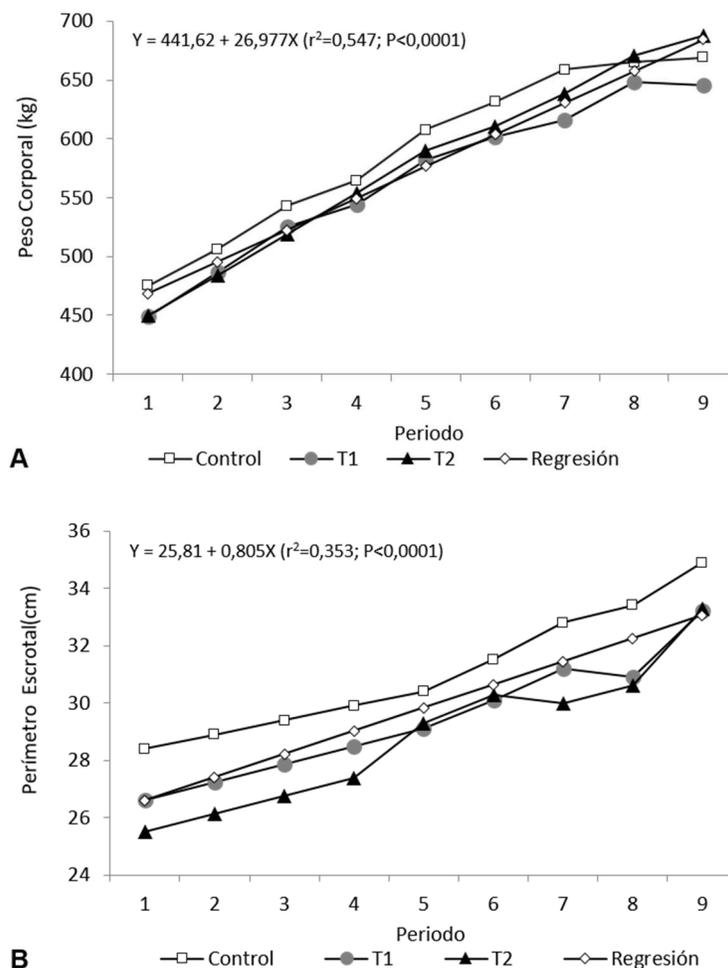
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo promedio de los concentrados no fue diferente entre grupos, siendo de  $4,7 \pm 1,2$  kg en el Control,  $3,1 \pm 0,7$  kg en T1 y  $4,5 \pm 1,0$  kg para T2 ( $P > 0,05$ ). El consumo de cada uno de los concentrados puede ser descrito conforme a las ecuaciones  $Y_{\text{Control}} = 1,721 + 1,321X - 0,113X^2$  ( $r^2 = 0,376$ ),  $Y_{T1} = 3,464 - 0,192X - 0,019X^2$  ( $r^2 = 0,026$ ) y  $Y_{T2} = 3,044 + 0,302X$  ( $r^2 = 0,537$ ). Así, en los grupos Control y T1 el consumo presentó efecto cuadrático, en cambio, en el T2 el consumo fue lineal y creciente en los periodos estudiados. Trabajos previos reportan que, como factor positivo, la inclusión de torta de palmiste en la dieta no presenta ningún problema de consumo o de desempeño zootécnico en caprinos (Rahman et al., 2013). Igualmente, ningún problema de consumo fue reportado para el uso de la torta de copra en bovinos (Jordan et al., 2006). Al analizar los datos de peso corporal, no fue verificada la interacción entre dietas y periodos. De esto modo, los concentrados a base de torta de copra o de palmiste fueron igualmente eficientes al Control para promover el desempeño corporal de los toros ( $P > 0,05$ ). En el P1, el peso promedio de los animales en el grupo Control, T1 y T2 fue de  $475,2 \pm 102,5$  kg,  $448,8 \pm 89,7$  kg e  $450,1 \pm 102,7$  kg, respectivamente. El peso promedio para los respectivos grupos se elevó a  $668,9 \pm 38,7$  kg,  $645,8 \pm 35,1$  kg e  $678,7 \pm 54,6$  kg al P9, sin variación en la ganancia de peso diaria entre grupos, que osciló entre 0,92 y 0,97 kg/animal/día ( $P > 0,05$ ). Esos valores son considerados elevados, principalmente cuando comparamos las medias de ganancia obtenidas en los sistemas tradicionales de producción de búfalos en la Amazonia. De hecho, estudios previos reportaron ganancias diarias en sistemas de pastos nativos de la Amazonia de 0,114 a 0,692 kg y en pastos cultivados de 0,331 a 0,686 kg. Cuando los pastos cultivados se asocian con suplementación diaria con salvado de trigo, las ganancias oscilan entre 0,730 y 0,830 kg y en confinamiento alcanzan 0,814 kg (Lourenço Júnior et al., 2002).

El peso corporal aumentó linealmente durante los periodos ( $P < 0,0001$ ), siendo mejor ajustado por la ecuación  $Y = 441,62 + 26,977X$  (Figura 1A). El crecimiento de los animales fue continuo, así mismo en los meses menos lluviosos, como consecuencia de la suplementación alternativa asociada al pastoreo rotacional adoptado. El desempeño de los animales a lo largo del experimento fue semejante entre los grupos, demostrando un gran potencial de las tortas de copra y de palmiste, para uso regular. Esos subproductos de la agroindustria Amazónica fueron capaces de promover el desarrollo a pastoreo de los toros jóvenes en crecimiento, sustituyendo alimentos tradicionales y más costosos como el maíz y el salvado de soya. La diferencia del consumo entre grupos no presentó ninguna diferencia en la ganancia de peso, y demuestra que parte del alimento fue utilizado en sustitución del pasto, garantizando una excelente tasa de ocupación para la región, con una media de 3,5 UA/ha.

Analizando el perímetro escrotal, no se verificó el efecto en los grupos, ni la interacción entre grupos y periodos ( $P > 0,05$ ). También se ha observado que el crecimiento escrotal fue igual entre los grupos. El perímetro escrotal medido al inicio fue de  $28,4 \pm 4,6$  cm,  $26,6 \pm 4,1$  cm y  $25,5 \pm 4,5$  cm, en los grupos Control, T1, y T2 respectivamente. Al final del P9, el perímetro escrotal promedio fue de  $34,6 \pm 2,0$  cm,  $33,0 \pm 1,9$  cm y  $32,7 \pm 1,9$  cm, respectivamente. El perímetro escrotal es una característica andrológica que ayuda en la selección de los animales, desde un punto de vista cualitativo como cuantitativo del semen, y se relaciona directamente con la fertilidad (Vale Filho et al., 1993). En el presente

estudio, el perímetro escrotal aumentó conforme a la tendencia de la ganancia de peso de los animales, comprobando que el manejo nutricional influye en el desarrollo corporal y testicular (Ohashi et al., 2007; Ohashi et al., 2011).



**Figura 1.** Gráficos de evolución del peso corporal (A) y del perímetro escrotal (B) de búfalinos suplementados con concentrados experimentales en distintos períodos (1 a 9, donde Período = 28 días). Son presentadas las regresiones generales  $Y = a + bX$  de cada variable y sus respectivos coeficientes de determinación. Control: concentrado a base de maíz y soja; T1: concentrado a base de torta de copra; T2: concentrado a base de torta de palmiste. Medias dentro del período fueron comparadas con la prueba T de Student ( $P < 0,05$ ).

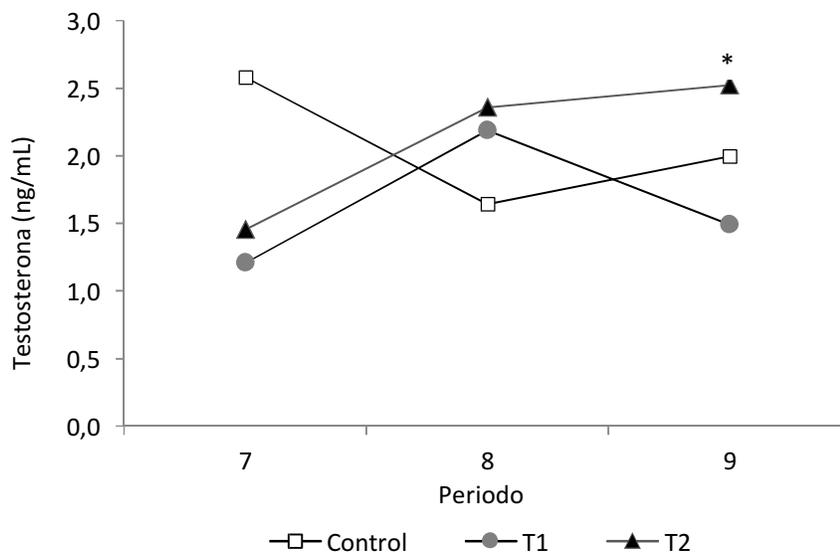
El perímetro escrotal presentó un crecimiento lineal a lo largo del tiempo, siendo ajustado por la ecuación  $Y = 25,81 + 0,8055X$  (Figura 1B), demostrando una interrelación de desarrollo continuo con el peso corporal. La correlación observada en el presente estudio entre el peso corporal y el perímetro escrotal fue de gran magnitud (0,88;  $P < 0,0001$ ). Esta información corrobora resultados previos, en los que se observó que toros búfalinos de dos a tres años de edad, tuvieron un desarrollo constante del perímetro escrotal y que este se correlacionó con el peso corporal ( $r = 0,95$ ;  $P < 0,01$ ) (Ohashi et al., 2007). Las medias de perímetro escrotal observadas en P9 para los grupos Control ( $34,6 \pm 2,0$  cm), T1 ( $33,0 \pm 1,9$  cm) y T2 ( $32,7 \pm 1,9$  cm) están de acuerdo con el rango de  $32,0 \pm 3,1$  cm (Vale et al., 2008) a  $32,7 \pm 2,7$  cm (Ohashi et al., 2007), descrito para búfalinos por encima de los 36 meses de edad. Es importante resaltar que es deseable que los búfalinos Murrah con 36 meses de edad presenten un perímetro escrotal mínimo de 32,0 cm (Vale et al., 2004; CBRA, 2013), valor alcanzado en todos los grupos experimentales evaluados.

Una posible desventaja de la alimentación rica en grasa para los toros sería el desarrollo de obesidad y exceso de grasa depositada en el escroto, que puede interferir con la termorregulación escrotal, lo que puede resultar en degeneración testicular y en el consecuente deterioro

de la calidad del semen (Adeel et al., 2009). En el presente trabajo, la suplementación al 1% del peso vivo fue utilizada con seguridad para la cría de toros bufalinos en crecimiento, sin causar efectos adversos relacionados con acumulo excesivo de grasa escrotal. Eso ocurrió porque los animales, a pesar de haber ganado peso, no presentaron un almacenamiento de grasa localizada en el escroto, lo que podría dificultar la disipación del calor local y favorecer la ocurrencia de efectos adversos a la reproducción (García et al., 2010).

No hubo diferencia en los niveles de testosterona de los diferentes grupos en P7 y P8. En tanto, en P9, la concentración fue mayor ( $P < 0,05$ ) en los animales de T2 (Figura 2). Se observó, a lo largo del tiempo, que los niveles plasmáticos de testosterona variaron, con un comportamiento creciente en los animales de T2, los cuales consumieron concentrado a base de torta de palmiste. Los animales del T2 presentaron niveles de testosterona más altos (2,2 ng/mL;  $P < 0,05$ ) que los del grupo Control (1,8 ng/mL) y el T1 (1,6 ng/mL). La producción de testosterona osciló a lo largo de los periodos evaluados para el grupo Control y T1 y mostró un comportamiento opuesto entre estos tratamientos, mientras que en el grupo T2 presentó un comportamiento creciente y uniforme. Las variaciones mensuales y las concentraciones en los grupos experimentales coinciden con resultados publicados para búfalos de 3 a 4 años de edad (Malfatti et al., 2006), los cuales registraron concentraciones de testosterona entre 0,95 y 2,12 ng/mL. Sin embargo, los niveles de testosterona observados fueron mayores que los valores de  $1,3 \pm 0,9$  ng/mL, reportados para búfalos de 4 a 5 años (Asadpour et al., 2008).

Posiblemente, las mayores concentraciones de testosterona sérica en los animales del T2 en el P9 fueron desencadenados por el mayor contenido de extracto etéreo en el concentrado a base de torta de palmiste asociado al consumo creciente. Es ampliamente conocido que la incorporación de aceite de palmiste en la dieta de bufalinos incrementa la cantidad de lípidos totales, colesterol y HDL séricos (Silva et al., 2014), favoreciendo la capacidad de progresión de los espermatozoides criopreservados (Gonçalves et al., 2014). Por otro lado, la mayor participación en la dieta de ácidos grasos saturados, los lípidos predominantes de los derivados de palmiste, elevan la producción de testosterona por incrementar la actividad de las enzimas 3- $\beta$ -hidroxisteroide-dehidrogenasa (3- $\beta$ -HSD) y 17- $\beta$ -hidroxisteroid-dehidrogenase (17- $\beta$ -HSD), cuyas actividades son cruciales para la biosíntesis de testosterona (Catalfo et al., 2009).



**Figura 2.** Niveles plasmáticos de testosterona (ng/mL) de bufalinos suplementados con concentrados experimentales en distintos periodos (Periodo = 28 días). Control: concentrado a base de maíz y soya; T1: concentrado a base de torta de copra; T2: concentrado a base de torta de palmiste. Medias dentro del periodo fueron comparadas con la prueba T de Student ( $P < 0,05$ ). \* Indica diferencia significativa ( $T2 > T1 = Control$ ).

Se observó una correlación positiva entre los niveles de testosterona y el peso corporal ( $r = 0,58$ ;  $P < 0,0001$ ), corroborando resultados previos para toros bufalinos jóvenes (Sharma et al., 1984) y adultos (Chacur, 1999; Gulia et al., 2010). Este efecto era esperado, considerando la acción fisiológica anabolizante de la testosterona. También hubo una correlación positiva entre la testosterona y el perímetro escrotal ( $r = 0,16$ ;  $P < 0,02$ ), similar a lo reportado previamente ( $r = 0,41$ ) por Sajjad et al. (2007).

La testosterona producida por las células de Leydig es esencial para el desarrollo de las características sexuales masculinas y para el mantenimiento de la espermatogénesis. Puesto que mayores niveles de testosterona pueden proporcionar a los toros bufalinos características como el aumento de la libido, mayor calidad seminal (Singh et al., 2014) y mejor congelabilidad espermática (Asadpour et al., 2008), por consiguiente, adoptar la suplementación dietética con componentes específicos que eleven la testosterona sérica puede ser una estrategia de manejo, deseable para la obtención de toros potencialmente más fértiles.

## CONCLUSIONES

Los suplementos alimenticios formulados con torta de copra o con torta de palmiste promueven un desempeño productivo y reproductivo en toros bufalinos jóvenes semejantes a los concentrados tradicionales a base de maíz y soya. Los subproductos evaluados no interfieren negativamente en el crecimiento biométrico de los testículos. Además, el concentrado a base de torta de palmiste fue capaz de promover una mayor síntesis de testosterona.

## AGRADECIMIENTOS

A la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa — Proyecto Rede BIOTEC, #01.13.06.001.03), Universidad Federal de Pará (UFPA) y Coordinación de Perfeccionamiento de Personal a Nivel Superior (CAPES) por el soporte financiero. Los autores también agradecen al Dr. Waldomiro Barioni Junior y al MSc. Shirley Flórez Rodríguez por la revisión crítica del manuscrito.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no haber conflicto de intereses.

## REFERENCIAS

- Adeel M, Ijaz A, Aleem M, Rehman H, Yousaf MS, Jabbar MA. 2009. Improvement of liquid and frozen-thawed semen quality of Nili-Ravi buffalo bulls (*Bubalus bubalis*) through supplementation of fat **Theriogenology** 71:1220-1225
- Asadpour R, Rezazadeh F, Hamali H. 2008. Blood testosterone levels in Iranian buffalo bulls and its relation with semen freezability **Journal of Animal and Veterinary Advances** 7:1559-1562
- Bezerra FQG, Aguiar Filho CR, Freitas Neto LM, Santos Junior ER, Chaves RM, Azevedo EMP, Santos MHB, Lima PF, Oliveira MAL. 2009. Body weight scrotal circumference and testosterone concentration in young Boer goat males born during the dry or rainy seasons **South African Journal of Animal Science** 39:301-306
- Bosa R, Faturi C, Vasconcelos HGR, Cardoso AM, Ramos AFO, Azevedo JC. 2012. Consumo e digestibilidade aparente de dietas com diferentes níveis de inclusão de torta de coco para alimentação de ovinos **Acta Scientiarum Animal Sciences** 34:57-62
- Catalfo GEH, Alaniz MJT, Marra CA. 2009. Influence of commercial dietary oils on lipid composition and testosterone production in interstitial cells isolated from rat testis **Lipids** 44(4):345-357 doi: 101007/s11745-008-3277-z
- Chacón J, Pérez E, Rodríguez-Martínez H. 2002. Seasonal variations in testicular consistency scrotal circumference and spermogramme parameters of extensively reared Brahman (*Bos indicus*) bulls in the tropics **Theriogenology** 58(1):41-50
- Chacur MGM. 1999. **Estresse térmico em touros bufalinos *Bubalus bubalis* avaliações das características fisiológicas da reprodução** Thesis Universidade Estadual Paulista Botucatu Brazil pp1261999
- Colégio Brasileiro de Reprodução Animal — CBRA. 2013. **Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal** 3 ed Belo Horizonte:CBRA
- Eastone JA, Decker CF. 1997. New-onset diabetes mellitus associated with use of protease inhibitor **Annals of Internal Medicine** 127:947
- Garcia AR. 2007. Influência de fatores ambientais sobre as características reprodutivas de búfalos do rio (*Bubalus bubalis*) **Revista de Ciências Agrárias** 45:1-13
- Garcia OS, Vale WG, Garcia AR, Ribeiro HFL, Ferro RS, Rolim Filho ST, Sousa EM. 2010. Experimental study of testicular insulation in buffalo **Revista Veterinária** (21):889-891
- Ghorbankhani F, Soury M, Moeini MM, Mirmahmoudi R. 2015. Effect of nutritional state on semen characteristics testicular size and serum testosterone concentration in Sanjabi ram lambs during the natural breeding season **Animal Reproduction Science** 153:22-28
- Gonçalves AA, Garcia AR, Arruda RP, Barioni Junior W, Lourenço Junior JB, Kahwage PR, Silva GR. 2014. A suplementação alimentar com ácidos graxos insaturados melhora a qualidade do sêmen criopreservado de búfalos (*Bubalus bubalis*) pós descongelamento **Semina Ciências Agrárias** 35:2467-2484

- Gulia S, Sarkar M, Kumar V, Meyer HH, Prakash BS. 2010. Divergent development of testosterone secretion in male zebu (*Bos indicus*) and crossbred cattle (*Bos indicus* x *Bos taurus*) and buffaloes (*Bubalus bubalis*) during growth **Tropical Animal Health and Production** 42(6):1143-1148
- Jordan E, Lovett DK, Monahan FJ, Callan J, Flynn B, O'Mara FP. 2006. Effect of refined coconut oil or copra meal on methane output and on intake and performance of beef heifers **Journal of Animal Science** 84(1):162-170
- Lana RP. 2007. **Sistema Viçosa de Formulação de Rações-SVFR** 4 ed Viçosa:Editora UFV
- Liu Q, Zhou YF, Duan RJ, Wei HK, Jiang SW, Peng J. 2015. Effects of dietary n-6:n-3 fatty acid ratio and vitamin E on semen quality fatty acid composition and antioxidant status in boars **Animal Reproduction Science** 162:11-19
- Lourenço Júnior JB, Teixeira Neto JF, Costa NA, Baena ARC, Carvalho LODM. 2002. Alternative systems for feeding buffaloes in Amazon region. In: **Buffalo Symposium of the Americas** 1 Belém PA **Proceedings** Belém: Embrapa p31-42
- Malfatti A, Barbato O, Todini L, Terzano GM, Debenedetti A, Borghese A. 2006. Blood testosterone levels in Italian Mediterranean buffalo bulls managed in two different breeding conditions **Theriogenology** 65:1137-1144
- Ohashi OM, Miranda MS, Cordeiro MS, Santos SSD. 2007. Desenvolvimento reprodutivo do macho bubalino: circunferência escrotal atividade espermática e endocrinologia **Revista Brasileira de Reprodução Animal** 31:299-306
- Ohashi OM, Santos SSD, Miranda MS, Cordeiro MS, Costa NN, Silva TVG. 2011. Morfologia do sistema genital distúrbio reprodutivo e manejo do macho bubalino (*Bubalus bubalis*) **Revista Brasileira de Reprodução Animal** 35(2):88-94
- Paixão RL. 2005. É possível garantir bem-estar aos animais de criação? **Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária** 11:66-73
- Paul SS, Lal D. 2010. **Nutrient requirements of buffaloes** India: SSPH 137p
- Pilajun R, Wanapat M Microbial population in the rumen of swamp buffalo (*Bubalus bubalis*) as influenced by coconut oil and mangosteen peel supplementation. 2013. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 97(3):439-445
- Rahman MM, Abdullah RB, Wan Embong WK, Nakagawa T, Akashi R. 2013. Effect of palm kernel cake as protein source in a concentrate diet on intake digestibility and live weight gain of goats fed Napier grass **Tropical Animal Health and Production** 45(3):873-878
- Robinson JJ, Ashworth CJ, Rooke JA, Mitchell LM, McEvoy TG. 2006. Nutrition and fertility in ruminant livestock **Animal Feed Science and Technology** 126:259-276
- Roche Diagnostic. 2010. Elecsys Sistema de Imunoensaio: Guia de referência em formato A4V 40
- Rodrigues LS, Menezes BP, Silva AGM, Faturi C, Silva JAR, Garcia AR, Nahúm BS, Andrade SJT, Lourenço Junior JB. 2015. Ovine feed intake digestibility and nitrogen balance in feeds containing different amounts of cupuaçu meal **Semina Ciências Agrárias** 36: 2799-2808
- Sajjad M, Ali S, Ullah N, Anwar M, Akhter S, Andrabi SMH. 2007. Blood serum testosterone level and its relationship with scrotal circumference and semen characteristics in Nili-Ravi buffalo bulls. **Pakistan Veterinary Journal**, 27(2): 63-66.
- Sánchez-Carbayo M, Mauri M, Alfayate R, Miralles C, Soria F. 1998. Elecsys testosterone assay evaluated **Clinical Chemistry** 44(8):1744-1746
- SAS Institute. 1993. **SAS/STAT User's guide: statistics 4 ed** Version 6 Cary: SAS
- Sharma IJ, Agarwal SP, Agarwal VK, Dwaraknath PK. 1984. Changes in profiles of serum sex steroids of male buffaloes from birth to maturity **Theriogenology** 22(2):175-186
- Silva GR, Garcia AR, Faturi C, Lourenço Junior JB, Nahúm BS, Gonçalves AA, Kahwage PR, Silva LHM, Meneses AMC. 2014. Adição de óleo de palma na dieta sobre a lipidemia e a qualidade do sêmen de bubalinos (*Bubalus bubalis*) **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 66:152-160
- Singh AK, Brar PS, Cheema RS. 2014. Relationships among frozen-thawed semen fertility physical parameters certain routine sperm characteristics and testosterone in breeding Murrah buffalo (*Bubalus bubalis*) bulls **Veterinary World** 7(9): 644-651
- Souza Júnior L, Lourenço Junior JB, Santos NFA, Ferreira GDG, Garcia AR, Nahúm BS. 2011. Ingestão de alimentos e digestibilidade aparente das frações fibrosas da torta de coco para ovinos **Acta Scientiarum Animal Sciences** 33:169-174
- Ugochukwu AP, Ebere OO, Okwuoma A. 2011. Effects of nimesulide on testicular functions in prepubertal albino rats **Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology** 22(4):137-140
- Vale Filho VR, Fonseca VO, Freneau GE, Guimarães JD, Castro VM, Melo MIV. 1993. Desenvolvimento testicular e maturidade sexual em bovinos **Cadernos Técnicos Escola de Veterinária UFMG** 8:63-75
- Vale WG, Magalhães NA, Magalhães DM, Ribeiro HFL. 2004. Testis growth body weight and testicular size rates in the Brazilian Murrah buffaloes In: International Congress of Animal Reproduction 15 2004 Porto Seguro **Abstracts** Porto Seguro: ICAR v1 p179
- Vale WG, Ribeiro HFL, Sousa JS, Silva AOA, Barbosa EM, Rolim Filho ST. 2008. Seleção e avaliação andrológica do reprodutor bubalino **Revista Brasileira de Reprodução Animal** 32:141-155