



Gobierno
Bolivariano
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para la Agricultura y Tierras

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas

Zootecnia
tropical

Zootecnia
tropical

Zootecnia
tropical

tropical

ecnia
tropical

Zootecnia
tropical

Zootecnia tropical

Depósito Legal: pp. 198302AR214

ISSN: 0798 - 7269

AÑO 34 VOL. 34 No. 1 2016

ZOOTECNIA TROPICAL

Zootecnia Trop.

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

EDITORIAL

La divulgación del quehacer científico, la difusión de los resultados obtenidos así como las recomendaciones generadas a colegas investigadores y usuarios son tan importantes como la propia investigación y calidad de la misma. De esta manera, un excelente trabajo de investigación puede no llegar a ser bien reconocido si no se escoge de manera acertada el medio para su divulgación, esto lo saben muy bien la mayoría de los investigadores e innovadores. El que un investigador o innovador pueda con sus hallazgos y experiencias llegar a un gran número de interesados, dependerá en gran medida del impacto que tenga la revista que escoge para comunicarse con sus colegas y usuarios.

En Zootecnia Tropical, estamos conscientes de la necesidad de mejorar cada día el impacto de nuestra publicación, es por ello, que de manera permanente y a pesar de las dificultades que significa masificar el uso de nuestra revista sin perder la calidad, trabajamos con determinación por alcanzar una indexación mayor en las bases de datos a nivel mundial; es así como Zootecnia Tropical logró ser incluida en las muy reconocidas bases de datos, Zoological Records de Thompson Reuters y SCOPUS, mejorando substancialmente nuestra visibilidad.

El acceder y mantenerse activo en estas bases de datos, requiere de un empeño adicional que implica, entre otras cosas, el estar al día en los números de las revistas publicadas, para lo cual es indispensable el apoyo de árbitros y colaboradores, así como el trabajo de nuestro equipo editorial. De aquí el reconocimiento formal que hacemos a todos por el éxito alcanzado y el llamado para redoblar esfuerzos para seguir mejorando el impacto de nuestra revista.

Luis Dickson

TABLA DE CONTENIDO Vol. 34 N° 1

Artículos Científicos

Catota-Gómez L. D., Martínez-González J. C., Castro-Espinvera J. M., López-Sampedro S. E., Acosta-Jacome M. V. y Cienfuegos-Rivas E. G. Composición química y digestibilidad <i>in situ</i> del ensilaje de cuatro variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> obtenido mediante la técnica de minisilos.....	7
Andrade-Yucailla, V., Lima-Orozco, R., Vargas-Burgos, J. C. y Velázquez-Rodríguez F. Efecto de la frecuencia de corte en <i>Arachis pintoii</i> sobre el valor nutritivo de harinas para la alimentación de cerdos.....	13
González Á., Mendoza J., Arocha F. y Márquez A. Caracterización de la pesca artesanal en el río Orinoco sector Caicara-Cabruta 2004-2008	23
Menezes de Almeida E., Soares Machado A., Cantisani Padua D. M., Rosário Silva B. C., y Ferreira Rios A. D. Efeito de tempo e diferentes biomassas no acondicionamento de Tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>) após transporte sobre o retorno a homeostase	37
Efecto del tiempo y diferentes biomassas en el acondicionamiento de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) después del transporte sobre el retorno a la homeostasis	37
Camargo García D. Calidad fermentativa y nutricional del ensilaje de <i>Pennisetum purpureum</i> cv. <i>Mott</i> con diferentes proporciones de <i>Pueraria phaseoloides</i>	47
Cardoso C. A., Rodrigues Herling V., Xavier da Costa E. J., Alves A. A. y Bruno Tech A. R. Demostración de la actividad bioeléctrica en pasto Marandú (<i>Brachiaria brizantha</i>).....	59
Nota Técnica	
Alfaro Escalona M. B., D’Lorenzo Blanco J. G., Rodríguez Hernández T. R. y Hurtado E. A. Evaluación del efecto de cinco momentos de servicio sobre la fertilidad y prolificidad de cerdas multíparas.....	71
Urbano T. C., Velásquez W., Gil H., Antón Y., Vargas A. y Salazar-Lugo R. Respuestas hematológicas de alevines de cachama (<i>Colossoma macropomum</i>) sometidos a cambios graduales de salinidad	79
Instrucciones al autor	87

TABLE OF CONTENTS Vol. 34 N° 1

Scientific Articles

Catota-Gómez L. D., Martínez-González J. C., Castro-Espinvera J. M., López-Sampedro S. E., Acosta-Jacome M. V. and Cienfuegos-Rivas E. G. Chemistry composition and <i>in situ</i> digestibility silages obtained from four <i>Pennisetum purpureum</i> varieties through the minisilos technique.....	7
Andrade-Yucailla, V., Lima-Orozco, R., Vargas-Burgos, J. C. and Velázquez-Rodríguez F. Effect of harvesting frequency of <i>Arachis pintoi</i> on flour nutritive value for pigs feed	13
González Á., Mendoza J., Arocha F. and Márquez A. Artisanal fishery characterization in the river Orinoco Caicara-Cabruta sector 2004-2008.....	23
Menezes de Almeida E., Soares Machado A., Cantisani Padua D. M., Rosário Silva B. C., and Ferreira Rios A. D. Time effect and different biomasses in Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) conditioning after transport on the return to homeostasi.....	37
Camargo García D. Fermentation and nutritional quality of <i>Pennisetum purpureum</i> silage cv. <i>Mott</i> with different proportions of <i>Pueraria phaseoloides</i>	47
Cardoso C. A., Rodrigues herling V., Xavier da Costa E. J., Alves A. A. and Bruno Tech A. R. Bioelectrical activity demonstration in Marandu grass (<i>Brachiaria brizantha</i>)	59
Technical Note	
Alfaro Escalona M. B., D'Lorenzo Blanco J. G., Rodríguez Hernández T. R. and Hurtado E. A. Effect evaluation of five service moments on the fertility and prolificacy of multiparous sow.....	71
Urbano T. C., Velásquez W., Gil H., Antón Y., Vargas A. and Salazar-Lugo R. Hematological response of cachama fry (<i>Colossoma macropomum</i>) undergoing gradual salinity changes.....	79
Instructions to the author	87

Composición química y digestibilidad *in situ* del ensilaje de cuatro variedades de *Pennisetum purpureum* obtenido mediante la técnica de minisilos

Chemistry composition and *in situ* digestibility silages obtained from four *Pennisetum purpureum* varieties through the minisilos technique

Luis David Catota-Gómez^{1,2}, Juan Carlos Martínez-González^{1*}, José Moisés Castro-Espinvera², Sandra Elizabeth López-Sampedro³, Marco Vinicio Acosta-Jacome² y Eugenia Guadalupe Cienfuegos-Rivas^{1,2}

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias. Tamaulipas, México. *Correo electrónico: jmartinez@uat.edu.mx. ²Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo, Ecuador. ³Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

RESUMEN

En la presente investigación se analizó la composición química y digestibilidad *in situ* del ensilado de cuatro variedades de *Pennisetum purpureum* (cv. Camerún, King Grass, Maralfalfa y Elefante). Las variedades fueron sembradas en la Granja Experimental "El Oasis" de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Sede Santo Domingo en Ecuador; el material fue cosechado a 75 días de rebrote, para luego proceder a ensilar en tanques de plástico (200 l). Después de 28 días se realizaron los análisis químicos Proximal, Van Soest y la digestibilidad *in situ* (por 48 h), los datos fueron analizados mediante un diseño de bloques completos al azar y tres repeticiones. Las variedades no mostraron diferencias ($P>0,05$) en cuanto a los porcentajes de los nutrientes del análisis proximal, excepto para lignina ($P<0,05$) con valores para Camerún de 7,4; Maralfalfa 6,6; King Grass 6,6 y Elefante de 8,2%. La media general para proteína cruda fue de 5,1; fibra cruda 45,9; fibra detergente neutra 73,2 y fibra detergente ácida de 52,2%; siendo el porcentaje de digestibilidad para Camerún, Maralfalfa, King Grass y Elefante ($P>0,05$) de 52,3; 54,5; 51,8 y 50,4%, respectivamente. Se concluye que las cuatro variedades de *P. purpureum* son similares en cuanto a las características nutrimentales, excepto para la concentración de lignina.

Palabras clave: Calidad nutrimental, pastos de corte.

ABSTRACT

In this research, the chemistry composition and *in situ* digestibility silage of four *Pennisetum purpureum* varieties (cv. Cameroon, King Grass, Maralfalfa and Elephant) was analyzed. The forages were planted at the Experimental Station "The Oasis" at the Universidad Tecnológica Equinoccial campus Santo Domingo in Ecuador; the materials were harvested at 75 days regrowth, and then proceed to silage in plastic tanks (200 l). After 28 days the chemical analysis Proximal, Van Soest and *in situ* digestibility (48 h) were performed, data were analyzed using a completely randomized blocks design with three repetitions. The percentages of the nutrients were not significantly different ($P>0.05$) between varieties, except for lignin ($P<0.05$), with values 7.4; 6.6; 6.6 and 8.2%, for Cameroon, Maralfalfa, King Grass and Elephant respectively. The general averages for crude protein was 5.1; crude fiber 45.9; neutral detergent fiber 73.2 and acid detergent fiber 52.2%. The digestibility was not significant ($P>0.05$) for Cameroon, Maralfalfa, King Grass and Elephant (52.3; 54.5; 51.8 and 50.4%). It concludes that the four varieties of *P. purpureum* are similar about the nutritive characteristics, except for the lignin concentration.

Key words: Nutritional quality, cutting grasses.

INTRODUCCIÓN

Las gramíneas constituyen el 20% de la biomasa vegetal en el mundo (Hernández y García, 2008) y se encuentran presentes en casi todos los ecosistemas terrestres (Herrera y Cortés, 2009); constituyen el principal alimento y fuente de energía para los rumiantes y fauna silvestre (Aguado *et al.*, 2004). Dentro de las gramíneas, el género *Pennisetum* es muy utilizado en las regiones tropicales como forraje de corte para la alimentación del ganado, por el alto volumen de producción de biomasa. Sin embargo, el crecimiento de estos pastos es estacional, con abundancia de producción durante la época lluviosa que puede ser conservado por medio de ensilajes y así almacenar y disponer de la biomasa para la alimentación animal en las temporadas en que los cultivos reducen su producción, debido a condiciones climáticas adversas (Zambrano *et al.*, 2008).

El ensilaje consiste en la preservación de los pastos mediante una fermentación natural en condiciones anaeróbicas (Cárdenas *et al.*, 2003), es también una de las estrategias de conservación de las plantas forrajeras más utilizadas en los sistemas de producción. Sin embargo, pequeños productores en las regiones tropicales confrontan el exceso de humedad durante los procesos de ensilaje; lo que puede resolverse mediante el uso de minisilos, en tanques de plástico con capacidad de 200 l. Éstos pueden elaborarse manualmente y producir forraje ensilado de alta calidad por ser una tecnología eficiente de bajo impacto ambiental (Guevara *et al.*, 2009).

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar la composición química, los componentes de la fibra y la digestibilidad *in situ* del ensilaje de cuatro variedades de gramíneas del género *Pennisetum purpureum* (cv. Camerún, King Grass, Maralfalfa y Elefante), obtenido mediante la técnica de minisilos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la Granja Experimental "El Oasis", propiedad de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE), Sede Santo Domingo de los Tsáchilas en Ecuador. La Granja se encuentra localizada a 0° 13,29' de latitud sur, 79° 15,83' de longitud

oeste y a 416 m.s.n.m. El clima prevaleciente se caracteriza por una temperatura media anual de 23,5°C y precipitación anual de 2700 mm. Los suelos se forman sobre depósitos de ceniza volcánica y son clasificados como Andisoles, con un pH: 5,9 medianamente ácido y 2.2% de materia orgánica (Miranda, 2010).

Las distintas variedades de pasto fueron sembradas en parcelas de 2 x 2 m distribuidas al azar en tres repeticiones, con un distanciamiento de 1,0 m entre surcos y 0,5 m entre plantas en cada surco, a una profundidad de 4 cm; se dejó un espacio de 1,0 m entre parcelas. A los 30 días se realizó una resiembra y un corte de homogenización al inicio del experimento. La materia seca fue estimada con base a trabajos previos donde se calculó que el pasto con 75 días de rebrote presentaba una humedad de aproximadamente de 25 a 30% de agua. Para los minisilos se utilizaron tanques de plástico con capacidad de 200 l y perforaciones en la base para facilitar el drenaje del líquido acumulado. La carga de los tanques se hizo en capas de pasto de 30 cm, aplastadas con prensa hidráulica a una presión de 150 a 200 lb para la eliminación de oxígeno y humedad. Una vez llenos los tanques (minisilos) se sellaron herméticamente con silicona industrial, sólo en el borde superior con plástico transparente de 2 mm y presionados con cinta de embalaje; los tanques permanecieron en posición vertical en un lugar sombreado a temperatura ambiente.

Los minisilos se abrieron a los 28 días de su elaboración. Los análisis Proximal (AOAC, 1990) y Van Soest (1994) se realizaron en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Escuela de Ingeniería Zootécnica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador. Las muestras se colocaron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65°C, hasta obtener la materia seca a peso constante. Seguidamente, se molieron en un molino con criba de 2 mm, con el objeto de almacenarlas en fundas herméticamente cerradas para su posterior análisis en laboratorio.

La determinación del porcentaje de la digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) se realizó dentro del campo experimental Tunshi ubicado en la parroquia Licto Riobamba, de la Escuela de Ingeniería Zootécnica (ESPOCH); para éste estudio se utilizaron tres vacas de

la raza Holstein con un peso promedio de 560±23 kg provistas con cánula ruminal. La estimación del porcentaje de digestibilidad (Eq 1) se realizó a través de la técnica *in situ*, cada muestra fue colocada en bolsas de dacrón e insertadas en el rumen por 48 hr, posteriormente se realizó la digestión química con pepsina en el Laboratorio de Nutrición Animal en la ESPOCH, para determinar la digestibilidad de los ensilajes provenientes de los pastos evaluados (Vanzant *et al.*, 1998).

$$\text{DISMS} = \frac{\text{MS INICIAL} - \text{MS RESIDUAL}}{\text{MS INICIAL}} \times 100$$

Eq 1)

Donde: DISMS= digestibilidad *in situ* de materia seca; MS = Materia seca.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con el factor variedad y tres repeticiones (SAS, 2001), en los casos donde existió diferencias significativas entre las variedades se utilizó la prueba de Tukey con P<0,05 (SAS, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la valoración química del ensilaje de las cuatro variedades de la especie *P. purpureum* (cv. Camerún, King Grass, Maralfalfa y Elefante), se muestran en el Cuadro. Se observaron diferencias significativas (P<0,05)

para la lignina ácida detergente (LAD) cuyo mayor contenido lo presentó la variedad Elefante. Los valores detectados en este estudio fueron superiores a los reportados por Rodrigues *et al.* (2007) quienes al evaluar el efecto del ensilaje de pasto Elefante (*P. purpureum*) encontraron 4,87% de LAD a los 80 días de corte. En otra investigación con ensilaje de pasto Elefante (*P. purpureum*) se encontró 8,31% de LAD a los 70 días de corte (Ferrari y Lavezzo, 2001).

Estos resultados pueden ser causados por la relación existente entre los procesos de lignificación de la pared celular de las plantas, con el incremento de la proporción de los tallos y senescencia de las hojas (Herrera *et al.*, 1994), misma situación se ha observado en las leguminosas (Castillo-Gallegos *et al.*, 2013).

Con relación a la proteína cruda (PC), se encontró un valor promedio de 5,09%, sin diferencias significativas (P>0,05) entre las variedades. Este valor es similar a los reportados en la literatura consultada (Carvalho *et al.*, 2010; Monteiro *et al.*, 2011; Tavares *et al.*, 2011). Sin embargo, Cárdenas *et al.* (2003) en México y Rodrigues *et al.* (2007) en Brasil encontraron que el ensilaje de *P. purpureum* con la inclusión de pulpa de cítricos presentaba un 7,2 y 9,0% de PC, respectivamente. Los resultados de extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN) probablemente se debieron a

Cuadro. Variables de calidad del ensilaje de cuatro variedades de *Pennisetum purpureum* (cv. Camerún, King Grass, Maralfalfa y Elefante).

Variables Calidad	Camerún	Maralfalfa	King Grass	Elefante	Media General ± DE
Cenizas (%)	14,20	13,12	13,69	12,43	13,36 ± 0,76
Extracto etéreo (%)	2,07	1,90	2,14	2,01	2,03 ± 0,10
Proteína cruda (%)	5,45	4,83	5,44	4,64	5,09 ± 0,42
Fibra cruda (%)	46,21	47,00	43,21	47,05	45,87 ± 1,81
Extracto libre de nitrógeno (%)	32,08	33,15	35,53	33,88	33,66 ± 1,45
Energía kcal [100 g] ⁻¹	397,60	400,90	399,10	404,20	400,45 ± 2,84
Fibra neutro detergente (%)	72,73	73,32	72,52	74,17	73,19 ± 0,74
Fibra ácida detergente (%)	52,17	51,57	51,16	53,92	52,21 ± 1,22
Lignina (%)*	7,40 ^{ab}	6,59 ^b	6,60 ^b	8,23 ^a	7,21 ± 0,42

*Literales diferentes dentro de hilera muestran diferencias significativas, Tukey (P<0,05).

que todas las variedades fueron cortadas a la misma edad de rebrote (75 días) y la preparación de los ensilajes fue bajo las mismas condiciones.

Por otro lado, la fibra cruda (FC) mostró un promedio de 45,9% (Cuadro) sin diferencias significativas ($P>0,05$), entre las cuatro variedades de *Pennisetum*. Los resultados de FC reportados en estudios anteriores son variables y parecen depender del tratamiento aplicado al pasto. En el caso de la variedad Maralfalfa, se observaron valores de FC de 41,5% para muestras que recibieron fertilización, éstas fueron cortadas a los 60 días y no se sometieron a procesos de ensilaje (Ramírez y Pérez, 2006).

En muestras de la variedad Elefante de 70 días, ensilado con adición de yuca (*Manihot esculenta*), el valor de FC reportado fue de 38,7% (Ferrari y Lavezzo, 2001). Del mismo modo, Zambrano *et al.* (2008) reportaron valores de 30,9% de FC en la variedad King Grass fresco, ensilado con *Leucaena leucocephala*. El comportamiento de la FC se puede explicar por los cambios en la composición morfológica de la planta, la disminución de las hojas (senescencia) y el aumento de los carbohidratos estructurales con el avance de la edad fisiológica (Zemmelink y Mannetje, 2002).

Con respecto a la fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) no se encontraron diferencias significativas ($P>0,05$), entre variedades (Cuadro); estudios realizados en Brasil con el pasto *P. purpureum* cv. Elefante con la ayuda de diferentes aditivos (Ferrari y Lavezzo, 2001; Souza *et al.*, 2003) reportaron valores de 74,1% para FDN y 47,6% para FDA. Por otro lado, se detectaron valores para FDN y FDA de 65,8 y 41,1%, respectivamente, en *P. purpureum* cv. Elefante, adicionado de productos alternativos (Monteiro *et al.*, 2011).

De igual modo, Carvalho *et al.* (2010) evaluaron la digestibilidad aparente del pasto Elefante ensilado con diferentes aditivos y encontraron valores de 78,9% para FDN y 46,7% para FAD.

La media de digestibilidad *in situ* del ensilaje de las cuatro variedades de *Pennisetum* fue de 52,3% sin diferencias estadísticas ($P>0,05$) debidas a la variedad (Figura).

Los valores detectados en este estudio fueron menores a los indicados por Zambrano *et al.* (2008) quienes reportaron una digestibilidad del pasto King Grass (*P. purpureum*) fresco ensilado con *Leucaena leucocephala* de 62,2%. Así como, Cárdenas *et al.* (2003) reportaron 63,9% de digestibilidad en el ensilaje de *Pennisetum*.

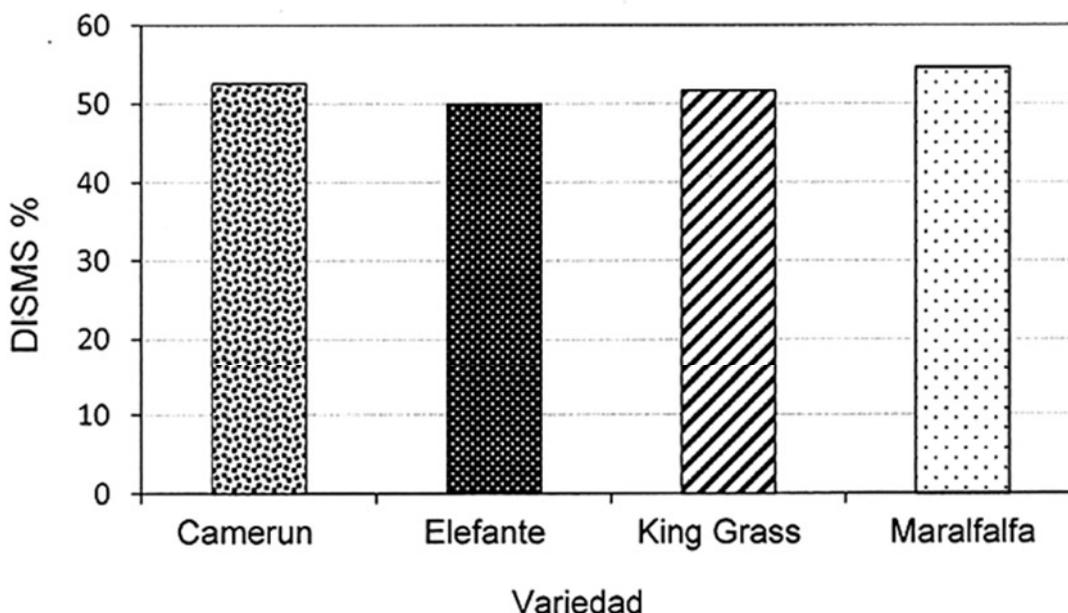


Figura. Porcentaje de digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) de ensilajes de cuatro variedades de *Pennisetum purpureum*.

CONCLUSIONES

Los ensilajes de variedades de *Pennisetum purpureum* no mostraron diferencias en cuanto a las características nutrimentales; excepto el ensilaje de la variedad Elefante, el cual presentó la mayor concentración de lignina. La digestibilidad *in situ* no fue afectada por la variedad del *P. purpureum*.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE) en Ecuador por la financiación para llevar a cabo esta investigación, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) en Ecuador por el apoyo técnico en el Laboratorio de Nutrición Animal y a la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) en México.

LITERATURA CITADA

- Aguado, G. A., Q. Rascón, J. L. Pons, O. Grageda y E. García. 2004. Manejo biotecnológico de gramíneas forrajeras. *Rev. Mex. Cien. Pecu.* 42(2):261-276.
- AOAC. Official Methods of Analysis. 1990. 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia, USA. 771 p.
- Cárdenas, J. V., C. A. Sandoval y F. J. Solorio. 2003. Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. *Rev. Mex. Cien. Pecu.* 41(3):283-294.
- Carvalho Junior, J. N., A. J. V Pires, C. M. Veloso, F. F. Silva, R. A. Reis e G. G. P. Carvalho. 2010. Digestibilidade aparente da dieta com capim-elefante ensilado com diferentes aditivos. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 62(4):889-897.
- Castillo-Gallegos, E., J. G. Estrada-Flores, B. Valles-de la Mora, O. A. Castelán-Ortega, E. Ocaña-Zavaleta y J. Jarillo-Rodríguez. 2013. Rendimiento total de materia seca y calidad nutritiva de hojas y tallos jóvenes de cuatro accesiones de *Cratylia argentea* en el trópico húmedo de Veracruz, México. *Avance en Investigación Agropecuaria (AIA).* 17(1):79-93.
- Ferrari, JR. E e W. Lavezzo. 2001. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurcheado ou acrescido de farelo de mandioca. *Rev. Bras. Zootec.* 30(5):1424-1431.
- Guevara, E., M. J. Villamide, I. Rodríguez, J. L. Gil y C. Blanco. 2009. Minisilos de gramíneas y leguminosas una alternativa para la alimentación de pequeños rumiantes. *INIA Divulga* 14:2-7. Instituto Nacional de Investigadores Agrícolas (INIA). Venezuela.
- Hernández, J. E y E. García. 2008. Las Gramíneas en Al-Andaluz. p 237-283. **En:** La transformación del paisaje agrícola peninsular del Medioevo al Renacimiento: plantas ornamentales y hortenses. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España).
- Herrera, A. y A. O. Cortés. 2009. Diversidad de las gramíneas de Durango, México. *Polibotánica* 28:49-68.
- Herrera, R., R. Cruz y O. Martínez. 1994. Estudio de mutantes de King Grass (*Pennisetum purpureum*) obtenidos mediante técnicas nucleares y mutágenos químicos. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 28(2):239-247.
- Miranda, K. 2010. Agenda zonal para el buen vivir, propuestas de desarrollo y lineamientos para el ordenamiento territorial. Monsalve Moreno. Ecuador. 95 p.
- Monteiro, I. J. G., J. G. Abreu, L. D. S. Cabral, M. D. Ribeiro e R. H. P. Reis. 2011. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. *Acta Scientiarum Anim. Sci.* 33(4):347-352.
- Ramírez, Y. e J. Pérez. 2006. Efecto de la edad de corte sobre el rendimiento y composición química delo pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*). *Rev. Unell. CiencTec.* 24:57-62.
- Rodrigues, P. H. M., J. R. Lobo, E. D. Silva, L. F. O. Borges, P. M. Meyer e J. Demarchi. 2007. Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de

- capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). R. Bras. Zootec. 36(6):1751-1760.
- SAS. 2001. User's Guide Statistics. Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Souza, A. D., F. S. Bernardino, R. García, O. G. Pereira, F. C. Rocha e A. J. V. Pires. 2003. Valor nutritivo de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com diferentes níveis de casca de café. R. Bras. Zootec. 32(4):828-833.
- Tavares, V. B., J. C. Pinto, A. F. Barcelos, J. Augusto, A. V. Muniz e J. R. de Carvalho. 2011. Efeitos da adição de batata na silagem de capim-elefante sobre o consumo e a produção de vacas leiteiras. R. Bras. Zootec. 40(12):2706-2712.
- Van Soest, P. 1994. Nutrition ecology of the ruminant. Second Edition. Cornell University Press. 488 p.
- Vanzant, E. S., R. C. Cochran and E. C. Titgemeyer. 1998. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. J. Anim. Sci. 76(10):2717-2729.
- Zambrano, C., D. Sánchez y J. Uzcátegui. 2008. Consumo y digestibilidad de Pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*) Fresco y ensilado con *Leucaena leucocephala* en ovinos en crecimiento. Rev. Unell. Cienc. Tec. 24:77-82.
- Zemmelink, G. and L. Marnetje. 2002. Value for animal production (VAP): a new criterion for tropical forage evaluation. Anim. Feed Sci. Techn. 96(1):31-42.

Efecto de la frecuencia de corte en *Arachis pinto* sobre el valor nutritivo de harinas para la alimentación de cerdos

Effect of harvesting frequency of *Arachis pinto* on flour nutritive value for pigs feed

Veronica Andrade-Yucailla^{1*}, Raciél Lima-Orozco^{2,3}, Julio Cesar Vargas-Burgos¹
y Francisco Velázquez-Rodríguez¹

¹Unidad de Producción y Comercialización, Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA), Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador. *Correo electrónico: crisita_2725@hotmail.com
²Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), Santa Clara, Cuba. ³Centro de Investigaciones Agropecuarias (UCLV) Santa Clara, Cuba.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de tres frecuencias de corte (20, 35 y 50 días) sobre el rendimiento forrajero y el valor nutritivo de la harina del forraje de *Arachis pinto* (cultivar CIAT – 18751) como alternativa para la alimentación de cerdos en crecimiento-ceba. El estudio se realizó en cultivos establecidos en la Amazonia Ecuatoriana a través de un diseño de bloques al azar con ayuda de un arreglo factorial (3x3). La mayor producción forrajera y de materia seca (MS) por hectárea (ha) al año ($P < 0,001$) se alcanzó con la frecuencia de corte (FC) de 20 días (d) a pesar de ser ésta la de menor concentración de MS (178 g/kg forraje verde vs. 211 g/kg forraje verde a los 35 ó 50 d). La mayor ($P < 0,05$) concentración de proteína bruta (PB) correspondió al material vegetativo cosechado en FC de 20 d. La FC no tuvo influencia ($P > 0,05$) sobre la energía digestible y metabolizable. Los resultados muestran que la harina de forraje de *A. pinto* producida a una FC de 35 d presentó el mayor ($P < 0,001$) contenido de aminoácidos. Por lo antes expuesto y en las condiciones agrometeorológicas en las que se realizó el estudio, la harina de forraje *A. pinto* (cultivar CIAT – 18751) mostró mejores resultados integrales cuando fue cosechada en FC de 20 y 35 d, aunque la proporción de aminoácidos con respecto a la PB fue superior a los 35 d, lo que sugiere mayor calidad nutritiva para cerdos en crecimiento – ceba.

Palabras clave: maní forrajero, CIAT – 18751, digestibilidad *in vitro*.

ABSTRACT

The effect of three harvesting frequency (20, 35 and 50 days) on forage yield and nutritive value of forage meal from *Arachis pinto* (cultivar CIAT – 18751) as feeding alternative to growing-fattening pigs was assessed. The study was carry out in stablished crops in the Ecuadorian Amazon through a randomized block design by means of a factorial arrangement (3x3). The highest ($P < 0,001$) forage production (ha year⁻¹) was obtained at harvesting frequency (HF) of 20 days (d) in spite of this HF showed the lower dry matter (DM) content (178 g kg⁻¹ FM vs. 211 g kg⁻¹ FM at HF of 35 or 50 d, respectively). The highest ($P < 0,05$) crude protein (CP) content was showed by forage meal at HF of 20 d. The HF had not influence ($P > 0,05$) on digestible and metabolizable energy contents. Based on the above the forage meal from *A. pinto* produced at HF of 35 d showed the highest ($P < 0,001$) aminoacid content. Under the agrometeorological conditions in which was developed the present study the forage meal from *A. pinto* (cultivar CIAT – 18751) showed the best integrals results when was harvested at HF of 20 and 35 d, although the aminoacidic CP ratio was higher at HF of 35 d, this suggest higher nutritive value to growing-fattening pigs.

Key words: peanut forage, CIAT – 18751, *in vitro* digestibility.

INTRODUCCIÓN

Las condiciones socioeconómicas y tecnológicas de los países en vías de desarrollo, no permiten el aumento de una producción porcina sustentable, sí se siguen los parámetros impuestos por los modelos productivos transferidos de países desarrollados (Parra *et al.*, 2002).

El significado de la palabra “eco-desarrollo” incluye la armonización del desarrollo con los aspectos económicos y sociales como manejo ecológicamente prudente de los recursos medio-ambientales. Este es un enfoque que requiere fomentar cada ecosistema para satisfacer las necesidades de la población, a través de medios y de tecnologías apropiadas (Braun, 1991).

La cría de cerdos en crecimiento - ceba con harina del forraje de *Arachis pintoii* es una alternativa para el sistema productivo de pequeña y mediana escala a fin de satisfacer las necesidades de aquellos productores que están en la búsqueda de nuevas oportunidades que requieran de poco capital y tengan una amplia vía de comercialización. Principalmente, si se piensa en el costo que conlleva una alimentación con balanceados a base de maíz, soya y productos importados por el Ecuador (Nieves *et al.*, 2002).

El trópico ofrece numerosas ventajas que se deben aprovechar para obtener una producción porcina acorde a las condiciones de esta región. Ecuador cuenta con gran variedad de plantas que por su velocidad de crecimiento, aportan biomásas suficientes para suplir gran parte de las necesidades alimenticias de los animales, una de ellas es el forraje de *A. pintoii*; recurso de gran valor proteico para los animales monogástricos (Pico, 2010).

A. pintoii, se ha convertido en una opción forrajera para mejorar los sistemas ganaderos transformándolos en sustentables, debido a que estimula la diversidad biológica y recupera los suelos degradados; sirviendo como fuente importante de proteínas metabolizables para los animales de altos requerimientos nutricionales (Bourrillon, 2007). *A. pintoii*, es una especie que resiste el pastoreo por la presencia de estolones, asociándose muy bien con gramíneas de crecimiento agresivo y acepta por los animales (Pizarro *et al.*, 1996 y Dávila *et al.*, 2004).

En virtud de lo anteriormente planteado, el empleo de la harina del forraje de *A. pintoii* en la alimentación porcina pudiera atenuar los altos costos de los alimentos concentrados para los pequeños y medianos productores de porcinos en la región amazónica. Por lo tanto, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de la frecuencia de corte sobre el rendimiento forrajero y el valor nutritivo de la harina del forraje de *A. pintoii* para cerdos en crecimiento – ceba.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigación, postgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) Universidad Estatal Amazónica, ubicado en el km 44, vía Puyo Tena, Cantón Carlos Julio Arosemena Tola, Provincia de Napo. Geográficamente se encuentra ubicado a 700 m.s.n.m., 1° 13' 33.267" latitud Sur y a 78° 01' 0" longitud Oeste. Bajo un ambiente tropical, con clima cálido – húmedo y precipitación anual de 4000 mm; la humedad relativa es de 80% y la temperatura varía de 15 a 25 °C. Su topografía se caracteriza por relieves ligeramente ondulados sin pendientes pronunciadas, distribuidos en mesetas naturales de gran extensión. El suelo (Inseptisoles) tiene una composición muy heterogénea sin embargo, la mayoría tiene su origen en los sedimentos fluviales procedentes de la región andina del país (Mariño, 2002).

Manejo previo del cultivo

Se utilizaron cultivos establecidos de maní forrajero CIAT - 18751 (año 2012); para iniciar el estudio se realizó un corte de homogenización previo y se permitió un periodo de establecimiento de 60 d. Se fertilizó con humus de lombriz a razón de 12 t/ha (Bonifaz, 2011).

Diseño Experimental

Los tratamientos utilizados consistieron en tres FC durante un año (20, 35 y 50 d). Se establecieron tres parcelas experimentales de 25 m² (5x5 m) por cada FC, éstas se distribuyeron al azar en cada uno de los bloques conformados.

Procedimiento experimental

La cosecha se realizó en un área de 16 m² de la zona central de la parcela y los tratamientos

se realizaron a una altura de corte de 5 cm del suelo (Dávila *et al.*, 2011). Todo el material fue pesado, troceado y homogenizado; la evaluación de producción de materia verde y seca se realizó mediante el método de muestreo semidestructivo con cuadro metálico de 0.25 m² propuesto por Bobadilla (2009).

Inmediatamente después de la cosecha, tres kilogramos de forraje verde por parcela fueron secados en estufa (Digitheat 2001244, España) a 65 °C durante 72 horas por triplicado.

Para la obtención de la harina, el material secado fue molido en un molino de martillo (Stihl, Ecuador) a un (1) mm de tamaño de partícula, 500 g se guardaron en fundas ziploc a temperatura ambiente (25 ± 2 °C), hasta que las muestras (105) fueron mezcladas y homogenizadas en tres grupos de acuerdo a la FC; con tres submuestras en cada FC, como se describe a continuación: en la FC de 20 d se agruparon las muestras secas procedentes de los cortes del 1-6, del corte 7-12 y del corte 13-18; en la FC de 35 d se agruparon del corte 1-4, del corte 5-7 y del corte 8-10; en la FC de 50 d se agruparon del corte 1-3, del corte 4-5 y del corte 6-7.

Posteriormente, fueron llevadas al laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Experimental Santa Catalina, Cutuglagua, Pichincha, Ecuador para el análisis proximal; la determinación de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) y extracto etéreo (EET) se realizó mediante el procedimiento de UFlorida (1970). El fraccionamiento de la fibra se efectuó siguiendo el procedimiento de Van Soest *et al.* (1991) donde la fibra neutra detergente (FND) se analizó con amilasa termoestable y fue expresada exclusiva de ceniza residual; la fibra ácida detergente (FAD) fue determinada secuencialmente en el residuo de la FND y expresada exclusiva de ceniza residual, la hemicelulosa se calculó como la diferencia entre FND y la FAD. La celulosa y la lignina se determinaron de acuerdo a la metodología de Van Soest *et al.* (1991) donde la lignina fue oxidada con permanganato. La energía bruta (EB) de las muestras fue evaluada mediante una bomba calorimétrica (C 6000 Global Standards, Suiza), calculándose los valores de energía digestible (ED) y metabolizable (EM), de acuerdo

al procedimiento descrito por UFlorida (1974). La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y la materia orgánica (DIVMO) fue establecida de acuerdo a la metodología de UFlorida (1970), mientras que el contenido de aminoácidos se evaluó según los protocolos del CIMMYT (1985).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se procesaron mediante el paquete SPSS ver. 21 (SPSS, 2012). Se empleó un diseño de bloques al azar de 3 repeticiones con arreglo factorial (3x3), para comparar el valor nutritivo de la harina de forraje de *A. pintoi* en cada frecuencia de corte como sigue:

$$Y = \mu + FC_{i=1-a} + B_{j=1-a} + \epsilon$$

Con $FC_{i=1-3}$, la frecuencia de corte (20 vs. 35 vs. 50) y $B_{j=1-3}$, el bloque (1 vs. 2 vs. 3). Además la prueba de rangos múltiples de Tukey fue empleada para detectar las diferencias entre los tratamientos (SPSS, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción forrajera

Se observó un aumento de la producción forrajera por corte con la disminución de la frecuencia de corte ($P < 0,05$). Los resultados obtenidos muestran que con una FC de 20, 35 y 50 días, se obtienen 1,04; 1,47 y 1,90 t MS ha⁻¹ de forraje por corte, respectivamente. Esta tendencia se explica por la relación directamente proporcional entre la edad de la planta y la biomasa producida, aun cuando el valor nutritivo disminuye con la edad del cultivo (Ledesma, 2011; Villarreal *et al.*, 2005). Sin embargo, la mayor producción forrajera y de MS por ha al año ($P < 0,05$) se alcanzó con la FC de 20 d (Cuadro 1) a pesar de ser esta FC la de menor concentración de MS en el forraje verde (178 gkg⁻¹ FV vs. 211 gkg⁻¹ FV a los 35 o 50 d). Estos resultados se deben a que se pueden realizar 18 cortes con frecuencia de 20 d vs. 10 cortes (35 d) vs. 7 cortes (50 d).

Reportes previos muestran rendimientos forrajeros de 24,2-26,8 t MS ha⁻¹ por año (Villarreal *et al.*, 1999) y 18-22 t MS ha⁻¹ (Rincón *et al.*, 1992); estos valores son superiores a los obtenidos en el presente estudio. Sin embargo, se debe considerar las condiciones agroecológicas en las que se realizó el estudio

Cuadro 1. Rendimiento forrajero de *Arachis pinto* cultivar CIAT-18751 cosechado a tres frecuencias de corte.

Variable ¹ (t ha ⁻¹ por año)	Frecuencia de corte (días) ²			EE	P Value ³	
	20	35	50		FC	B
Producción de FV	105 ^a	69,7 ^b	62,5 ^c	3,71	<0,001	0,726
Producción de MS	18,7 ^a	14,7 ^b	13,3 ^c	0,48	<0,001	0,679

¹FV: forraje verde; MS: materia seca; (n=9). ²Letras diferentes en la misma hilera difieren estadísticamente para P<0,05. ³ Significación estadística acorde al modelo general lineal; FC: frecuencia de corte; B: bloque como factor aleatorio.

ya que fue desarrollado bajo un bosque húmedo tropical a 172 m.s.n.m de Costa Rica o el Altiplano Colombiano. El periodo poco lluvioso prolongado afecta severamente la producción de forraje del *A. pinto* (Ferguson *et al.*, 1992); del mismo modo, se ha determinado que las primeras lluvias promueven un crecimiento vigoroso, la mayoría de las semillas presentes en el suelo germinan (especialmente en cultivos establecidos). Estas últimas condiciones coinciden con la Amazonia (4000 a 5000 mm año⁻¹ de precipitaciones), región donde se desarrolló el experimento. No obstante, la altitud en que se realizó esta investigación pudo tener efectos negativos sobre la producción forrajera (Urbano *et al.*, 2010).

Por otra parte, los rendimientos forrajeros (t MS ha⁻¹ año⁻¹) obtenidos en la investigación son similares a los publicados por Rincón *et al.* (1992) en condiciones de premonaña con una FC de 84 d (13 t MS ha⁻¹).

Composición química

Los contenidos de MS y MO fueron diferentes (P<0,05) entre las FC de 20 y 35 días; se observaron diferencias significativas (P<0,001) en los contenidos de PC, EEt, hemicelulosa, celulosa y lignina, así como en todos los tratamientos evaluados.

Todas las harinas de forraje producidas mostraron alto contenido de PC, no se observó efecto (P>0,05) de bloque en todas las variables químicas estudiadas. La mayor concentración de PC correspondió al material vegetativo cosechado con FC de 20 d, disminuyendo a

menor FC, similar tendencia fue descrita por Godoy *et al.* (2012).

En este estudio la harina de forraje de *A. pinto* producida con FC de 35 d mostraron mayor (P<0,05) concentración de MO que aquella producida con FC de 20 d. Sin embargo, todas las harinas de forraje tuvieron contenidos de MO superiores a 900 g kg⁻¹MS lo cual coincide con lo reportado por Duchi (2003) para harinas de forrajes *A. pinto*. En otro estudio, Godoy *et al.* (2012) no encontraron diferencias en la MO de la harina de *A. pinto* con cortes de 30, 45, 60 o 75 d.

Los contenidos de carbohidratos estructurales (Cuadro 2) se encuentran entre los 400 y 600 g kg⁻¹MS reportados para forrajes tropicales por Pirela (2012). Se evidencio igualmente que a medida que envejece el cultivo, se incrementa la fracción indigestible de la fibra (ej. la lignina), tal y como fue reportado por Leng (1990). Sin embargo, los valores de FND y hemicelulosa fueron mayores (P<0,001) en la harina de forraje producida a los 35 d; esto pudo tener relación con el ciclo vegetativo del cultivo donde la planta se prepara para la floración y comienzo de la fructificación acumulando nutrientes (Dávila *et al.*, 2011). Así mismo, estos autores encontraron una menor relación hoja tallo entre los 35 y 49 d de edad con respecto a edades más juveniles o seniles, donde los tallos tiernos aportan altos niveles de FND con bajos tenores de lignina como se apreció en la FC de 20 o 35 d respecto a FC de 50 d.

Con respecto al contenido de aminoácidos del *A. pinto* cultivar CIAT – 18751 se demostró que

Cuadro 2. Composición química de la harina del forraje de *Arachis pinto* CIAT-18751 cosechado a tres frecuencias de corte.

Variable ¹ (g kg ⁻¹ MS)	Frecuencia de corte (días) ²			EE	P Value ³	
	20	35	50		FC	B
Materia seca (g kg ⁻¹ FV)	930 ^a	911 ^b	931 ^a	3,18	0,013	0,999
Materia orgánica	935 ^b	943 ^a	940 ^{ab}	1,18	0,025	0,997
Proteína cruda	290 ^a	259 ^b	231 ^c	5,37	<0,001	0,996
Extracto etéreo	23,9 ^b	28,7 ^a	20,5 ^c	0,82	<0,001	0,975
Fibra detergente neutro	431 ^b	481 ^a	450 ^b	4,93	<0,001	0,999
Fibra detergente ácido	327 ^a	356 ^b	368 ^b	3,48	<0,001	0,999
Hemicelulosa	105 ^b	125 ^a	82,1 ^c	4,10	<0,001	0,999
Celulosa	270 ^b	277 ^c	278 ^a	0,97	<0,001	0,993
Lignina	57,0 ^a	78,9 ^b	89,7 ^c	2,73	<0,001	0,996

¹FV: forraje verde; MS: materia seca; (n=9). ²Letras diferentes en la misma hilera difieren estadísticamente para P<0,05. ³Significación estadística acorde al modelo general lineal; FC: frecuencia de corte; B: bloque como factor aleatorio

éste fue afectado (P<0,001) por la FC (Cuadro 3), excepto para la cistina y el triptófano. La cantidad más alta de aminoácidos totales se presentó en la harina de forraje de *A. pinto* producida en la FC de 35 d.

En el presente estudio las harinas de forraje de *A. pinto* (Cuadro 3) producidas a diferentes FC mostraron contenidos de aminoácidos esenciales aceptables para cerdos (Santiago *et al.*, 2011), donde la harina de forraje producida a la FC de 35 d mostró el contenido más elevado de éstos. Además, la concentración de aminoácidos en esta investigación respecto a la concentración de PC, sugiere que menos del 20% de la PC del material sometido a una FC de 20 d, provino de fuentes nitrogenadas no proteicas, mientras que en los materiales sometidos a FC de 35 o 50 d fueron inferiores al 7%. Así mismo, los contenidos de aminoácidos esenciales tales como arginina, histidina, lisina, fenilalanina y valina presente en las harinas de forraje de *A. pinto*, indistintamente de la FC, fueron superiores a los valores reportados por Kambashi *et al.* (2014) para 20 especies de

plantas forrajeras del Congo. El resto de los aminoácidos esenciales estuvieron en el rango de las plantas estudiadas por Kambashi *et al.* (2014).

Energía y digestibilidad *in vitro*

La EB, ED y EM, así como la DIVMS y DIVMO de las harinas de forraje de *A. pinto* se observan en el Cuadro 4. El mayor valor de la EB (P<0.001) se observó en la harina proveniente del forraje sometido a una FC de 35 d. Sin embargo, la FC no afectó (P>0,05) la ED y EM de la harina de forraje del *A. pinto*. Además de esto, la FC tuvo efectos (P<0,001) sobre la DIVMS y DIVMO, donde la harina proveniente del forraje sometido a una FC de 20 d mostró la mayor digestibilidad.

Los valores de ED y EM en la harina de forraje de *A. pinto* fueron más bajos que el requerimiento nutritivo del cerdo según NRC (1998). En la presente investigación, la EB de la harina de forraje de *A. pinto* fue similar al valor de 18.2 MJ kg⁻¹MS (Cuadro 4), reportado por Posada *et al.* (2006), y resultó mayor al valor de 9.6 MJ

Cuadro 3. Concentración de aminoácidos de la harina del forraje de *Arachis pinto* CIAT – 18751 cosechado a tres frecuencias de corte en cultivos establecidos.

Variable ¹ (g kg ⁻¹ MS)	Frecuencia de corte (días) ²			EE	P Value ³	
	20	35	50		FC	B
Ácido aspártico	57,0 ^a	50,4 ^b	38,8 ^c	1,48	<0,001	0,999
Ácido glutámico	22,4 ^b	23,1 ^a	21,8 ^c	0,10	<0,001	0,999
Alanina	15,2 ^c	16,2 ^a	15,7 ^b	0,09	<0,001	0,999
Arginina	16,2 ^b	17,4 ^a	13,4 ^c	0,35	<0,001	0,999
Cistina	0,30	0,40	0,35	0,02	0,056	0,999
Fenilalanina	13,9 ^b	16,4 ^a	13,7 ^b	0,26	<0,001	0,999
Glicina	13,0 ^b	13,3 ^a	13,0 ^b	0,04	<0,001	0,999
Histidina	5,45 ^b	6,25 ^a	5,75 ^b	0,09	<0,001	0,999
Isoluicina	9,25 ^b	10,5 ^a	9,35 ^b	0,13	<0,001	0,999
Leucina	15,6 ^b	16,7 ^a	16,0 ^b	0,12	<0,001	0,999
Lisina	9,70 ^b	10,7 ^a	10,5 ^a	0,10	<0,001	0,999
Metionina	1,95 ^b	2,05 ^b	2,25 ^a	0,03	<0,001	0,999
Prolina	12,7 ^c	14,2 ^b	14,6 ^a	0,16	<0,001	0,999
Serina	7,90 ^c	9,25 ^a	8,35 ^b	0,13	<0,001	0,999
Tirosina	6,20 ^b	7,65 ^a	6,70 ^b	0,15	<0,001	0,999
Treonina	8,80 ^c	10,0 ^a	9,20 ^b	0,11	<0,001	0,999
Triptófano	2,50	2,50	2,45	0,04	0,829	0,999
Valina	14,8 ^b	16,9 ^a	14,6 ^b	0,21	<0,001	0,999
Aminoácidos totales	233 ^b	242 ^a	216 ^c	3,09	<0,001	0,999

¹MS: materia seca; (n=9). ²Letras diferentes en la misma hilera difieren estadísticamente para P<0,05.

³Significación estadística acorde al modelo general lineal; FC: frecuencia de corte; B: bloque como factor aleatorio.

kg⁻¹MS, reportado por Whitemore (1996). Esta variación podría estar influenciada por diversos factores como el genotipo (cultivar), estación del año (temperatura, precipitaciones, humedad), irrigación, fertilización y tipo de suelo (Baxter *et al.*, 1984; Marrero, *et al.*, 2000).

Se pudo evidenciar que el mayor valor de digestibilidad *in vitro* lo presentó la harina del forraje sometida a una FC de 20 d, este valor disminuye con la edad de la cosecha. Esta

reducción podría estar influenciada por el incremento de la fracción insoluble (lignina) que se produce con el incremento de la edad de la planta (Leng, 1990). Al respecto, los niveles digestibles de MO y MS de las harinas confeccionadas en este estudio, fueron similares a los reportados en investigaciones previas con otras edades de corte y en experimentos *in vivo* (Godoy *et al.*, 2012).

Cuadro 4. Concentración energética y digestibilidad *in vitro* de la harina del forraje de *Arachis pintoii* CIAT- 18751 cosechado a tres frecuencias de corte.

Variable ¹	Frecuencia de corte (días) ²			EE	P Value ³	
	20	35	50		FC	B
Energía (MJ/kg MS)						
Energía bruta	18,5 ^b	18,7 ^a	18,3 ^c	0,03	<0,001	0,999
Energía digestible	12,8 ^b	12,9 ^a	12,8 ^b	0,09	0,678	0,999
Energía metabolizable	10,5 ^b	10,6 ^a	10,5 ^b	0,07	0,729	0,999
Digestibilidad <i>in vitro</i> (g kg ⁻¹)						
DIVMS	689 ^a	680 ^b	662 ^c	2,20	<0,001	0,987
DIVMO	736 ^a	724 ^b	711 ^c	1,97	<0,001	0,851

¹MS: materia seca; DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca; DIVMO: digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica; (n=9). ²Letras desiguales en la misma fila difieren estadísticamente para P<0,05.

³Significación estadística acorde al modelo general lineal; FC: frecuencia de corte; B: bloque como factor aleatorio.

CONCLUSIONES

El cultivo de *A. pintoii* (cultivar CIAT – 18751) cosechado a tres FC (20, 35 y 50 d) presentó un rendimiento forrajero inferior al observado en otras regiones del trópico y subtropico americano, sin embargo el valor nutritivo de la harina producida fue similar a las obtenidas en esas regiones. Bajo las condiciones agrometeorológicas de la región estudiada, la harina de forraje *A. pintoii* (cultivar CIAT – 8751) mostró mejores resultados integrales cuando fue cosechada a los 20 o 35 d, aunque la proporción de aminoácidos con respecto a la PC fue superior en la FC de 35 d, lo que sugiere mayor calidad nutritiva para cerdos en crecimiento – ceba.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación fue apoyada por la Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador. Los reconocimientos especiales al personal del Centro de Investigación, Postgrado, y Conservación de Amazonia por la ayuda técnica durante esta investigación.

LITERATURA CITADA

Baxter, H. D., M. J. Montgomery and J. R. Owen, 1984. Comparison of soybean-grain

sorghum silage with corn silage for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 67, 88-96.

Bobadilla, A. 2009. Manual de prácticas de producción y aprovechamiento de forrajes. Disponible en línea: www.fmvz.unam.mx/.../PRODUCCIONFORRAJES.doc [Ene. 28, 2014].

Bonifaz, J. 2011. Evaluación de diferentes niveles de humus en la producción primaria forrajera de la *brachiaria decumbens* (pasto dalis) en la estación experimental pastaza. Tesis Ingeniero Zootecnista, ESPOCH, Facultad de Ciencias Pecuarias, Riobamba, Ecuador. pp. 71 -72.

Bourrillon, A. 2007. Ventajas y limitaciones para el uso de maní forrajero perenne (*Arachis pintoii*) en la ganadería tropical. Tejos R., Zambrano C., García W., Tobía C., Mancilla L., Valbuena N. y Ramírez F. (Eds). **En:** XI Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Barquisimeto. Venezuela. pp. 88-99.

Braun, A. 1991. De las propuestas del ecodesarrollo. *Revista Ceres*, Roma. 14(6), pp. 46-47.

- CIMMYT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 1985. Protocolos para determinar los contenidos de aminoácidos, energía, digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica. Disponible en línea: http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=44 [Feb. 24, 2014].
- Dávila C., F. Castro y D. Urbano. 2004. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización NPK en la producción de forraje de la asociación kikuyo-maní forrajero en el estado Mérida. *Zootecnia Tropical* 22(3):157-166.
- Dávila, C., D. Urbano y F. Castro, 2011. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre tres variedades de maní forrajero (*Arachis pintoi*) en el estado Mérida: II. Características morfológicas y producción de semilla. *Zootecnia Tropical*, 29, 7-15.
- Duchi, N. 2003. Valoración nutritiva de subproductos no tradicionales para la alimentación de rumiantes, ESPOCH-PRONSA pp. IQ-CV-024. Riobamba, Ecuador.
- Ferguson J., E., C. I. Cardoso y M. S. Sánchez, 1992. Avances y perspectivas en la producción de semillas de *Arachis pintoi*. *Pasturas Tropicales*, 14(2):14-22.
- Godoy, V., A. Barrera, R. Vivas, J. Quintana, M. Peña, L. Villota, L. Casanova y J. Avellaneda, 2012. Evaluación fenológica y digestibilidad *in vivo* de la leguminosa forrajera (*Arachis pintoi*) en diferentes edades de corte. *Ciencia y Tecnología*. 2012. 5(2):7-16.
- Kambashi, B., P. Picron, C. Boudry, A. Théwis, H. Kiatoko, and J. Bindelle, 2014. Nutritive value of tropical forage plants fed to pigs in the Western provinces of the Democratic Republic of the Congo. *Animal Feed Science and Technology* 191:47-56.
- Ledesma, J. 2011. Evaluación bajo pastoreo del consumo de *Arachis pintoi* Krap. Et Greg y *Pueraria phaseoloides* roxb. solas y asociados con *Panicum maximum* Jacq Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Central del Ecuador.
- Leng, R. A., 1990. Factors affecting the utilization of 'poor-quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutrition Research Reviews*, 3, 277-303.
- Mariño, Mariño O., 2002. Alternativas para solucionar las deficiencias del sistema de comercialización de los productos agropecuarios en la provincia de pastaza Máster en Seguridad y Desarrollo con Mención en Gestión Pública y Gerencia Empresarial, Instituto de Altos Estudios Nacionales.
- Marrero, L., A. Castro, A. Arias y D. Delgado, 2000. Rendimiento en grano, forraje y caracterización nutritiva del forraje de sorgo granífero en monocultivo o asociado con soya. *Proceedings of the XII Seminario Científico Internacional*, Cuba, 14-17 noviembre, 77 p.
- Nieves, D., Terán, O., Silva, L. y González, C., 2002. Digestibilidad *in vivo* de nutrientes en dietas en forma de harina con niveles crecientes de *Leucaena leucocephala* para conejos de engorde. *Revista Científica Vol. XII-Suplemento 2*, octubre, 408-411.
- NRC, 1998. Nutrient requirements of swine, **In:** Nutrition, S.o.S., Nutrition, C.o.A., Resources, B.o.A.a.N., Council, N.R. (Eds.), *Nutrient requirements of domestic animals*, National Academy Press, Washington, D.C., USA, 287 p.
- Parra, F., Díaz, I., Gonzalez, C., Hurtado, E., Garbatis, S y Vecchionacce, H. 2002. Efecto de tres tipos de presentación de alimento preparado con raíz y follaje de yuca (*manihot esculenta crantz*) sobre la digestibilidad aparente en cerdos. *Revista Científica*, Vol. XXII-Suplemento 2, Octubre, 471-474.
- Pico, F. 2010. Utilización de diferentes niveles de harina de arachis pintoi (maní forrajero) en la alimentación de cerdos en las etapas de crecimiento y engorde. Tesis de grado, ESPOCH, Riobamba, Ecuador. pp. 17-18.
- Pirela, M., 2012. Valor nutritivo de los pastos tropicales. Disponible en línea: <http://www.venezuelaganadera.com/enciclopediaganadera/category/Pastos%20>

- y%20Forrajes#.UxOLoPnh1m4 [Ene. 28, 2014].
- Pizarro, E., A. Ramos y M. Carvalho, 1996. Producción y persistencia de siete accesiones de *Arachis pinto* asociadas con *Paspalum maritimum* en el Cerrado brasileño. *Pasturas Tropicales* 19(2):40- 44.
- Posada, S. L., J. A. Mejía, R. Noguera, M. M. Cuan y L. M. Murillo, 2006. Evaluación productiva y análisis microeconómico del maní forrajero perenne (*Arachis pinto*) en un sistema de levante-ceba de porcinos en confinamiento. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 19, 259-269.
- Rincón, C., A. Cuesta, M. P. A. Pérez, B. R. Lascano, C. E. y Ferguson, J. 1992. Maní Forrajero Perenne (*Arachis pinto* Krapovickas y Gregory). Una Alternativa para ganaderos y agricultores. *Boletín Técnico* 219: 18. Disponible en línea: http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/ICA_000045C.2_Man%C3%AD_forrajero_perenne_Arachis_pinto_Krapovickas_y_Gregory_Una_alternativa.pdf [Abr. 27, 2014].
- Santiago, R., A. L. Teixeira, J. D. Lopes, P. G. Cezar, R. F. de Olivera, Lopes, D. C. Soares A. F., de Toledo, S. L. Barreto y Frederico R. E. 2011. Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos. Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. In: Santiago Rostagno H. (ed.), Tercera Edición edn. Brasil: Universidad Federal Viçosa.
- SPSS. 2012. Software for windows, release 21.0, inc., chicago, il, USA.
- UFlorida. 1970. Universidad de florida. Protocolos para determinar los contenidos de materia seca, materia orgánica, proteína bruta y extracto etéreo. Disponible en línea: www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=44 [Jun. 06, 2013].
- UFlorida 1974. Universidad de Florida. Protocolos para determinar la Energía Bruta, energía Digestible y energía Metabolizable. Disponible en línea: www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=44 [Jun. 21, 2014].
- Urbano, D., C. Dávila y F. Castro, 2010. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre tres variedades de maní forrajero (*Arachis pinto*) en el estado Mérida: I. Rendimiento y contenido de proteína cruda. *Zootecnia Tropical*, 28, 449-456.
- Van Soest, P. J., Robertson J. B. and Lewis B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, Volume 74, Issue 10, Pages 3583-3597.
- Villarreal, M., R. Cochran., L. Villalobos., A. Rojas., R. Rodríguez and T. Wickersham. 2005. Dry matter yield and crude protein and rumen degradable protein concentrations of three *Arachis pinto* ecotypes at different stages of regrowth in the humids tropics. *Grass and Forage Science*, 60: 237-243.
- Villarreal, M., R. Zúñiga y E. Zumbado. 1999. Potencial reproducción de biomasa área y semilla de tres accesiones de arachis pinto sometidas a diferentes frecuencias de corte. In: *Proceedings of the XI Congreso Agronómico Nacional y de Recursos Naturales*, San José, Costa Rica, 19-23/07/1999, 555 p.
- Whittemore, C. 1996. Ciencia y práctica de la producción porcina. In: *ACRIBIA S. A.* (ed.), 2^{da} edn, pp. 67-77. Zaragoza, España. Zaragoza.

Caracterización de la pesca artesanal en el río Orinoco sector Caicara-Cabruta 2004-2008

Artisanal fishery characterization in the river Orinoco Caicara-Cabruta sector 2004-2008

Ángel González^{1*}, Jeremy Mendoza², Freddy Arocha² y Aristide Márquez³

¹Instituto Limnológico de la Universidad de Oriente (UDO), Caicara del Orinoco, estado Bolívar. Correo electrónico: angelgonzalez78@hotmail.com. ²Instituto Oceanográfico de Venezuela (IVO-UDO) Biología Pesquera, núcleo Cumaná, estado Sucre. ³ Instituto Oceanográfico de Venezuela (IVO-UDO) Oceanografía Química, núcleo Cumaná, estado Sucre.

RESUMEN

Se analizó la composición por especie de la captura, esfuerzo y *cpue* de la pesca artesanal en la región Caicara-Cabruta del Orinoco, durante el período 2004-2008, además de algunos factores económicos de la pesquería. El método utilizado fue el sistema de encuestas aplicadas semanalmente en el puerto pesquero de Cabruta, las cuales fueron analizadas a través del programa SISPRO 1.0. Las especies predominantes en los desembarcos fueron *Prochilodus mariae*, *Pseudoplatystoma spp.* *Plagioscion squamosissimus* y *Hoplosternum littorale*, cuya especie fue importante durante algunos años. El esfuerzo, la captura y la *cpue* no presentaron diferencias anuales significativas sin embargo, numéricamente disminuyeron a partir del año 2006. Mensualmente se encontraron diferencias significativas en el esfuerzo, captura y *cpue* relacionadas con el ciclo hidrológico anual del río Orinoco, al igual que la *cpue* de las especies *P. mariae*, *Pseudoplatystoma spp.* y *P. squamosissimus*. Económicamente, el precio del pescado incrementó en un 60% aproximadamente desde inicios del año 2006, así como el ingreso económico para el pescador. Sin embargo, el beneficio se mantuvo más o menos constante debido al incremento de los costos operativos de la actividad de pesca.

Palabras clave: Pesca en pequeña escala, pesca continental, recursos pesqueros, evaluación de recursos pesqueros.

ABSTRACT

The composition by species of the catch, effort and *cpue* of artisanal fishing in the Orinoco river, at Caicara-Cabruta sector during the period 2004-2008, was analyzed, in addition to some economic factors of the fishery. The method used was the surveys system conducted weekly in the Cabruta fishing port and data analyzed by 1.0 SISPRO program. The predominant species in the landings were *Prochilodus mariae*, *Pseudoplatystoma spp.*, *Plagioscion squamosissimus*; and *Hoplosternum littorale*, important specie during some years. Effort, catch and *cpue* did not show significant annual differences, although numerically decreased from 2006. Every month, there were significant differences in effort, catch and *cpue*, related to the annual hydrological cycle of the Orinoco river. Likewise, differences were observed in the *cpue* of *P. mariae*, *Pseudoplatystoma spp.* and *P. squamosissimus* species. Economically, the fish price increased at the beginning of 2006 by approximately 60%, as well as the fisherman economic income. Nevertheless, the profit remained approximately constant due to the increase in operating costs of fishing activity.

Key words: Small-scale fisheries, continental fisheries, fishery resources, fisheries resource assessment.

INTRODUCCIÓN

Dentro del Producto Interno Bruto Nacional y Agrícola, la pesca marítima es la que representa casi la totalidad del aporte del sector pesquero con un 5% aproximadamente; siendo prácticamente nula la participación de la pesca continental por su carácter artesanal, escasa inversión y ausencia de mayor valor agregado (FAO, 2005). Durante el período 1959-1970 la producción de la pesca continental osciló entre un 3,3 y un 10,6% de la producción nacional (Canestri, 1972), con un aporte máximo de un 12 % entre los años 1995 y 1996 (Novoa, 2002). A partir del año 1996 ocurrió una relativa declinación que aumentó hasta un 15% para el año 2006, para luego disminuir nuevamente en el 2008 (INSOPESCA, 2010) y posteriormente incrementarse hasta un 19% en el año 2012 (COPESCAL, 2014).

Este repunte en la producción de la pesca continental fue posible a la gran participación en los desembarcos de peces no tradicionales para el consumo y la comercialización, como consecuencia de una mayor demanda por parte del consumidor ante la escasez de productos pesqueros de origen marino (INSOPESCA, 2010); disponiendo la población de una importante fuente nutritiva por los altos contenidos de minerales, proteínas y baja concentración de grasa que presentan los peces de agua dulce (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2007; González *et al.*, 2009).

Como resultado del aumento del consumo de peces continentales se ha incrementado la explotación de los recursos pesqueros de algunos sistemas fluviales como los ríos Apure y Orinoco (Pérez, 2005), los cuales constituyen la base fundamental y mayoritaria de la producción pesquera fluvial de Venezuela. Sin embargo, los recursos pesqueros de estos ríos no han sido bien administrados a pesar de que se han dado pasos importantes en la modernización de los esquemas de gestión de los recursos pesqueros, como los establecidos en los años 1989 y 2002 (Novoa, 2002). Por lo que, aparentemente el problema no ha sido la ausencia de medidas de administración pesquera, sino faltas en la aplicación de la ley de pesca y otras resoluciones que han presentado algunas deficiencias.

En este sentido, en noviembre del año 2013 el Instituto Nacional Socialista de Pesca y Acuicultura (INSOPESCA) propuso enfrentar la problemática del manejo de los recursos pesqueros continentales de la cuenca del Orinoco, sometiendo a discusión una nueva propuesta de Norma Técnica que reemplazara la actual resolución (INSOPESCA, 2013); considerando conveniente estudiar la situación de los recursos que se estaban explotando. En este contexto, el objetivo planteado en este trabajo fue estudiar la pesca artesanal en el río Orinoco, sector Caicara - Cabruta, durante el periodo comprendido entre 2004 - 2008.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lo disperso de las pesquerías en el río Orinoco condujo a la selección del puerto pesquero de Cabruta en el estado Guárico (07°39'32" N; 66°15'25") para la recopilación de la información de la pesca artesanal; considerando que dicho puerto es el principal sitio de desembarco y comercialización del sector Caicara -Cabruta y uno de los más importantes del sistema fluvial del Orinoco, después del de Ciudad Bolívar (FAO, 2005). Otros ríos inundables como el Amazona, con igual dispersión de las pesquerías, la evaluación de la pesca artesanal ha servido de base para la toma de información en los puertos pesqueros más importantes (Vandick da Silva y Petreire, 2003; Mateus y Estupiñan, 2002; Petreire *et al.*, 2006).

La información se recopiló a través de encuestas hechas una vez por semana a los miembros de las embarcaciones en el momento de los desembarcos del puerto de Cabruta entre los años 2004 y 2008; exceptuando los meses de veda de mayo, junio y julio. Estas encuestas incluyeron información sobre las embarcaciones (tipo, nombre, matrícula, eslora, manga, puntal, con o sin motor), motores (marca, número, potencia), origen de la embarcación, zona de pesca, número de pescadores, artes de pesca, día de salida, hora de salida, hora de llegada, horas de pesca, número de caladas, costo de la salida (combustible, comida, carnada, hielo y otros), captura (Kg) por especie, consumo (Kg) por especies y precio por especies (Bs/Kg).

La información suministrada por los miembros de las embarcaciones fue analizada utilizando

el Sistema de Procesamiento de Encuestas de Producción Pesquera Artesanal SISPRO 1.00 (Silva, 1997); siguiendo lo recomendado por la FAO en cuanto a fuentes fidedignas y análisis técnico, cuando se trata de generar información para la toma de decisiones administrativas de la pesca artesanal de una determinada región (FAO, 2001).

En el estudio se aplicaron un total de 584 encuestas cuyo número varió por día (semana), mes y año, dependiendo del número de embarcaciones que desembarcaron en el momento de los muestreos (Cuadro 1).

Las estimaciones mensuales y por año de la captura (Kg), el esfuerzo (salidas), captura por unidad de esfuerzo, definida como CPUE (Kg/salida), costo (Bs) e ingreso (Bs) fueron determinadas mediante el programa SISPRO 1.0 de Silva (1997) en base a la siguiente ecuación:

$$X_{tot} = \frac{NSM}{NSE} \left(\sum_1^{NSE} \left(X_i * \frac{NDT_i}{NET_i} * \frac{DEP_i}{NVIS_i} \right) \right)$$

Donde,

X_{tot} = Captura, esfuerzo, costo, e ingreso por mes

X_i = Captura, esfuerzo, costo e ingreso observado durante la semana i

NDT_i = Número de desembarques observados durante la semana i

NET_i = Número total de encuestas realizadas durante la semana i

DEP_i = Días de pesca efectivos durante la semana i

$NVIS_i$ = Número de veces que fue visitado el puerto durante la semana i

NSM = Número de semanas durante el mes

NSE = Número de semanas muestreadas durante el mes

La composición por especie de los desembarcos (agrupando las especies de escaso valor comercial bajo el nombre de "blanco") fue descrita gráficamente, así como los valores mensuales por año de la captura, esfuerzo, CPUE, precio del pescado, ingreso, costo y beneficio, todas sus variaciones fueron analizadas estadísticamente mediante análisis de varianza y pruebas a posteriori.

La variación de la composición por especie, captura, esfuerzo y *cpue* fue relacionada con el régimen hidrológico anual del Orinoco. Los datos del nivel del río fueron suministrados por el Instituto Nacional de Canalización en su sede de Caicara del Orinoco, estado Bolívar. La variación mensual y por año del nivel del río

Cuadro 1. Número de encuestas de pesca artesanal aplicadas por mes y año en el puerto pesquero de Cabruta entre el 2004 - 2008.

Mes / Año	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
Enero	27	21	18	22	13	101
Febrero	18	16	14	12	13	73
Marzo	10	11	21	7	10	59
Abril	23	11	18	12	9	73
Agosto	9	9	0	0	0	18
Septiembre	13	12	5	6	2	38
Octubre	7	13	16	9	8	53
Noviembre	22	18	6	34	8	88
Diciembre	17	30	10	15	9	81
Total	146	141	108	117	72	584

fue descrita gráficamente y analizada mediante análisis de varianza y pruebas a posteriori; relacionándolas con la captura, esfuerzo y *cpue* total, así como con la CPUE de las especies más importantes desembarcadas, mediante análisis de regresión. Los análisis de varianza, las pruebas a posteriori, así como los análisis de regresión, fueron realizados con ayuda del *statgraphic plus 4.1*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de embarcaciones encuestadas dependió del rendimiento de la pesca durante la época de los muestreos, el cual estuvo relacionado a su vez con el nivel del río Orinoco. Este nivel presentó diferencias mensuales estadísticamente significativas ($P < 0,05$) que permitieron establecer una época de sequía entre los meses de enero, febrero, marzo y

abril, una época de crecida durante los meses de mayo, junio, julio y agosto (cuando el nivel alcanzó el máximo nivel), y una época de disminución del nivel del río durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre (Figura 1).

El régimen hidrológico se mantuvo más o menos constante durante el período de muestreo, sin diferencias significativas en el nivel entre las épocas de sequía, crecida y disminución del río cada año; excepto el nivel de la sequía durante el año 2006, el cual fue numéricamente mayor al de los otros años (Cuadro 2).

Anualmente se observaron cambios en la rapidez del crecimiento del río (indicados por la inclinación de las curvas) y en el ritmo del crecimiento y disminución del nivel (indicado por la continuidad e intermitencias de las curvas) (Figura 2).

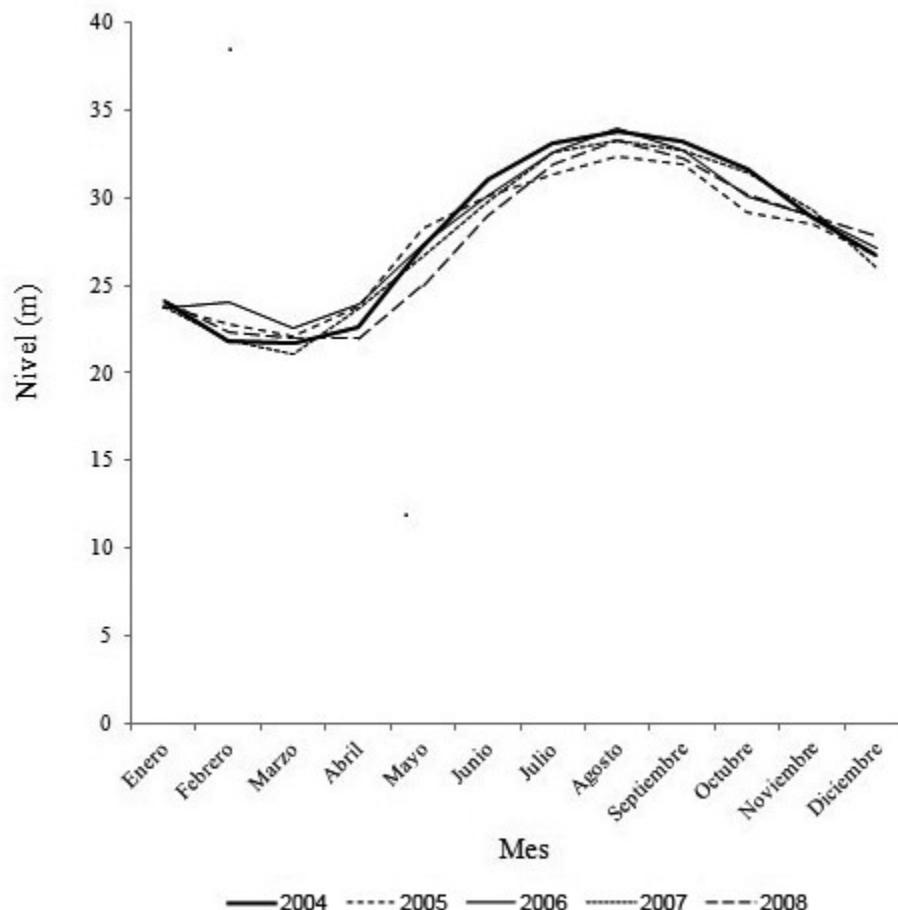


Figura 1. Ciclo hidrológico anual del río Orinoco en la región Caicara-Cabruta durante el período 2004-2008.

Cuadro 2. Promedio anual del nivel del Orinoco en el sector Caicara - Cabruta durante las épocas de sequía, crecida y decrecimiento del nivel del río. Período 2004-2008.

Año	Sequía	Crecida	Disminución
2004	21,7 +/- 0,1	29,5 +/- 4,7	30,1 +/- 2,9
2005	22,5 +/- 0,5	29,1 +/- 3,4	29,0 +/- 2,2
2006	23,5 +/- 0,8	29,6 +/- 4,1	29,7 +/- 2,4
2007	21,5 +/- 0,6	29,1 +/- 4,0	29,8 +/- 2,9
2008	22,6 +/- 0,2	29,8 +/- 3,7	29,7 +/- 1,9

La captura total (Kg) no presentó diferencias anuales estadísticamente significativas entre los años 2004 y 2007, pero sí con relación al año 2008, cuando disminuyó significativamente ($P < 0,05$) hasta sus valores mínimos (Cuadro 3).

En cuanto a la variación mensual de la captura total se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) con los mayores valores observados durante los meses de enero y febrero (meses de sequía) noviembre y diciembre (últimos meses de disminución del nivel del río); aumentando también durante los meses de sequía de marzo y abril para el año 2006 (Figura 3A). La captura total presentó una relación estadísticamente significativa ($P < 0,01$) con el nivel del río, representada por la ecuación $Captura = (186,592 - 4,7091 * nivel)^2$ ($r = -0,58$).

Al igual que la captura, el esfuerzo de pesca no presentó diferencias anuales significativas entre los años 2004 y 2007, aunque disminuyó significativamente ($P < 0,05$) hasta valores mínimos en el año 2008 (Cuadro 3). Este esfuerzo se ha mantenido constante en el sector Caicara – Cabruta desde los años ochenta, cuando fue medido por un periodo de 91 días de pesca (Novoa *et al.*, 1984); considerando que el promedio durante el período 2004-2008 fue de 129 salidas (Cuadro 3) y que, al igual que en los ochenta, el tiempo de duración de las salidas generalmente fue de un día por salida.

Por otra parte, se observaron variaciones mensuales estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en el esfuerzo de pesca; los mayores valores se observaron durante los meses de enero y febrero (meses de sequía) noviembre y diciembre (meses de disminución del nivel del río; Figura 3B); determinándose una relación inversa estadísticamente significativa ($P < 0,01$)

entre el esfuerzo y el nivel del río, representada por la ecuación $Esfuerzo = (8,4913 - 0,184647 * Nivel)^2$ ($r = -0,50$).

Mayores valores en el esfuerzo de pesca y captura durante los meses de la sequía y últimos meses de disminución del nivel del río, fueron señalados también por Novoa *et al.* (1984) para los años ochenta. Durante los meses de crecida y primeros meses de disminución del nivel del río, la captura se reduce debido a la ineficiencia de las artes para la pesca de un recurso tan disperso en una mayor masa de agua; situación bien conocida por el pescador, estimulándolo a realizar otras actividades que le produzcan mejores beneficios que la pesca.

La disminución de la captura durante el año 2006 (Cuadro 2) pudo estar relacionada con los niveles relativamente altos que alcanzó el río durante la época de sequía; contrario a la disminución del esfuerzo y la captura durante el año 2008, situación que no pudo atribuirse al nivel del río, ya que éste se mantuvo en sus valores normales en comparación con los otros años. Posiblemente, aunque no se tienen datos numéricos que así lo demuestren, un factor que influyó en la reducción del esfuerzo y la captura durante el año 2008, fue el inicio de la construcción del tercer puente sobre el río Orinoco; cuya construcción acaparó la atención del pescador como trabajo para obtener mejores beneficios que la pesca.

La *cpue* total estuvo comprendida entre 259 Kg/salida y 381 Kg/salida, sin diferencias anuales significativas durante el período de muestreo (Cuadro 3); aunque superior a la reportada para los años ochenta (17,5 - 97,2 Kg/día; Novoa *et al.*, 1984) y para los años 1997-1999 (119 - 186 Kg/salida; González, 2002) en el

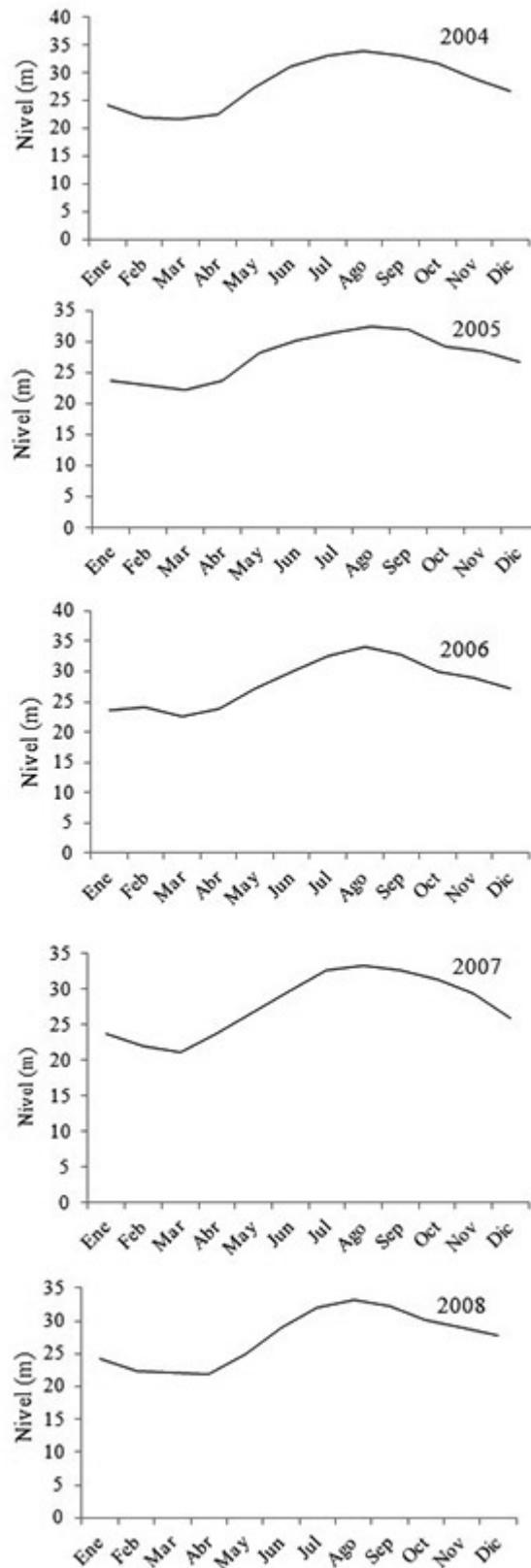


Figura 2. Promedio mensual del nivel (m) del Orinoco en el sector Caicara-Cabruta durante el periodo 2004-2008.

Cuadro 3. Captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la pesca artesanal del sector Caicara - Cabruta del Orinoco durante el período 2004-2008.

Año	Captura (Kg)	Esfuerzo (salidas)	CPUE (Kg/salida)
2004	52110	201	259
2005	52227	152	344
2006	37679	99	381
2007	40906	117	350
2008	23768*	75*	317

*Valores mínimos en la captura y el esfuerzo de pesca. (P<0,05).

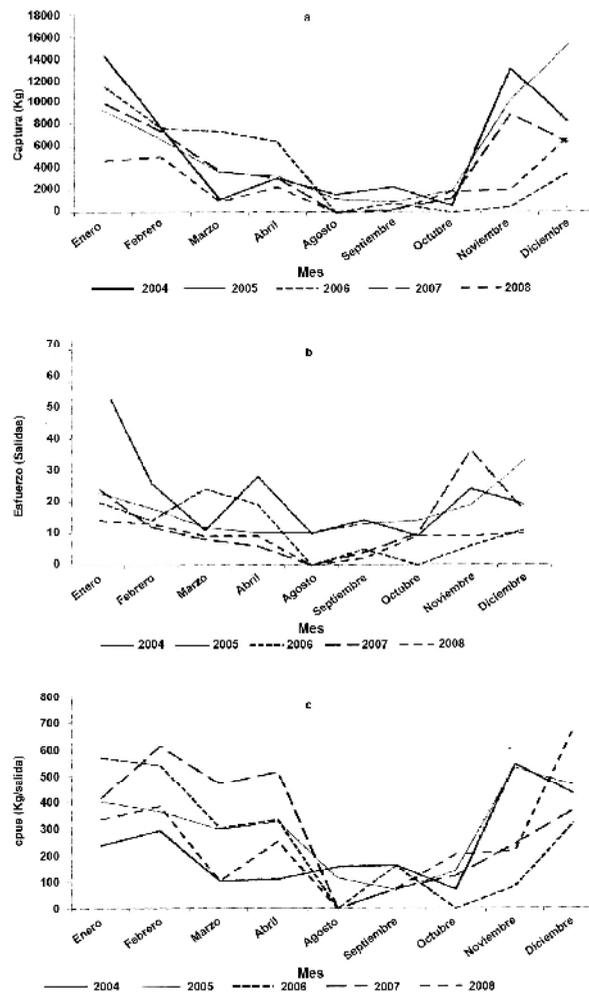


Figura 3. Variación mensual de la captura, el esfuerzo y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), de la pesca artesanal del sector Caicara -Cabruta del Orinoco durante el período 2004-2008.

sector Caicara-Cabruta. La *cpue* también fue superior a la reportada para otras regiones del Orinoco como Ciudad Bolívar, Volcán y Barrancas durante los años noventa (134 ± 47 Kg/día; Novoa, 2002). El incremento en la *cpue* durante el período 2004 - 2008 posiblemente estuvo relacionado con el aumento en la captura de tallas pequeñas de especies como el bagre rayado *Pseudoplatystoma spp.* (González *et al.*, 2012) y una mayor participación de especies que anteriormente tenían escaso valor como *Hoplosternum littorale* (González, 2013).

Igualmente se observaron variaciones mensuales estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en la *cpue* total, los mayores valores fueron observados durante los últimos meses de disminución del nivel del río (noviembre y diciembre) y durante la sequía (Figura 3C); presentando una relación inversa estadísticamente significativa con el nivel del río ($P < 0,01$), definida por la ecuación:

$$CPUE = (42,7874 - 1,02085 * Nivel)^2 \quad (r = 0,62).$$

En cuanto a la composición por especie de las capturas, sin incluir a las especies agrupadas como "blanco", la más importante en los desembarcos durante el período 2004-2008 fue *Prochilodus mariae* (33,2%), seguido de *Pseudoplatystoma spp.* (23,0%) y *Plagioscion squamosissimus* (11,7%). Sin embargo, en el período 2006, la especie más importante en los desembarcos fue *H. littorale* (28,6%), además de *P. mariae* (Figura 4).

La *cpue* de *P. mariae* presentó diferencias mensuales significativas ($P < 0,01$) pero sin diferencias anuales, con los mayores valores detectados durante los meses del máximo y disminución del nivel del río (octubre, noviembre y diciembre; Figura 5); algo posiblemente relacionado con la migración anual de la especie en el Orinoco medio, entre septiembre y junio del siguiente año, cuando los peces que están distribuidos en lagunas y caños se mueven al canal principal y de allí río arriba para reproducirse (Novoa, 2002). Igualmente, la migración que ocurre en el río Apure entre noviembre y marzo del siguiente año (Barbarino *et al.*, 1998) probablemente influyó en la mayor *cpue* estimada en el puerto de Cabruta durante los meses de noviembre y diciembre; considerando que algunas regiones del río Apure cercanas a

su desembocadura están incluidas en la zona de pesca de los pescadores del sector Caicara-Cabruta del río Orinoco (Novoa *et al.*, 1984).

Del mismo modo, la *cpue* de *Pseudoplatystoma spp.* y *P. squamosissimus* presentó diferencias mensuales estadísticamente significativas ($P < 0,05$) pero sin diferencias anuales; con los mayores valores observados durante los meses de sequía de enero y febrero para *Pseudoplatystoma spp.* así como de enero y febrero, noviembre y diciembre, para *P. squamosissimus* (Figura 5). Sin embargo, la *cpue* de *P. squamosissimus* no presentó una relación estadísticamente significativa con el nivel del río, al contrario de la *cpue* de *Pseudoplatystoma spp.* que sí presentó una relación inversa determinada por la ecuación $Cpue = e^{(7,001 - 0,113 * Nivel)}$ ($r = 0,60$); algo que posiblemente determinó la poca importancia de dicha especie en los desembarcos para el año 2006, cuando el nivel del río durante la sequía fue relativamente alta (Cuadro 2).

Durante el año 2006 los desembarcos favorecieron otras especies de menor valor comercial como *H. littorale* (Figura 4), ante la indisponibilidad de las artes de pesca para otras especies importantes como *Pseudoplatystoma spp.* La mayor participación en la captura de *H. littorale* determinó el incremento de la captura total observada durante los meses secos de marzo y abril de ese año (Figura 4). Los niveles relativamente altos de la época de sequía durante el año 2005, aunque menores que los del año 2006 (Cuadro 2), también favorecieron la captura de *H. littorale*; mientras que el crecimiento lento e intermitente del río durante ese año (Figura 2) prolongó la duración de la época de sequía, favoreciendo del mismo modo la captura de *Pseudoplatystoma spp.* y *P. squamosissimus*.

La composición por especie de los desembarcos del puerto de Cabruta durante el período 2004-2008, coincidió relativamente con los desembarcos de la pesca artesanal continental en Venezuela para el año 2010; cuando se caracterizó por una mayor importancia en la composición por especie de las capturas (%) de *Pseudoplatystoma spp.* y *P. squamosissimus*, y una disminución de especies como *Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomus* (INSOPESCA, 2010).

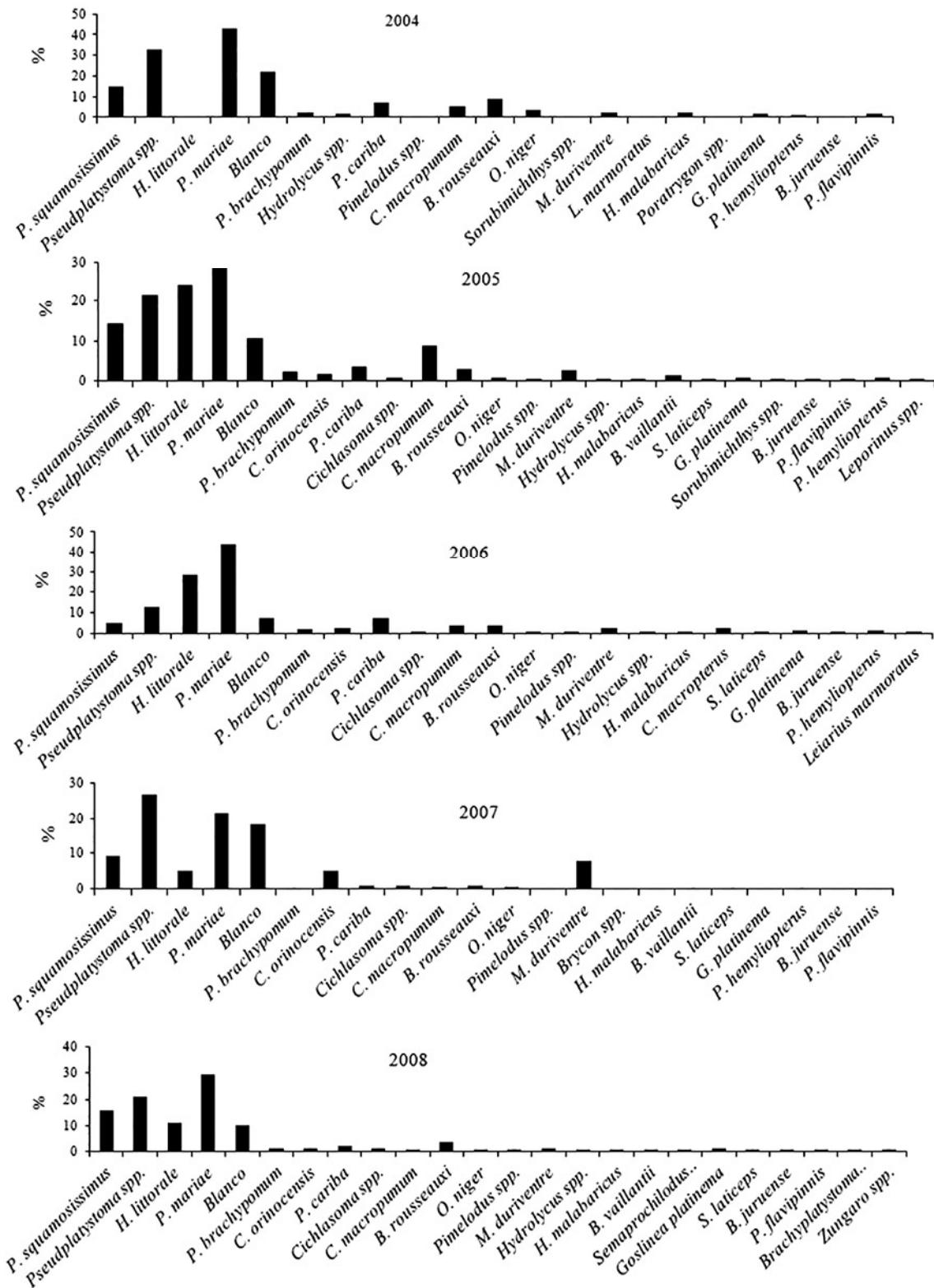


Figura 4. Composición por especie (%) de la captura de la pesca artesanal del sector Caicara-Cabruta del Orinoco durante el periodo 2004-2008.

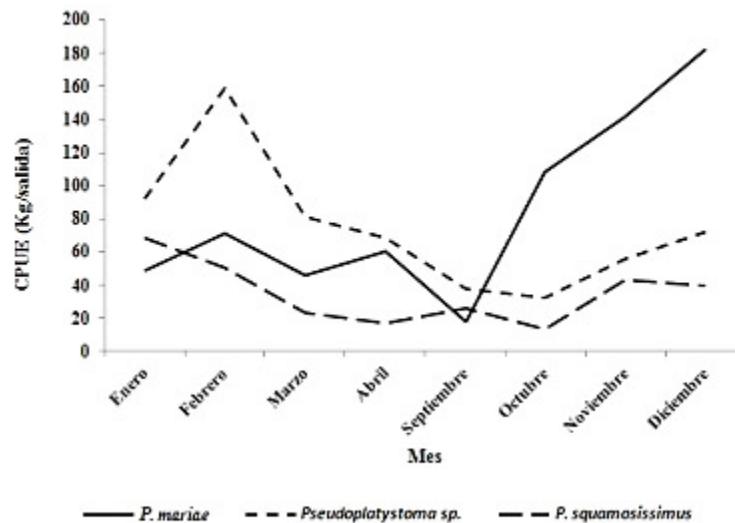


Figura 5. Variación mensual de la cpue de *Prochilodus mariae*, *Pseudoplatystoma* spp. y *Plagioscion squamosissimus*, en la región Caicara-Cabruta del Orinoco.

En el caso de *C. macropomum*, su porcentaje en la composición por especie de los desembarcos de la pesca artesanal del sector Caicara-Cabruta disminuyó considerablemente con relación a los años ochenta, cuando fue la especie de mayor porcentaje junto con *Pseudoplatystoma* spp. y *P. squamosissimus* (Novoa *et al.*, 1984). Modelos de rendimiento por recluta han demostrado una sobreexplotación de *C. macropomum* en la región Caicara-Cabruta (González *et al.*, 2013), sin embargo, además de la pesca, la modificación del hábitat y su efecto en la disponibilidad del alimento natural de dicha especie (generalmente semillas de algunas plantas que crecen en las orillas de caños y lagunas) (Novoa, 2002), posiblemente han influido en la disminución de su importancia (%) y en la composición por especie de los desembarcos; algo que no se ha demostrado científicamente.

Además de la caracterización de los recursos pesqueros del sector Caicara-Cabruta del río Orinoco, se consideraron algunos aspectos económicos de la pesquería; tomando en cuenta que para una buena administración pesquera en dicho sector ambos enfoques deben ser considerados conjuntamente, ya que forman parte de todo un sistema de actividades interrelacionadas que afectan sensiblemente a la pesca. En el puerto de Cabruta se determinó

que el precio del pescado a nivel del pescador se mantuvo más o menos constante entre los años 2004 y 2006, pero luego se incrementó relativamente a partir del mes de febrero del año 2007 hasta el año 2008 (Figura 6a); aumentando consecuentemente el ingreso económico para el pescador (Figura 6b). Sin embargo, este beneficio solo se incrementó brevemente en comparación con los años anteriores (Figura 6d), debido a que el costo de la producción también se incrementó a partir del año 2006 (Figura 6c).

Aparentemente, ante el aumento del costo de la producción a partir del año 2006, también incrementó proporcionalmente el precio del pescado buscando márgenes de beneficio razonables. Sin embargo, no fue suficiente para alcanzar dichos beneficios aun cuando en la estimación del costo, no se incluyó el precio de los insumos de pesca. El precio de estos insumos se incrementa año a año como consecuencia de la devaluación de la moneda por ser en su mayor parte importados; resultando difícil que el pescador obtenga buenos beneficios con el incremento en el precio de sus productos. En este sentido, la implementación de medidas que permitan abaratar la adquisición de motores, redes, anzuelos y otros, conjuntamente con las que se pudieran tomar para la conservación del

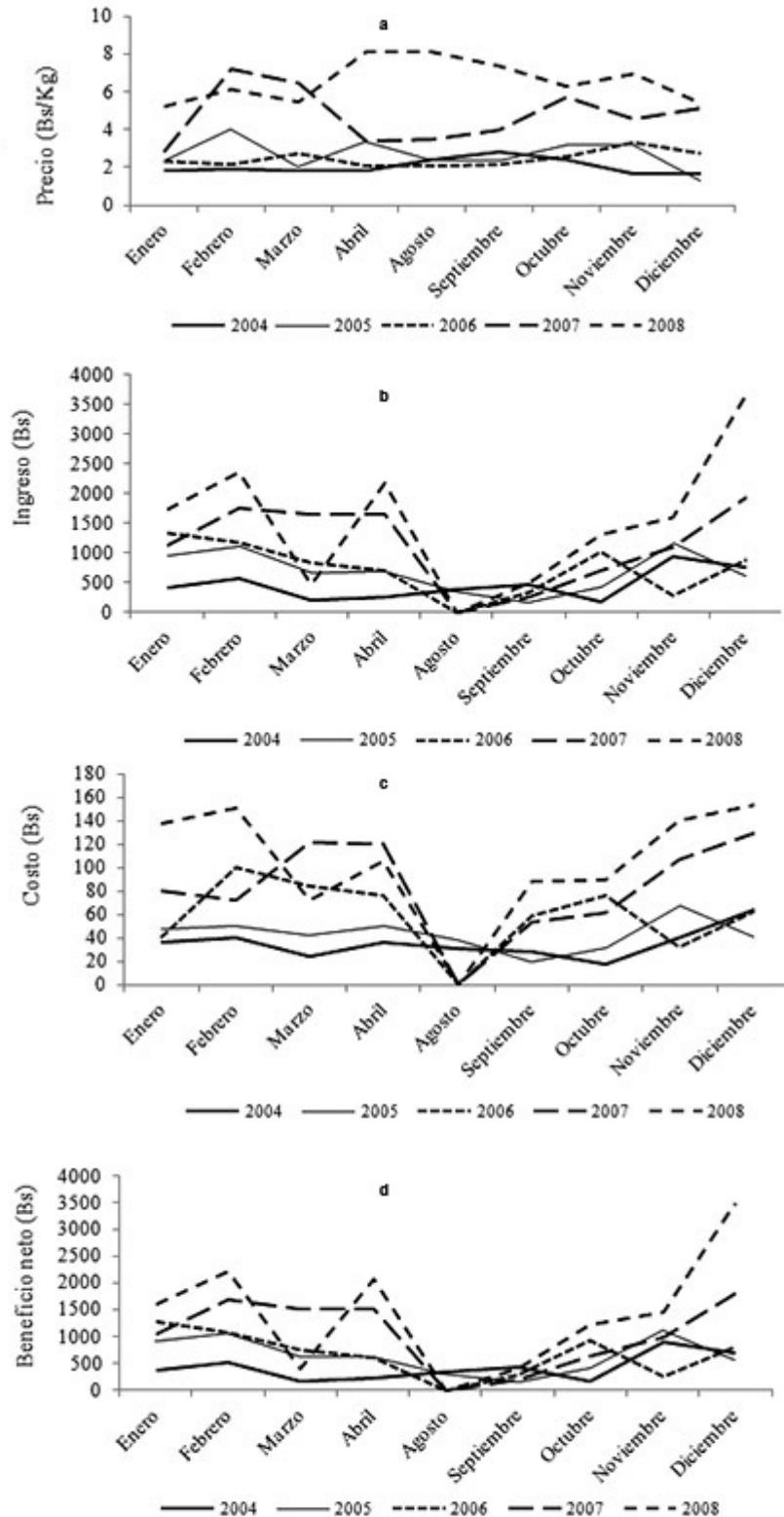


Figura 6. Variación mensual por año del precio del pescado (a), ingreso (b), costo (c) y beneficio bruto (d) de la pesca artesanal del sector Caicara-Cabruta, durante el período 2004-2008.

recurso, son fundamentales para el desarrollo de la pesca continental en el sector Caicara-Cabruta y en todo el Orinoco.

CONCLUSIONES

La captura, el esfuerzo y la *cpue* del sector Caicara-Cabruta del río Orinoco generalmente están relacionadas con el régimen hidrológico anual del río; aumentando sus valores durante los meses de sequía y últimos meses de disminución del nivel del río.

La *cpue* se ha incrementado en comparación con años anteriores al periodo 2004-2008, debido a una mayor participación en los desembarcos de especies que anteriormente tenían poco valor comercial como *Hoplosternum littorale* y de especies de tamaños relativamente pequeños como *Pseudoplatystoma spp.*

Prochilodus mariae, *Pseudoplatystoma spp.* y *Plagioscion squamosissimus* son las más importantes en la composición por especie (%) de los desembarcos; aunque algunas veces también aumenta la importancia de otros tipos como *Hoplosternum littorale*.

La importancia en la composición por especie de los desembarcos de variedades como *Colossoma macropomum* es muy pequeña en comparación con años anteriores, cuando fue una de las más importante en los desembarcos junto con *Pseudoplatystoma spp.* y *Plagioscion squamosissimus*.

En cuanto a los aspectos económicos, en el sector Caicara-Cabruta del río Orinoco el precio del pescado tiende a aumentar constantemente. Sin embargo, el beneficio del pescador sigue siendo mínimo por el constante incremento del costo de la producción; principalmente de los insumos de pesca.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Canalizaciones en su sede de Caicara del Orinoco, estado Bolívar, por la facilitación de los datos del nivel del río. A los Señores Juan Infante, Humberto Solórzano y Carlos Cardozo, del personal obrero del Instituto Limnológico de la UDO, por su colaboración en la aplicación de las encuestas pesqueras en el puerto de Cabruta; así como al Lic. Alexis

Guerrero, del personal de empleados del mismo Instituto, por su colaboración en la aplicación del programa Sistema de Procesamiento de Encuestas de Producción Pesquera Artesanal SISPRO 1.0.

LITERATURA CITADA

- Barbarino, D. A., D. C. Taphorn and K. O. Winemiller. 1998. Ecology of the coporo *Prochilodus mariae* (Characiformes, Prochilodontidae), and status of annual migrations in western Venezuela. *Environmental Biol. of Fish.*, 53(1):33-46.
- Canestri, V.1972. El Recurso ictícola continental, Ministerio de Agricultura y Cría, Oficina Nacional de Pesca, Caracas.
- COPESCAL, Comisión de Pesca Continental y Acuicultura para América Latina y el Caribe, FAO 2014. Panorama de la pesca y acuicultura en América Latina y el Caribe. Disponible en línea: <http://www.fao.org/fishery/rfb/copescal/en> [Marzo 20, 2014].
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations 2001. Directrices para la recopilación sistemática de datos relativos a la pesca de captura. Doc. Tec. No. 382.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations 2005. Subsector de la pesca continental en Venezuela. <http://www.fao.org/fi/oldsite/FCP/es/ven/profile.htm> [Ago. 22, 2005].
- González, S. 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 Marina, Mención Biología Pesquera, Instituto Oceanográfico de Venezuela, UDO, Cumaná, estado Sucre, Venezuela.
- González, S. A. R., A. Márquez, W. Senior y G. Martínez. 2006. Concentración de K, Na, Ca, Mg, Fe, proteínas y grasas en el bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* del Orinoco medio en Venezuela. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia.* 29(2):119-126.
- González, S. A. R., A. Márquez, W. Senior y G. Martínez. 2007. Constituyentes minerales

- del morocoto *Piaractus brachypomus* en el Orinoco medio en Venezuela. Rev. Cient., FCV-LUZ / XVII(4):325-329.
- González, S. A. R., A. Márquez, W. Senior y G. Martínez. 2009. Contenido de grasa y proteína en *Pygocentrus cariba*, *Prochilodus mariae*, *Plagioscion squamosissimus*, *Piaractus brachypomus* *Hypostomus plecostomus* en una laguna de inundación del Orinoco medio. Rev. Cient., FCV-LUZ / XIX(1):15-21.
- González, S. A. R., J. Mendoza, F. Arocha y A. Márquez. 2012. Tasa de explotación y rendimiento sostenible de *Pseudoplatystoma fasciatum* en el eje Caicara - Cabruta del Orinoco. Zoot. Trop. 30(2):155-169.
- González, A. R. 2013. Dinámica poblacional de la cachama *Colossoma macropomum* y del morocoto *Piaractus brachypomus* en el sector Caicara-Cabruta del Orinoco. Informe final de Proyecto financiado por el Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, Cumaná, estado Sucre.
- INSOPESCA, Instituto Nacional Socialista de Pesca y Acuicultura 2013. Discusión de la Propuesta de Resolución para Regular la Pesca Comercial Artesanal en la cuenca del río Orinoco. Noviembre, 2013.
- INSOPESCA, Instituto Nacional Socialista de Pesca y Acuicultura 2010. Producción Pesquera Continental. Disponible en línea: http://www.insopesca.gob.ve/?page_id=582 [Feb. 25, 2014].
- Mateus, L. A. F. and G. M. B. Estupiñán. 2002. Fish stock assessment of piraputanga *Brycon microlepis* in the Cuiabá river basin, Pantanal of Mato Grosso, Brazil. Braz. J. Biol., 2(1):165-170.
- Novoa D., 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.
- Pérez, L. A. 2005. Ciclo de vida e dinámica populacional do caparari *Pseudoplatystomati grinum* Valenciennes 1840 (Pisces: Pimelodidae), no rio Apure, bacia do rio Orinoco. Tese Doutorado em Ciências Biológicas, INPA/UFAM, Manaus, Brazil. 225 p.
- Petrere, Jr. M., T. Walter and C.V. Minte-Vera. 2006. Income evaluation of small - scale fishers in two brazilian urban reservoirs: Represa Billings (SP) and Lago Paranoá (DF). Braz. J. Biol., 66(3):817-828.
- Silva, A. J. 1997. Sistema de procesamiento de encuestas de producción artesanal (SISPRO 1.0). Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, estado Sucre.
- Vandick da Silva B. and M. Petrere Jr. 2003. Characterization of the commercial fish production landed at Manaus, Amazonas State, Brazil. Act. Amaz. 3(1):53-66.

Efeito de tempo e diferentes biomassas no acondicionamento de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) após transporte sobre o retorno a homeostase

Time effect and different biomasses in Tilapia (*Oreochromis niloticus*) conditioning after transport on the return to homeostasis

Efecto del tiempo y diferentes biomassas en el acondicionamiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) después del transporte sobre el retorno a la homeostasis

Emizael Menezes de Almeida^{1*}, Alan Soares Machado², Delma Machado Cantisani Padua³, Brena Cristine Rosário Silva³, Anderli Divina Ferreira Rios⁴

¹Instituto Federal Goiano - Câmpus Ceres, Brasil. *Correo electrónico: emizaelmenezes@gmail.com. ²IF Goiano Departamento de Zootecnia. ³Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia, Brasil. ⁴Unievangélica, Goianésia, Brasil.

RESUMO

Objetivou-se, com este estudo, avaliar o efeito de diferentes biomassas de estocagem de juvenis de tilápia sobre o retorno à homeostase após o transporte em períodos determinados de tempo. Para isso, 490 juvenis de tilápia com $51,42 \pm 8,28\text{g}$ foram colocados em caixas de transporte apropriadas e, realizado o transporte por cinco horas. Ao final deste manejo, os peixes foram acondicionados em 18 caixas de PVC de 500L, preenchidas com água e mantidas com volume de 100L e com vazão média de 0,05L/s. Os juvenis de tilápia foram distribuídos aleatoriamente nas caixas compondo delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x3, sendo duas biomassas de 10,3 e 15,4g/L e, três amostragens nos tempos 24, 68 e 168 horas após transporte, com três repetições. Os parâmetros físicos e químicos da água foram analisados na caixa de transporte antes e após do transporte, na água do reservatório de abastecimento e, nas caixas de PVC, durante todo o estudo. O sangue foi coletado por punção do vaso caudal, centrifugado, e o soro armazenado a -20°C até a realização das análises. As variáveis fisiológicas analisadas foram: glicemia, hemoglobina, hematócrito, número total de eritrócitos, volume corpuscular médio, cortisol e íons, Na e K. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Concluiu-se que a biomassa no acondicionamento após transporte teve influência na variável glicemia e cortisol. Evidenciando que são variáveis de importância para avaliação do estresse.

Palavras-chave: cortisol, densidade populacional, estresse, glicose, peixe.

ABSTRACT

The study objective was to investigate the different storage biomasses effect in juvenile tilapia, on the return to homeostasis after transport, at specified time periods. Thus, 490 juvenile tilapias of $51.42 \pm 8.28\text{g}$ were placed in transport box adapted and accomplished the transport by five hours. Immediately after that, the fish were conditioned in 18 boxes of PVC 500L, filled out with water and maintained with volume of 100L, and with medium flow of 0,05L/s. The juvenile tilapias were distributed in boxes in a 2x3 factorial completely randomized design, being two biomasses 10,3 and 15,4g/L, three periods time sampling at 24, 68 and 168 hours after transport, with three repetitions. The physical and chemical parameters were analyzed in the transport box, before the transport and in the water provisioning reservoir, as well as in PVC boxes, after the transport and during whole study. The blood was collected by caudal vessel puncture and glucose, hemoglobin, hematocrit, erythrocytes total number, mean corpuscular volume were determined. The blood was centrifuged, and the serum was stored at -20°C for cortisol, Na and K determination. The data was evaluated by analysis of variance and group means were compared by Tukey test 5%. It is concluded the biomass influenced the glycemia and cortisol variables. Likewise, these results suggest the importance of cortisol and glucose variables for stress evaluation.

Key words: cortisol, population density, stress, glucose, fish.

Recibido: 12/05/15 Aprobado: 23/06/17

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes biomásas de almacenamiento de tilapias juveniles, sobre el retorno a la homeostasis después del transporte, en periodos determinados de tiempo. Para esto, 490 tilapias juveniles con $51,42 \pm 8,28$ g fueron colocados en cajas apropiadas para su transporte, en un lapso de cinco horas. Después de este manejo, los peces fueron acondicionados en 18 tanques de PVC de 500 L, mantenidos con un volumen de agua de 100 L, con un caudal medio de 0,05 L/s. Los peces fueron distribuidos al azar en los tanques, en un diseño completamente aleatorizado, bajo un esquema factorial 2x3, estableciéndose dos biomásas de 10,3 y 15,4 g/L y tres muestras a las 24, 68 y 168 horas después del transporte, con tres repeticiones. Se analizaron parámetros físicos y químicos del agua antes y después del transporte así como durante todo el estudio en el reservorio de abastecimiento y en los tanques de PVC. La sangre fue colectada por punción del vaso caudal y centrifugada; el suero fue almacenado a -20°C hasta la realización de los análisis. Las variables fisiológicas analizadas fueron: glicemia, hemoglobina, hematocrito, números total de eritrocitos, volumen corpuscular medio, cortisol e iones Na y K. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y las medias comparadas por el test Tukey a 5%. Se concluye que la biomasa en el acondicionamiento de Tilapias después del transporte tiene influencia en las variables glicemia y cortisol. Evidenciando que son variables de importancia para la evaluación del estrés.

Palabras clave: cortisol, densidad poblacional, estrés, glucosa, peces.

INTRODUÇÃO

A demanda crescente por alimentos de alta qualidade e mais saudáveis e a necessidade de produção cada vez maior de fontes protéicas faz da aquicultura uma atividade em ascensão no mundo (FAO, 2014). Segundo o IBGE (2015) a produção total de peixes da piscicultura brasileira foi de 483,24 mil toneladas no ano de 2015, representando um aumento de 1,5% em relação ao ano de 2014, quando foram produzidas 475.99 toneladas.

A *Oreochromis niloticus*, conhecida como tilápia do Nilo, pertence à família Cichlidae, possui listras verticais na nadadeira caudal, coloração cinza azulada, corpo curto e alto, cabeça e caudas pequenas, de hábito alimentar fitoplanctófago e de baixo custo de produção (Padua, 2001). É espécie de peixe mais criado em piscicultura no Brasil, com 219,33 mil toneladas despescadas no ano de 2015, representando 45,4% do total da despesca nacional. A produção da espécie aumentou 9,7% em relação ao ano de 2014 (IBGE, 2015).

Na criação de peixes o transporte é um manejo que promove o estresse. O estresse acarreta comprometimento do desempenho produtivo. De acordo Duccini-Santos *et al.* (2004) a densidade de estocagem dos peixes também atua como fator de estresse nos indivíduos, por tanto quanto maior o número de peixes por m^2 e/ou m^3 maior será a pressão sobre o estresse.

As respostas de estresse são divididas em: primárias as hormonais, secundárias as mudanças nos parâmetros fisiológicos e bioquímicos e as terciárias de caráter crônico com o comprometimento no desempenho, mudanças no comportamento e aumento da suscetibilidade a doenças (Barton, 2000).

Os indicadores mais utilizados na avaliação do estresse são o cortisol plasmático e a glicose (Barton e Iwana, 1991; Barton, 2000; Acerete *et al.*, 2004). A glicemia tem o papel de proporcionar energia para a fuga ou enfrentamento da situação adversa (Wendelaar Bonga, 1997). O cortisol em excesso diminui as proteínas musculares, a função imune, o desempenho do animal, e ao mesmo tempo aumenta o balanço hidromineral, o glicogênio hepático e ácido graxo (Mommsen *et al.*, 1999).

As alterações tanto no nível de cortisol, quanto na glicose circulante provocadas por um agente estressor podem variar dependendo de características como espécie, tamanho, sexo e linhagem e do estressor aplicado, como tipo, severidade e intensidade (Urbinati e Carneiro, 2004; Takahashi *et al.*, 2006).

Em *Oreochromis niloticus*, os efeitos da densidade e o tempo de transportes são pouco estudados. O conhecimento do tempo de transporte e da densidade de estocagem ideal propiciaria o aumento dos índices de produção

em sistemas de criação de peixes, de modo que o objetivo desta pesquisa é avaliar o efeito de tempo e diferentes biomassas de estocagem após transporte, sobre o retorno a homeostase em Tilápia (*Oreochromis niloticus*).

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Setor de Piscicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Católica de Goiás – UCG, situado em Goiânia – GO. As determinações das variáveis fisiológicas hematológicas foram realizadas no Laboratório de Análises Clínica (LAS) da UCG. Utilizou-se 490 juvenis de tilápia (*Oreochromis niloticus*), com peso médio de $51,42 \pm 8,28$ g provenientes do Setor de Piscicultura da Universidade Federal de Goiás (UFG). Os juvenis foram mantidos em viveiros de 50m² com fundo de terra e parede de alvenaria.

Antes do transporte foi realizado um jejum de 24 horas, dos 490 juvenis 20 foram amostrados para determinação das variáveis fisiológicas hematológicas para o controle pré-transporte. Os juvenis de tilápia restantes foram acondicionados em caixas próprias para transporte, com capacidade de 400L, aerada por sistemas de mangueiras e cilindros de oxigênio. Após o monitoramento da qualidade físico-química da água iniciou-se o transporte rodoviário de cinco horas. Ao término do transporte, na chegada ao Laboratório de Piscicultura da UCG, 20 tilápias foram retiradas com o auxílio de um puçá para a coleta de sangue para determinação dos parâmetros hematológicos de controle pós-transporte. Novamente foram avaliados os parâmetros físicos e químicos da água da caixa de transporte e das 18 caixas de PVC, preparadas para o acondicionamento dos juvenis, com capacidade de 500L que encontravam-se niveladas a 100L, estas estavam instaladas em uma estufa de 80m². As caixas foram abastecidas com água de represa, previamente estocada em reservatório de 10m³ e o povoamento foi realizado de acordo com as recomendações de Proença e Bittencourt (1994). Todas as caixas possuíam torneiras com vazão média de 0,05L/s e com filtro de malha para que a entrada de partículas fosse reduzida.

Os 450 juvenis restantes foram aleatoriamente distribuídos nas 18 caixas de PVC, compondo

um experimento em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com esquema fatorial de 2x3, sendo duas biomassas (10,3 e 15,4g/L) e três amostragens de tempo (24, 68 e 168 horas pós transporte), com três repetições. Sendo assim, foram constituídos os seguintes tratamentos:

T1 = 24h x 10,3g/L T4 = 24h x 15,4 g/L

T2 = 68h x 10,3g/L T5 = 68h x 15,4g/L

T3 = 168h x 10,3g/L T6 = 168h x 15,4g/L

Nas amostras de água da caixa de transporte – coletada antes e depois do transporte, da caixa de reservatório e caixa de tratamentos – ambas coletadas duas vezes ao dia, foram avaliadas os seguintes parâmetros: temperatura instantânea e transparência foram mensuradas com auxílio de um termômetro e disco de Secchi. O pH e a condutividade foram mensurados utilizando medidor de pH de Bancada (Microprocessado) MPA-210. O oxigênio dissolvido, a amônia total, amônia ionizada (cálculo da amônia total, pH e temperatura) foram aferidas com o kit produtor da ALFAKIT®. Na amostragem de 168 horas, a água foi coletada apenas pela manhã. Para a análise de temperatura máxima e mínima utilizou-se termômetro digital com função de máxima e mínima, registrada no período da tarde.

Os juvenis de tilápia coletados aleatoriamente com auxílio de um puçá sendo 20 juvenis no controle e na chegada e 12 juvenis de cada biomassa das três amostragens de tempo foram levados em baldes até o laboratório de piscicultura, onde foram anestesiados em água com benzocaína à concentração de 1g/15mL e após aproximadamente 5 minutos foi realizada a coleta de sangue. Foi coletado aproximadamente 1,5mL de sangue/juvenis, através de punção dos vasos caudais, realizada com o auxílio de seringas de 5mL, sem anticoagulante e agulhas de 26x7mm, após a coleta de sangue os juvenis foram sacrificados por rompimento da coluna vertebral. Aproximadamente 0,5mL/ sangue foi inserido em um *ependorfe* com 2μL de anticoagulante ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) para a realização das análises de: glicemia, hematócrito, hemoglobina, eritrócito, volume corpuscular médio, cortisol e íons.

A concentração de glicose foi determinada com auxílio de um medidor digital (TRUEread®), para isto aproximadamente 10μL de sangue foram

colocados na fita de leitura do aparelho, que por meio de uma análise eletroquímica da amostra, apresentou a concentração em g/dL, método validado por Gomes *et al.* (2005). As amostras de sangue foram transferidas para tubos de microhematócrito sem heparina e centrifugadas em centrífuga de microhematócrito por 10 minutos a 10.000rpm, sendo a leitura feita em percentual de sedimentação com o auxílio de uma escala de leitura do percentual de hematócrito, técnica de Goldenfarb *et al.* (1971). A concentração de hemoglobina foi determinada por meio de um *Kit* comercial Lab test (Diagnóstica®, Lagoa Santa, MG). Tal procedimento consistiu em misturar 20µL de sangue em 5mL de líquido Drabkin, em tubo de ensaio que depois de homogeneizado, foi levado a um espectrofotômetro com absorvância de 540nm, sendo os valores expressos em g/dL.

Os valores do eritrócito se deram pela contagem das células vermelhas, realizadas em câmara de Neubauer, onde foi diluído 20µL de sangue em 4mL de Hayen, assim a contagem se deu com o auxílio de um microscópio óptico e um contador mecânico, e os valores expressos em milhões de células por milímetros cúbicos de sangue (10^6 mm^3) Collier (1944). O volume corpuscular médio (VCM) foi calculado conforme Wintrobe (1934) onde $[\text{VCM} = (\text{Hematócrito} \times 10) / \text{eritrócitos}]$. O restante do sangue foi colocado em outro *ependorfe*, sem anticoagulante, para a realização das análises no soro, que foi obtido após a coagulação do sangue no *ependorfe* e transferido para tubos de vidro e congelados a -20°C , até a realização das análises: cortisol e íons (Na e K).

A dosagem de cortisol foi realizada utilizando a técnica de quimimunoensaio com *Kit* comercial (COMBO® 300T ACS 180 COR 672303000) e cerca de 200µL de soro, os resultados foram expressos em µg/dL. Utilizou para determinação de íons o fotômetro de chama modelo (BFC 150), que após de calibrado, iniciou a leitura utilizando copos descartáveis de plástico tipo café com a presença de 50µL de soro/amostra, e os resultados foram expressos em mg/dL.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o software SAS (SAS INSTITUTE, 1999), e as médias comparadas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para obtenção de uma máxima produção de peixes, é importante o estudo das características físicas, químicas e biológicas da água dos viveiros e tanques de cultivo (Sipaúba-Tavares, 2000). Através do monitoramento da qualidade da água pode-se verificar-se as condições ambientais permaneceram dentro dos limites de conforto da espécie.

Durante o estudo, o pH refletiu a estabilidade do meio, alcançando média próxima a 7,0 tendendo à alcalinidade, ficando dentro da faixa de crescimento adequado para tilápias (Tavares, 1994). As concentrações de amônia não ionizada na água permaneceram sempre abaixo de 0,01ppm. Segundo Foss *et al.* (2003), valores de amônia não ionizada abaixo de 0,02ppm são considerados seguros para a maioria das espécies de peixes. Bergman (1994), afirma que a toxicidade microbiana que ocorre no sedimento, podendo apresentar variações diurnas de acordo com a intensidade dos processos da fotossíntese e respiração que ocorrem no ambiente, de modo que os resultados apresentados são relativos à condições experimentais.

A temperatura instantânea permaneceu na faixa de conforto térmico em todos os instantes observados, não afetando a demanda de energia para o metabolismo. As tilápias são nativas do continente africano e da Ásia Menor, predominam em águas quentes e a temperatura da água para o cultivo pode variar de 20 a 30°C (Nogueira e Rodrigues, 2007).

Os parâmetros hematológicos pré e pós transporte estão apresentados na Tabela 1. Nota-se que o desafio do transporte elevou numericamente os valores das variáveis analisadas, o que pode determinar este manejo como agente estressor em juvenis de tilápia.

De acordo com a análise de variância (Tabela 2) as variáveis que demonstraram diferença significativa quanto ao fator tempo são: glicemia, hemoglobina, VCM, cortisol, sódio e potássio. Para o fator biomassa, somente a glicemia sofreu diferença significativa entre as variáveis analisadas e a interação tempo e biomassa teve diferença significativa na variável glicemia e hematócrito.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão das características hematológicas analisadas no controle e na chegada do transporte.

Variáveis analisadas	Controle pré-transporte	Controle pós-transporte
Glicemia (g/dL)	249,0 ± 61,0	276,9 ± 68,3
Hemoglobina (g/dL)	5,39 ± 1,4	6,82 ± 1,6
Hematócrito (%)	19,3 ± 5,5	26,8 ± 6,8
Eritrócito (10 ⁶ mm ³)	1,32 ± 3,4 x 10 ⁵	1,56 ± 4,7 x 10 ⁵
VCM (fL)	149,0 ± 38,0	179,1 ± 45,6
Cortisol (ug/dL)	14,0 ± 9,0	14,06 ± 6,6
Sódio (mg/dL)	126,2 ± 11,0	131,4 ± 6,0
Potássio (mg/dL)	5,2 ± 1,66	6,4 ± 1,5

VCM: volume corpuscular médio.

Os indicadores plasmáticos mais utilizados na avaliação do estresse e que normalmente tem-se uma boa resposta são a glicose e o cortisol (Barton e Iwama, 1991; Barton, 2000; Acerete *et al.*, 2004). O cortisol é utilizado para caracterizar a resposta primária e, a glicose, a resposta secundária.

Em peixes estressados as alterações hematológicas, geralmente, são acompanhadas de hiperglicemia decorrente da liberação aumentada de cortisol (Urbinatie Carneiro, 2001). A mobilização da glicose em resposta ao estresse é geralmente interpretada como o suprimento de energia necessária durante situações adversas e está relacionada à liberação de catecolaminas e cortisol (Morgan e Iwama, 1997). A concentração e a permanência de valores elevados de glicose por mais tempo em indivíduos estressados, podendo variar de acordo com o estímulo estressante a que os mesmos são submetidos e com o ambiente em que são mantidos (Azevedo *et al.*, 2006). O cortisol em excesso diminui as proteínas musculares, a função imune, o desempenho animal e, ao mesmo tempo aumenta o balanço hidromineral, o glicogênio hepático e ácido graxo (Mommsen *et al.*, 1999).

Os resultados da análise de glicemia demonstraram que no período de 24h após o transporte, foi o que apresentou maior valor para o nível glicêmico. Elevações semelhantes

na glicemia foram observadas em alevinos de tilápia do Nilo ao serem submetidos a condições de estresse, criadas em ambiente com baixa concentração de oxigênio (Ishabashi *et al.*, 2002). Já Silva *et al.* (2012) encontraram aumento da glicemia plasmática em tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) sob estresse por exposição ao ar. Evidenciando que o nível glicêmico aumenta após exposição a agente estressor, demonstrando ser um bom indicador de estresse, pois suas alterações são facilmente detectáveis e sua avaliação é simples.

Urbinati *et al.* (2004) avaliaram as respostas fisiológicas de juvenis de matrinxã (*Brycon cephalus*) nos procedimentos de captura, carregamento e transporte por 4 h nas densidades de 83, 125 e 166 g/L de biomassa. Observaram que a glicemia aumentou ligeiramente após o carregamento e significativamente após o transporte, voltando aos valores basais 24 h após, de forma similar em todas as densidades. Resultados semelhantes foram encontrados por Brandão *et al.* (2006) com pirarucu, a glicose sanguínea aumentou significativamente após a captura/depuração e depois do transporte, voltando para valores semelhantes ao após a captura/depuração no momento 24 h após o transporte. O mesmo pode ser observado por Takahashi *et al.* (2006) em juvenis de pacu houve redução progressiva da glicose circulante nas amostragens de 24

Tabela 2. Resumo da análise de variância, coeficientes de variação e médias por quadrados mínimos das características hematológicas de juvenis de tilápia, *O. niloticus*, acondicionadas em diferentes biomassas, e tempos, após o desafio de transporte, em períodos determinados de tempo.

Causas de variação	Pr > F									
	Glicemia (g/dL)	Hemoglobina (g/dL)	Hematócrito (%)	Eritrócito (10 ⁶ /mm)	VCM (fL)	Cortisol (ug/dL)	Na (mg/dL)	K (mg/dL)		
Tempo (T)	0,0001	0,0001	0,9357	0,4698	0,0029	0,001	0,0001	0,0001		
Biomassa (B)	0,0244	0,5128	0,2228	0,2025	0,8836	0,6557	0,6790	0,2056		
T x B	0,0327	0,3090	0,0338	0,8331	0,5856	0,9727	0,6743	0,1797		
Repetição	0,9472	0,5894	0,3739	0,3106	0,4781	0,6524	0,0298	0,9073		
Resíduo	-	-	-	-	-	-	-	-		
CV	34,35	15,55	19,16	33,35	32,31	70,31	7,61	43,56		
Médias:										
Tempo										
24 h	123,75 ^a	6,70 ^b	23,29	1,45	170,10 ^b	14,51 ^a	125,83 ^a	1,60 ^c		
68 h	118,37 ^a	7,38 ^a	23,42	1,29	185,64 ^b	4,63 ^b	112,96 ^c	11,43 ^a		
168 h	64,04 ^b	5,61 ^c	23,75	1,37	232,92 ^a	5,60 ^b	118,62 ^b	4,87 ^b		
Biomassa										
10,3 g/L	111,58 ^a	6,48	22,83	1,30	197,32	7,94	118,69	6,36		
15,4 g/L	92,53 ^b	6,64	24,14	1,44	195,12	8,55	119,58	5,57		

Pr > F: Pr ≤ 0,01 = significativo a 99% de probabilidade; Pr > 0,01 ≤ 0,05 = significativo a 95% de probabilidade. Valores seguidos da mesma letra em mesma coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

e 72 h em relação à concentração registrada imediatamente após o transporte, perfil mais evidente nos peixes estocados no tanque de terra, sugerindo a estocagem dos peixes em tanques de terra para a retomada da homeostase.

A variável glicemia no fator biomassa demonstrou diferença significativa resultando em um valor menor para a biomassa maior, o que pode ser representado provavelmente ao maior número de indivíduos presentes nestes tratamentos, fazendo com que houvesse disputa por espaço, promovendo assim, um maior gasto de energia e como consequência direta a redução da glicose.

Variação significativa de glicose acompanhada de variações não significativas do hematócrito foi observada neste estudo, assim como foram observadas por outros autores ao estudarem o efeito do estresse agudo em diferentes espécies. Barcellos *et al.* (2003), verificou em *Rhamdia quelen* manifestações semelhantes. Estes resultados assemelham-se também aos de Frisch e Anderson (2000), e aos de Ruane *et al.* (2002), que estudaram o efeito do estresse em *Plectropomus leopardus* e *Cyprinus carpio* L., respectivamente.

Em relação à concentração de hemoglobina observou-se que à medida que o tempo após transporte foi aumentando, o nível da hemoglobina decresceu. Em peixes estressados, as alterações hematológicas, geralmente, são acompanhadas de hiperglicemia e aumento da hemoglobina, decorrente da liberação crescente de cortisol, que induz incremento de gliconeogênese hepática (Carneiro e Urbinati, 2001).

Os resultados mostraram que a média geral do percentual de hematócrito e do número de eritrócitos das tilápias no fator tempo e biomassa não obtiveram diferença significativa. Entretanto, na interação tempo e biomassa observou diferença significativa em relação ao hematócrito, ao mesmo tempo em que o valor na biomassa menor aumentou, na biomassa maior diminuiu, caracterizando o que Val *et al.* (1990) afirmou, peixes adaptados a baixos níveis de oxigênio exibem elevados valores de hematócrito, concentração de hemoglobina e número de eritrócitos, provavelmente para carrear mais eficientemente o pouco gás disponível.

Barcellos *et al.* (2003) não encontraram no pacu (*Piaractus mesopotamicus*), alterações no número de eritrócitos durante as amostragens analisadas, assim como em jundiá (*Rhamdia quelen*) submetido a estressores agudos, mesmo observado Urbinati *et al.* (2004) em matrinxã juvenil transportado por 4 horas em sacos plásticos.

Observou-se que o VCM das tilápias teve aumento gradativo ao longo do tempo de retorno a homeostase, segundo Mc Donalde Milligan (1997), isto pode ser justificado pelo aumento das alterações eletrolíticas e pelo influxo de água na célula. Os diferentes tipos de estressores presentes no processo produtivo, entre eles o transporte, são capazes de provocar nos peixes respostas fisiológicas características que incluem aumento da concentração de cortisol circulante (Urbinati *et al.*, 2004).

Neste estudo, o cortisol apresentou um aumento significativo no tempo de 24 h após o transporte, houve redução significativa do cortisol 68 h após o transporte. Brandão *et al.* (2006) observaram uma latência na elevação do cortisol, posteriormente ao período de 24 h após o transporte, quando comparado ao controle. Voltando a valores normais 48 h após o transporte. Em tambaqui, o cortisol plasmático foi aumentado após 3 h de transporte, em sistema fechado, retornando aos níveis basais 96h depois (Gomes *et al.*, 2003). Em peixes como matrinxãs adultos (Carneiro e Urbinati, 2002) e em juvenis (Urbinati *et al.*, 2004), encontraram que o retorno do cortisol aos valores basais ocorreu em 24 h.

De acordo com Mazeaud *et al.* (1977), o principal componente do desequilíbrio iônico é o aumento na permeabilidade da membrana que favorece a perda de cloreto e sódio para o meio externo menos concentrado. Como o presente trabalho observou a perda de íons ao longo do tempo de recuperação, porém evidenciou-se um aumento após 68h do transporte. Para Mazeaud *et al.* (1977), potássio é o principal cátion intracelular e, neste estudo houve um acréscimo em sua concentração nos tempos 24h e 68h após transporte, vindo a ter sua menor concentração registrada no tempo 168h. No caso do potássio, a recuperação dos valores basais em matrinxã, foi similar ao presente estudo, ocorreu 24h após o transporte (Carneiro e Urbinati, 2001).

CONCLUSÃO

Observou-se que somente a glicemia teve diferença significativa relacionada ao fator biomassa, porém no fator tempo as variáveis com diferença significativa fora: glicemia, hemoglobina, cortisol, sódio e potássio que tiveram o menor nível encontrado no tempo 68h após o transporte.

Esse trabalho demonstrou a interação entre o tempo de estocagem após o transporte e as biomassas, para as variáveis: glicemia e hematócrito, além de identificar variáveis de relevância para o estudo do estresse após o transporte: cortisol e glicemia, entretanto, as variáveis hematócrito e eritrócito não tiveram significância relacionada no tempo e na biomassa, demonstrando não ser variáveis de grande relação com esse estresse. Além de colher resultados que forneceram valores sanguíneos normais em *Oreochromis niloticus*, em cultivo intensivo que poderão servir de comparação com dados dessa espécie em outras situações de cultivo.

LITERATURA CITADA

- Acerete, L., Balasch, J. C., Espinosa, E., Jose, A., Tort, L. 2004. Physiological responses in Eurasian perch (*Perca fluviatilis*, L) subjected to stress by transport and handling. *Aquaculture*, 237:167-178.
- Azevedo, T. M. P., Martins, M. L., Yamashita, M. M., Francisco, C. J. 2006. Hematologia de *Oreochromis niloticus*: comparação entre peixes mantidos em piscicultura consorciada com suínos e em pesque-pague no vale do rio Tijucas, Santa Catarina, Brasil. *B. Inst. Pesca*, 32(1):41-19.
- Barcellos, L. J. G., Kreutz, L. C., Rodrigues, L. B. 2003. Short Communication haematological and biochemical characteristics of male jundia (*Rhamdia quelen* Quoy & Gaimard Pimelodidae): changes after acute stress. *Aquac. Res.*, 32: pp. 1465-1469.
- Barton, B. A. 2000. Salmonid fishes differ in their cortisol and glucose responses to handling and transport stress. *North American Journal of Aquaculture*, 62(1):12-18.
- Barton, B. A., Iwama, G. K. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the reponse and effects of corticosteroids. *Ann. Rev. of fish diseases*, 1:3-26.
- Brandão, F. R., Gomes, L. C., e Chagas, E. C. 2006. Respostas de estresse em pirarucu (*Arapaima gigas*) durante práticas de rotina em piscicultura. *Acta Amazonica*, 36(3): pp. 349 – 356.
- Carneiro, P. C. F., and Urbinati, E. C. 2001. Salt as a stress response mitigator of matrinxã *Brycon cephalus* (Teleostei: Characoidei) during transport. *Aquaculture Research*. 32 pp. 297-304.
- Carneiro, P. C. F., and Urbinati, E. C. 2002. Transport stress in matrinxã, *Brycon cephalus* (Teleostei: Characidae) at different densities. *Aquaculture International*. v.10(3): pp. 221-229.
- Collier, H. B. 1944. The standardizations of blood haemoglobin determinations. *Canadian Medical Association Journal*, v.50, pp. 550-552.
- Duccini-Santos, C., Santos-Perestrelo, C., Aquino-Silva, M. R., Girardi, L., Fiorini, M. P. 2004. Estudo hematológico de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede. VII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, Universidade do Vale do Paraíba, SP, Brasil. 168-170.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italy). 2014. The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges. Rome, 2014.
- Foss, A., Evensen, T. H., Vollen, T., Oiestad, V. 2003. Effects of chronic ammonia exposure on growth and food conversion efficiency in juvenile spotted wolfish. *Aquaculture*, 228:215-224.
- Frisch, A. J., Anderson, T. A. 2000. The response of coral trout (*Plectropomus leopardus*) to capture, handling and transport and shallow water stress. *Fish Physiol. Biochem.*, 23:23-24.

- Goldenfarb, P. B., Bowler, F. P., Hall, E., Brosious, E. 1971. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. *American Journal of Clinical Pathology*, v.56, n.1, pp. 35-39.
- Gomes, L. C., Lima, C. A. R. M. A., Roubach, R., Urbinati, E. C. 2003. Avaliação dos efeitos da adição de sal e da densidade no transporte de tambaqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. v.38, n.2, pp. 283-290.
- Gomes, L. C., Chagas, E. C., Crescêncio, R., Pessoa, M. A., Silva, A. L. F., Carvalho, E. S., Andrade-Junior, G., Brito, M. V. T., Porto, M. S. A. 2005. Validation of a simple portable instrument for measurement of blood glucose in four Amazon fishes. *Journal of Aquaculture in the Tropics*, Calcutta, v.20, n.2, pp. 101-109.
- IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA) IBGE. 2015. Produção da pecuária municipal. Rio de Janeiro, v.43, pp.1-47.
- Ishibashi, Y., Ekawa, H., Hirata, H. 2002. Stress response and energy metabolism in various tissues of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* exposed to hypoxic conditions. *Fish. Sci.*, 68:1374-1383.
- McDonald, G., and Milligan, L. 1997. Ionic, osmotic and acid-base regulation in stress. In: Iwama, G. W.; Pickering, A. D.; Sumpter, J. P.; Schreck, C. B. (Eds.). *Fish stress and health in aquaculture*. Cambridge University Press, UK. pp. 119-144.
- Mazeaud, M.M., Mazeaud, F., Donaldson, E. M. 1977. Primary and secondary effects of stress in fish: some new data with a general review. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 106:(3) pp. 210-212.
- Mommsen, T. P.; Vijayan, M. M.; Moon, T. W. 1999. Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 9:211-268.
- Morgan, J. D., Iwana, G. K. 1997. Measurements of stressed states in the Field. In: Iwama, G. D., Pickering, A. D., Sumpter, J. P., Schreck, C. B. (Eds.). *Fish stress and health in aquaculture*. Cambridge University Press. pp. 247-270.
- Nogueira, A. C., Rodrigues, T. 2007. Criação de tilápias em tanques-rede. Sebrae. Salvador, Bahia, Brasil. 23 p.
- Padua, D.M.C. 2001. Fundamentos da piscicultura 2ed. Ed. UCG. Goiânia- GO. 341 p.
- Proença, C. E. M. de, Bittencourt, P. R. L. 1994. Manual de Piscicultura Tropical. IBAMA, Brasília. 196.
- Ruane, N. M., Carballo, E. C., Komen, J. 2002. Increased stocking density influences the acute physiological stress response of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquac. Res.*, 33: pp. 777-784.
- SAS INSTITUTE. 1999. Procedure guide for personal computers. 5. ed. Cary, 334 p.
- Silva, R. D., Rocha, L. O., Fortes, B. D. A., Vieira, D., Fioravanti, M. C. S. 2012. Parâmetros hematológicos e bioquímicos da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) sob estresse por exposição ao ar. *Pesq. Vet. Bras.*, 32:99-107.
- Sipaúva-Tavares, L. H. 2000. Ecologia geral de viveiros em tanques de criação. In: Workshop sobre a qualidade da água na aquicultura. Cepta, Anais Pirassununga, SP, Brasil. 92.
- Takahashi, L. S.; Abreu, J. S., Biller, J. D., Urbinati, E. C. 2006. Efeito do ambiente pós-transporte na recuperação dos indicadores de estresse de pacus juvenis, *Piaractus mesopotamicus*. *Acta Science Animal*. Maringá, v.28, n.4, pp. 469-475.
- Tavares, L. H. S. 1994. Limnologia aplicada à aquicultura. Funep. Jaboticabal, SP, Brasil. 70.
- Urbinati, E. C., Sampaio, J. A., Camargo, A. C. S., Landines, M. A. 2004. Loading and transport stress of juvenile matrinxã (*Brycon cephalus*, Characidae) at various densities. *Aquaculture*, 229:389-400.
- Urbinati, E. C., Carneiro, P. C. F. 2001. Metabolic and hormonal responses of the matrinxã, *Brycon cephalus*, (Teleostei: Characidae) to

- the stress of transport under the influence of benzocaine. *Journal Aquaculture in the Tropics*, 16(1):75-85.
- Urbinati, E. C., Carneiro, P. C. F. 2004. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. In: Cyrino, J. E. P., Urbinati, E. C., Fracalossi, D. M., Catagnolli, N. (Eds), Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia. São Paulo, Brasil. pp. 171-193.
- Val, A. L., Almeida-Val, V. M. F., Affonso, E. G. 1990. Adaptative features of Amazon fishes: hemoglobins, hematology, intraerythrocytic phosphates and whole blood Bohr Effect of *Pterygoplichthys multiradiatus* (Siluriformes). *Comp. Biochem. Physiol.*, 97B(3):435-440.
- Wendelaar Bonga, S. E. 1997. The stress response in fish. *Physiological Reviews*. v.77, n.3, pp. 591-625.
- Wintrobe, M. M. 1934. Variations in the size and hemoglobin content of erythrocytes in the blood of various vertebrates. *Folia Haematologica*, Leipzig., 5, 32-49.

Calidad fermentativa y nutricional del ensilaje de *Pennisetum purpureum* cv. *Mott* con diferentes proporciones de *Pueraria phaseoloides*

Fermentation and nutritional quality of *Pennisetum purpureum* silage cv. *Mott* with different proportions of *Pueraria phaseoloides*

Dayana Camargo García

Universidad Politécnica Territorial Arístides Bastidas, Estado Yaracuy Venezuela. Correo electrónico: daycamar16@hotmail.com.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la calidad fermentativa y nutricional de ensilajes de *Pueraria phaseoloides* y *Pennisetum purpureum* cv. *Mott*, se determinó la composición química de las muestras antes y después de ensilar, el potencial de fermentación de las mezclas frescas y la digestibilidad *in vitro* del ensilaje resultante. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, con seis niveles de incorporación de leguminosa (0, 10, 20, 30, 40 y 50% en base verde), definidos como T0, T1, T2, T3, T4 y T5 respectivamente. Se aplicó la prueba de medias de Fisher ($P < 0,05$), y la dócima de comparación de rangos múltiples de Tukey. Los contenidos de materia seca (MS) y proteína bruta (PB) variaron al incrementar la leguminosa por encima del 30%, con valores máximos de 52% MS y PB 15,0% (T3), 16,7% (T4) y 17,8% (T5). Los porcentajes de carbohidratos no fibrosos (CNF), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina (Lig), cenizas (Ce) oscilan entre 2,9-12,6; 65,8-76,1; 46-51,9; 6,9-23,7 y 12,5-13,7% respectivamente. El coeficiente de fermentación se ubicó entre 20,8 y 58,2. La inclusión de 30% de leguminosa incrementó los porcentajes de MS, PB, Ce, digestibilidad *in vitro* de materia orgánica (DIVMO), digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS) y ácido láctico, (34,7; 12,2; 12,6; 51,9, 49 y 4,2%); el pH fue de 4,5. Se concluye que al incorporar 30% de leguminosa en la mezcla gramínea/leguminosa, mejora la composición química así como, las características fermentativas y nutricionales de los ensilajes.

Palabras clave: *Pennisetum purpureum*, *Pueraria phaseoloides*, potencial de fermentación, digestibilidad *in vitro*, proteína bruta.

ABSTRACT

In order to evaluate the fermentative and nutritional quality of *Pueraria phaseoloides* and *Pennisetum purpureum* cv. *Mott* silages, chemical composition of the samples before and after ensiling, fermentation potential of the fresh mixtures and *in vitro* digestibility of the resulting ensilage were determined. A completely randomized experimental design was used, with six levels of legume incorporation (0, 10, 20, 30, 40 and 50% in green base), defined as T0, T1, T2, T3, T4 and T5 respectively. Fisher's mean test ($P < 0,05$), and Tukey's multiple rank comparisons were applied. Dry matter (MS) and crude protein (PB) contents varied with the legume increase above 30%, with maximum values of 52% MS and PB 15.0% (T3), 16,7% (T4) and 17,8% (T5). Non-fibrous carbohydrates (CNF), neutral detergent fiber (FND), acid detergent fiber (FAD), lignin (Lig), ashes (Ce) percentages range from 2,9-12,6; 65,8-76,1; 46-51,9; 6,9-23,7 and 12,5-13,7% respectively. Fermentation coefficient was between 20,8 and 58,2. Inclusion 30% legume increased DM, PB, Ce, *in vitro* organic matter digestibility (DIVMO), *in vitro* dry matter digestibility (DIVMS) and lactic acid percentages (34,7; 12,2; 12,6; 51,9; 49 and 4,2%); pH was 4,5. It is concluded that 30% incorporation of legume in grass/legume mixtures, improves the silage chemical composition as well as the fermentative and nutritional characteristics.

Key words: *Pennisetum purpureum*, *Pueraria phaseoloides*, fermentative potential, *in vitro* digestibility, crude protein.

Recibido: 19/02/16 Aprobado: 30/06/17

INTRODUCCIÓN

El progresivo y acelerado crecimiento de la población, ha demandado día a día mayores volúmenes de alimento que satisfagan las necesidades nutricionales y alimenticias de la humanidad. Se estima que 842 millones de personas entre los años 2011- 2013 sufrieron de hambre crónica (FAO, 2013). En atención a esto, es fundamental solventar como problema básico la alimentación, por lo que es necesario trabajar en la obtención de nuevas vías para incrementar la producción animal y la disponibilidad de alimentos.

En Venezuela, al igual que en otros países tropicales, la distribución estacionaria de las precipitaciones y la baja calidad de los pastos usados comúnmente en la producción animal, se encuentran entre los factores que restringen el desarrollo de la ganadería nacional. Por esta razón, la conservación de alimentos en forma de ensilaje puede ser una alternativa para el aprovechamiento de la producción forrajera en los momentos de mayor disponibilidad (Suárez *et al.*, 2011).

En este orden de ideas, las leguminosas muestran un mejor valor nutritivo que otras plantas, lo cual favorece la conservación en forma mixta con gramíneas (Santana *et al.*, 2015). Dentro de las leguminosas, *Pueraria phaseoloides* es una de las especies promisorias para la alimentación animal en condiciones tropicales ya que puede ser utilizada de forma eficiente como fuente de proteínas en la alimentación suplementaria de rumiantes en los períodos secos y es considerada una alternativa para elevar los índices de rendimiento de los sistemas de producción (Monteiro *et al.*, 2009).

Por otra parte, la fermentación de los ensilajes es un proceso que depende de diferentes factores tales como las características del forraje original, la tecnología aplicada, la microflora epifítica del ambiente y las condiciones climáticas imperantes (Santana *et al.*, 2015).

De acuerdo con Santana (2000) algunas gramíneas producen ensilajes de mala calidad debido a su alta humedad, o por el contrario por estar muy secas. En este caso, una posible solución es la mezcla previa con leguminosas; estas mezclas representan una técnica que permite mejorar el contenido de carbohidratos

no fibrosos, reducir la capacidad tampón y prevenir la proteólisis, facilitando la obtención de un buen ensilaje (Cubero *et al.*, 2010)

Trabajos realizados por Suárez *et al.* (2011) y Santana *et al.* (2015) demostraron que para el caso de los ensilajes mixtos de gramíneas y leguminosas, estos presentan ventajas significativas debido a la posibilidad de aprovechar los niveles de proteína y el valor nutricional de leguminosas además de las mejores características fermentativas de las gramíneas. No obstante, la literatura científica ofrece poca información sobre las características nutricionales y fermentativas de los ensilajes combinados de gramíneas y leguminosas; esta información podría constituir una valiosa herramienta para establecer estrategias de manejo eficientes que permitan aprovechar al máximo el potencial de plantas, como el *P. purpureum cv Mott* (pasto Elefante) y *P. phaseoloides* (Kudzú tropical) como fuentes de biomasa y proteína respectivamente, a fin de mejorar la calidad del forraje. Desde esta perspectiva, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad fermentativa y nutricional de los ensilajes, en mezclas de *Pennisetum purpureum cv. Mott* y *Pueraria phaseoloides* en diferentes proporciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

La toma de muestras de forrajes así como la mezcla de los mismos, fue realizada en el Centro Operacional Palito Blanco del Instituto Universitario de Tecnología de Yaracuy, Municipio La Trinidad, estado Yaracuy, Venezuela, ubicado en una zona de clima tropical seco. Los datos climáticos de los últimos 3 años para la zona reportan promedios de temperatura de 28 °C, humedad relativa 80,7 % y precipitaciones de 1175 mm.

Por otra parte, el potencial fermentativo de las mezclas de forrajes se determinó en el Laboratorio de Química General del Instituto Universitario de Tecnología de Yaracuy.

Los análisis de composición química de los materiales vegetales y digestibilidad *in vitro*, fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal "Israel García M." del Decanato de Ciencias Veterinarias de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", en

Barquisimeto, Lara- Venezuela. Finalmente, el análisis de la calidad fermentativa se realizó en el Laboratorio de Cromatografía de la Universidad Francisco de Miranda, Coro, estado Falcón-Venezuela.

La investigación se realizó mediante el desarrollo de dos experimentos; en ambos se utilizó un diseño completamente aleatorizado analizado con paquete estadístico SPSS Inc., (2006) versión 15.0.1. Para los contrastes entre medias se empleó la mínima diferencia significativa protegida de Fisher cuando el valor de $P < 0,05$ y se utilizó la comparación de rangos múltiples de Tukey para detectar las desigualdades entre medias.

En el primer ensayo se prepararon mezclas de *Pennisetum purpureum* cv. *Mott* cosechado el mismo día y *Pueraria phaseoloides* sometida a un pre-secado al sol durante una hora (entre 10 y 11 am) a temperatura ambiental promedio de 28,9°C (INIA, 2013). El muestreo fue irrestricto aleatorio por cada parcela, con diez puntos al azar utilizando marcos de 1 m². Las muestras fueron cortadas con machete a 10 cm del suelo aprovechando tallos y hojas.

La recolección de la leguminosa se realizó en la mañana, y la de la gramínea a las 3 pm con temperatura ambiental de 29 °C (INIA, 2013). Posteriormente, se trocearon ambos materiales en partículas de 2 cm aproximadamente usando una cosechadora de forrajes Vicon MH 90S. Se prepararon 500 g de las mezclas según los tratamientos descritos a continuación: T0 (0%) *Pennisetum*, T1 (10%) *Pennisetum* 450 g + 50 g de *Pueraria*, T2 (20%) *Pennisetum* 400 g + 100 g de *Pueraria*, T3 (30%) *Pennisetum* 350 g + 150 g de *Pueraria*, T4 (40%) *Pennisetum* 300 g + 200 g de *Pueraria*, T5 (50%) *Pennisetum* 250 g + 250 g de *Pueraria*.

Las muestras se colocaron en bolsas plásticas de cierre hermético (Ziploc ®) y se refrigeraron a 4 °C durante 24 horas. Se prepararon cuatro repeticiones por tratamiento. A partir de estas muestras se evaluaron los contenidos de materia seca (MS), proteína bruta (PB), cenizas (Ce), fibra ácido detergente (FAD), lignina (Lig) y potencial fermentativo siguiendo la metodología de AOAC (1990); en cuanto a la fibra neutro detergente, se realizó por el método descrito por Mertens, (2002). El estudio del potencial fermentativo de

las mezclas de *Pennisetum* y *Pueraria* incluyó la cuantificación de los carbohidratos no fibrosos (CNF) siguiendo los métodos oficiales de AOAC (1990), y la capacidad amortiguadora (CA) para la que se utilizó la técnica de determinación en material fresco descrita por Jasaitis, *et al.* (1987); para esto, las muestras de forraje (5 g), se suspendieron en 50 ml de agua destilada desionizada a pH 7 y se mantuvieron en reposo durante 18 horas, una vez transcurridas se agitaron con una barra magnética durante diez minutos, luego se registró el pH inicial con un potenciómetro portátil marca ORION modelo SA210.

Posteriormente se realizó una titulación con HCl 0,1N hasta que el pH disminuyó a 4. El volumen total de ácido gastado en cada muestra fue registrado y multiplicado por la normalidad del HCl. La CA se calculó por la división de mEq sobre el cambio total de unidades de pH. La CA se expresó en mEq de ácido requerido para producir un cambio en una unidad de pH de una muestra de forraje y la cuantificación del potencial fermentativo se realizó al calcular la capacidad de fermentación de acuerdo con la fórmula propuesta por Weissbach y Honig (1996).

Para el segundo experimento se elaboraron cuatro microsilos de laboratorio por cada tratamiento. Cada mezcla fue preparada por separado en bolsas de polietileno con capacidad de 1 kg, compactadas y cerradas con cinta plástica e introducidas en tubos de PVC de 4 pulgadas. Dentro de éstos, las mezclas fueron compactadas de forma manual y luego se utilizó un dispositivo de presión (exprimidor manual de hierro colado) llevando el material aproximadamente a la mitad del tubo, extrayendo el aire restante. Se cerraron los silos y se colocaron piedras picadas hasta el tope del tubo (peso aproximado de 1 kg).

Posteriormente se conservaron en lugar seco y fresco con temperatura promedio ambiental de 28 °C. Después de 75 días se procedió a la apertura de los microsilos, se eliminó una capa de aproximadamente tres centímetros, y se tomaron muestras representativas de aproximadamente 100 g en cada uno, a las que se les realizó una determinación de la calidad organoléptica en los seis tratamientos. Los indicadores organolépticos (olor, color y textura)

fueron calificados por cinco expertos según evaluación cualitativa de ensilajes (Maza *et al.*, 2011).

Se seleccionaron los microsilos que encajaron en el rango de excelente y regular, descartando el resto. El material de cada microsilo fue homogenizado y separado en dos partes: una submuestra de 220 g de peso para la extracción y análisis de jugos (pH, AGV) y otra para la determinación de los componentes de MS y digestibilidad *in vitro*.

Para la determinación del pH se extrajo el jugo del ensilaje fresco con un exprimidor manual. Se obtuvieron 100 ml de jugo en un balón aforado. Se hizo lectura directa con un potenciómetro portátil Orion con electrodo de vidrio. Luego el contenido del jugo se vació en un frasco de vidrio y se le agregaron cuatro gotas de tolueno; para luego congelar las muestras a - 4 °C.

La submuestra para determinar los componentes de materia seca se distribuyeron en bandejas de aluminio con fondo blanco y posteriormente se sometieron a deshidratación forzada en estufa a 65 °C durante 48 horas. Se conservaron en frascos de vidrio debidamente tapados. Luego fueron enviadas al laboratorio para el análisis de la calidad fermentativa, en la que los ácidos grasos volátiles se determinaron

por cromatografía de gases modelo PU 4410 con paquete 10% fase estacionaria-1000/1% H₃PO₄ en 100/120 Chromosorb para ácido acético y ácido butírico; para ácido láctico se utilizó la columna Carbowax B-DA/Carbowax 20M (Ghasemi *et al.*, 2012).

La digestibilidad *in vitro* se desarrolló a través del método descrito por Tilley y Terry, (1963) modificado por Van Soest (1970) para determinar la digestibilidad *in vitro* de materia orgánica (DIVMO) y la digestibilidad materia seca (DIVMS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar el efecto de la inclusión de Kudzú tropical sobre la composición química y potencial fermentativo del forraje de pasto Elefante enano, el análisis de varianza mostro diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), según se muestra en el Cuadro 1.

Se observaron mayores porcentajes de MS en el tratamiento que incluyó 40% de *Pueraria* (59,2%). Los niveles entre 0 y 20 no presentan diferencias entre ellos y presentan el menor contenido de MS de los grupos.

Estas diferencias en el contenido de MS de las mezclas están directamente relacionadas

Cuadro 1. Composición química y potencial fermentativo de mezclas de *Pennisetum purpureum* con diferentes niveles de *Pueraria phaseoloides*.

Variables	Porcentajes de inclusión de <i>Pueraria phaseoloides</i>					
	0	10	20	30	40	50
Materia seca (%)	19,0 ^d	17,9 ^d	17,7 ^d	45,9 ^c	59,2 ^a	52,2 ^b
Proteína bruta (%)	12,7 ^d	12,6 ^d	12,0 ^d	15,0 ^c	16,7 ^b	17,8 ^a
Carbohidratos no fibrosos (%)	2,9 ^d	11,7 ^{ab}	9,3 ^c	10,3 ^{bc}	11,4 ^{ab}	12,6 ^a
Fibra Neutro Detergente (%)	76,1 ^a	70,7 ^b	72,2 ^b	68,6 ^c	66,6 ^{cd}	65,8 ^d
Fibra Ácido Detergente (%)	46,0 ^c	47,6 ^{bc}	47,8 ^{bc}	47,6 ^{bc}	51,9 ^a	49,6 ^{ab}
Lignina (%)	6,9 ^e	9,2 ^d	13,4 ^c	15,8 ^b	24,8 ^a	23,7 ^a
Cenizas(%)	12,7 ^{ab}	12,7 ^{ab}	12,5 ^b	13,7 ^a	12,9 ^{ab}	12,8 ^{ab}
Coeficiente de fermentación	20,8 ^c	23,3 ^c	19,9 ^c	48,6 ^b	59,7 ^a	58,2 ^a

Letras diferentes en la misma fila, refleja diferencias significativas ($P < 0,05$).

con la diferencia en los contenidos de MS del material vegetal originario de las dos especies, en concordancia con lo descrito por King *et al.* (2012).

Se ha mencionado que el incremento de MS también está relacionado con la diferencia en la relación hoja:tallo y el estado de maduración en las especies (Herrera *et al.*, 2010). Esto concuerda con la fenología de la planta. Por otra parte, los contenidos de MS de los tratamientos cuyos niveles de inclusión están entre 0 a 20, se encuentran por debajo de los parámetros mínimos que requiere un forraje para ser ensilable (McDonald, 1973; Mier, 2009; Woolford, 1978). El tratamiento con 30% de inclusión de Kudzu, está dentro de estos parámetros. Sin embargo, los niveles 40 y 50% están por encima del 50% de MS, por lo que son de difícil ensilabilidad según Staudacher *et al.* (1999).

Respecto a la PB se observó que los tratamientos de 0 a 20% de inclusión de Kudzú, no presentaron diferencias significativas entre ellos; sin embargo, a partir de 30% de leguminosa en la mezcla, se observa un incremento del contenido de PB.

En relación a los CNF, la gramínea se situó como un forraje de bajo potencial de fermentación según lo descrito por Soloviet (1977), ya que el valor obtenido fue de 2,9%, inferior al mínimo requerido para pastos (3,7%). Por su parte, el tratamiento con 50% de *Pueraria* presenta el mayor contenido de CNF (12,6%). En relación a estos resultados, los carbohidratos no estructurales de la planta son considerados como determinantes de su potencial fermentativo. Elizalde *et al.* (1988) dedujo que representan el sustrato nutricional del cual depende primordialmente la acción de la microflora fermentativa del forraje; en consecuencia, en la medida en que el contenido de azúcares del forraje sea mayor, más rápido y eficiente será el proceso de ensilado (Ruíz, 2010).

En general, los resultados concuerdan con lo referido por Anrique *et al.* (1999) quien ha estimado que el contenido de CNF requeridos para lograr un pH estable es significativamente mayor en leguminosas que en gramíneas y en forrajes con un menor contenido de MS. Por su parte, Santana, (2000) determinó que la disponibilidad de CNF de las leguminosas

para las bacterias en el caso de ensilajes, es menor que el de las gramíneas aun cuando en composición sean similares o mayores. Esto se debe a la naturaleza de los carbohidratos no estructurales ya que la calidad de los CNF ejerce influencia sobre la fermentación, pues determinados azúcares no son utilizados por los microorganismos lácticos (Langston *et al.*, 1962).

El mayor porcentaje de FND lo presenta el tratamiento que incluyó la gramínea únicamente, con 76,1%. Este valor está ubicado por encima del rango descrito por Ansah *et al.* (2010). También se demuestra que al incrementar la proporción de leguminosa en el forraje, se disminuyen los niveles de FND, en concordancia con los resultados de Ribeiro *et al.* (2012) al disminuir la proporción de pared celular presentes en la mezcla (Dewhurst, *et al.*, 2009).

El contenido de FAD aumenta en la medida en que se incrementan los niveles de la leguminosa, sin que existan diferencias entre los tratamientos 40 y 50%. Esto es contrario a lo concluido por Ribeiro *et al.* (2012) quienes afirman que la incorporación de leguminosas disminuye de forma lineal el contenido de FAD. Esto puede ser resultado de la incorporación de *Pueraria* con tallos, los cuales contienen lignina tal como lo señala Cobos-Peralta *et al.* 2003. Esto se evidencia en los resultados obtenidos, ya que el tratamiento 0% de *Pueraria* presenta el menor porcentaje de lignina, mientras que las mezclas con niveles de 40 y 50%, el mayor contenido.

Por otra parte, el mayor contenido de Ce lo presentó la mezcla con 30% de Kudzú (13,7%), mientras que el tratamiento con 20% de leguminosa, registró el menor valor (12,5%). Este incremento concomitante de la Ce con el porcentaje de leguminosa coincide con lo reportado en estudios previos (Nieto, 2004; Castillo *et al.*, 2009). El resto de los tratamientos no presentan diferencias significativas y están ubicados entre estos rangos.

Los resultados obtenidos del coeficiente de fermentación indican que los materiales con incorporación de Kudzú entre 0 y 20%, presentan bajo potencial para ensilar, ya que los valores alcanzados para estos tratamientos se observan por debajo de 35 (Martínez *et al.*, 2013; Huenting *et al.*, 2012). Sin embargo,

cuando se incluye 30% de Kudzú, se eleva el coeficiente de fermentación hasta 48,6 lo que mejora el potencial fermentativo del forraje al ubicarse dentro de los parámetros establecidos por los autores antes mencionados. No obstante, al incrementar los niveles de inclusión de leguminosa a 40 y 50% se eleva el valor de este coeficiente por encima de 50, lo que disminuye el potencial de fermentación significativamente (Cuadro 1).

En relación a los resultados de la evaluación sensorial de los microsilos, para el caso del olor, los tratamientos entre 0 y 30% de Kudzú, presentaron mejor comportamiento ya que se caracterizaron por ser de excelente olor. Respecto al color, los tratamientos experimentales con niveles de inclusión de Kudzú por debajo de 40%, presentaron una cualificación excelente; por encima de este nivel de inclusión, se consideraron materiales de baja calidad ya que los tratamientos con más de 40 % de Kudzú presentaron degradación del material ensilado, mostrando un mal nivel de conservación. De acuerdo a lo anterior, se puede inferir que el aumento de los niveles de inclusión de *Pueraria*, mejora significativamente las

características organolépticas del ensilaje solo hasta el 30% de inclusión, por encima de esto resultan ensilajes de mala calidad. Igualmente, se deduce que durante el proceso de fabricación y almacenamiento, particularmente en los tratamientos con 10, 20 y 30% de inclusión de Kudzú, existió una adecuada fermentación y el cierre fue exitoso.

En el Cuadro 2, se observa que el contenido de MS de los ensilajes con contenidos de leguminosa entre 10 y 20%, es menor al de *Pennisetum*, sin diferencias significativas entre T1 y T2. Sin embargo, en el tratamiento con 30% de leguminosa, la MS fue mayor, en concordancia con lo reportado por Guzmán y Fonseca, (2013), Lima-Orozco *et al.* (2013); Ribeiro *et al.* (2012); y Herrera *et al.* (2010).

El contenido de PB del ensilaje fue mayor con la incorporación de un 30% de la leguminosa. Estudios previos han reportado incrementos significativos del contenido de proteínas en los ensilajes mixtos con leguminosas, comparado con el de gramíneas solas (Guzmán y Fonseca, 2013; Ribeiro *et al.*, 2012; Herrera *et al.*, 2010; Dewhurst *et al.*, 2009).

Cuadro 2. Composición química y digestibilidad *in vitro* de ensilajes de *Pennisetum purpureum* y *Pueraria phaseoloides*.

Variables	Porcentajes de inclusión de <i>Pueraria phaseoloides</i>			
	0%	10%	20%	30%
Materia seca, %	16,6 ^b	14,6 ^c	14 ^c	34,7 ^a
Proteína bruta, %	10,1 ^b	8,1 ^c	10,4 ^b	12,2 ^a
Carbohidratos no fibrosos, %	1,9 ^d	7,8 ^a	6,6 ^b	6,1 ^b
Fibra Detergente Neutro, %	68,9 ^a	59,9 ^b	60,4 ^b	67,4 ^a
Fibra Detergente Ácido, %	42,8	38,2	39	33,8
Lignina, %	6,2 ^d	7,7 ^c	11,0 ^b	13,8 ^a
Cenizas, %	11,3 ^{ab}	10,9 ^b	10,3 ^b	12,6 ^a
DIVMO, %	46,7 ^b	51,4 ^a	49,8 ^a	51,9 ^a
DIVMS, %	43 ^b	45 ^b	49 ^a	49 ^a

Letras diferentes en la misma fila, refleja diferencias significativas (P<0,05).

DIVMO: digestibilidad *in vitro* de materia orgánica; DIVMS digestibilidad *in vitro* de materia seca.

Los niveles de CNF en el ensilaje mixto de *P. purpureum* y *P. phaseoloides*, se incrementan en la medida que aumentan las proporciones de leguminosa. No obstante, niveles de Kudzú entre 20 y 30%, promueven una disminución significativa. Esto coincide con lo expresado por Weisbjerg *et al.* (2012) quien afirma que las leguminosas en comparación con las gramíneas, presentan menores cantidades de CNF y en la medida que se incrementa la proporción de estas plantas en los ensilajes, disminuye el nivel de estos componentes en el mismo.

No se observaron diferencias significativas entre el ensilaje con un 30% de *Pueraria* y el de gramínea sola, en cuanto al contenido de FND, sin embargo se observa una diferencia numérica a favor del ensilaje mixto. Estos resultados no coinciden con Guzmán y Fonseca, (2013) quienes determinaron que a medida que se incorporan niveles de leguminosas en ensilajes de gramíneas se disminuyen los niveles de pared celular, y por ende, el contenido de FND.

Aunque la FAD no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, el ensilaje con mayor proporción de leguminosa contiene el mayor porcentaje de Lig, esto desmejora las condiciones de digestibilidad de este forraje en relación con la gramínea sola como lo indicaron Guzmán y Fonseca, (2013).

En el presente estudio, el porcentaje de DIVMO de los ensilajes mixtos fue mayor comparado al ensilaje de la gramínea sola, lo cual coincide con las investigaciones de Ocanto *et al.* (2013), quienes observaron un aumento de la digestibilidad de los ensilajes al incorporar leguminosas. Sin embargo, estos resultados son inferiores a 74,3 y 79,4% obtenidos en reportes previos (Castillo *et al.*, 2009; Jiménez, *et al.*, 2005). Se ha reportado que las diferencias observadas en los porcentajes de DIVMO de ensilajes mixtos gramíneas-leguminosas, puede deberse a que esta digestibilidad varía en función de la especie que se utilice, así como su proporción dentro de la mezcla (Cameiro *et al.*, 1984; Nagel y Glen, 1992; Yahaya *et al.*, 2000; Blanco *et al.*, 2005). Estos resultados están relacionados con los altos contenidos de FDN y FDA en los ensilados mixtos que se reportan en la investigación, los cuales no favorecen la digestibilidad de la MO por el alto contenido de

componentes de la pared celular. Esto coincide con Herrera *et al.* (2010) al reportar valores de 70,6 a 80,4% DIVMO cuando se incluyó una leguminosa en el ensilaje de *Pennisetum* porcentajes de 53% y 30,5%.

El porcentaje de DIVMS fue afectado significativamente por los tratamientos. Las mezclas con 20 y 30% de inclusión de leguminosa, presentaron los mayores valores comparadas con el resto de los tratamientos; así mismo, las mezclas con niveles de 0 y 10% no presentaron diferencias entre ellas.

En contraposición, investigaciones previas no han reportado mejoras significativas de esta variable, observándose inclusive disminuciones en los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes al utilizar ensilajes con adición progresiva de leguminosas, no obstante, se indican estrechas dependencias con las especies de forrajes mezcladas (Cardenas *et al.*, 2012).

En relación a la calidad fermentativa de los ensilajes, los resultados muestran que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las variables de calidad fermentativa, pH y ácido láctico, no así los contenidos de ácido acético y butírico evaluados (Cuadro 3).

De acuerdo al indicador de pH, los tratamientos con 20 y 30% de inclusión de Kudzú se ubican dentro de los parámetros de buena calidad fermentativa (Ojeda y Esperance, 2009; Tobía *et al.*, 2003; Betancourt y Caraballo, 2000; Roth, 2001). Mientras que en las mezclas que contienen 0 y 10% de leguminosa, el valor de pH es superior, lo que los clasifica como ensilajes de mala calidad fermentativa.

En relación al ácido láctico, el tratamiento con 30% de *Pueraria*, fue superior al resto de los tratamientos; esto coincide con lo reportado por Ribeiro *et al.* (2012). No se observaron diferencias entre los tratamientos 0, 10, y 20% de Kudzú.

Finalmente, es importante reportar que tanto ácido acético como butírico se encuentra por debajo de los valores máximos permitidos para ensilajes de buena calidad (Müller, 2012).

El estudio de las diferencias en los tenores de PB entre el Kudzú y la gramínea tiene una fundamental importancia al elaborar la mezcla

Cuadro 3. Indicadores fermentativos de los ensilajes de *Pennisetum purpureum* y *Pueraria phaseoloides* (Base seca).

Variable	Porcentajes de inclusión de <i>Pueraria phaseoloides</i>			
	0%	10%	20%	30%
pH	4,7 ^b	4,8 ^b	3,9 ^a	4,5 ^a
Ácido láctico	3,3 ^b	2,9 ^b	3,0 ^b	4,2 ^a
Acido acético	1,1	1,2	1,4	1,5
Acido butírico	0,01	0,01	0	0,02

Letras diferentes en la misma fila, refleja diferencias significativas ($P < 0,05$).

de estos forrajes, con el objetivo de mejorar la calidad nutritiva del ensilado mixto resultante. Otras investigaciones han confirmado las diferencias de estas concentraciones entre gramíneas y leguminosas (Herrera *et al.*, 2010; Guzmán *et al.*, 2013) como lo demuestran los valores superiores de proteínas reportados en combinaciones con varias especies de leguminosas tropicales comparado al de las gramíneas solas (Santana *et al.*, 2015). Pero estará sujeto a las proporciones en que se encuentran los dos tipos de forrajes en la mezcla (Santana *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

La incorporación de Kudzú en forrajes de pasto elefante enano mejora la composición química de los materiales a ensilar. Sin embargo, solo cuando el nivel de incorporación de esta leguminosa es 30%, la mezcla se caracteriza por presentar un buen potencial fermentativo. Según demuestran los resultados del coeficiente de fermentación, la inclusión de la leguminosa evidencia un producto de buena calidad nutricional y fermentativa.

Se recomienda la utilización de un 30% de la leguminosa en forrajes de *Pennisetum* para mejorar la calidad nutricional y fermentativa de los ensilajes resultantes. La incorporación de *Pueraria* entre 40 y 50% produce putrefacción del ensilaje de *P. purpureum* cv. *Mott*.

LITERATURA CITADA

Anrique, R., Balocchi, O., Latrille, L., Alomar, D., Moreira, V., Smith, R., Pinochet, D.; y Vargas, G.

1999. Competitividad de la producción lechera nacional (Tomo I). Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 437 p.

Ansah, T., Osafo, E. L., and Hansen, H. H. 2010. Herbage yield and chemical composition of four varieties of Napier (*Pennisetum purpureum*) grass harvested at three different days after planting. *Agric. Biol. J. N. Am.*, 15, 923-929.

AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 1990. Official Methods of Analysis. K. Helrich, Ed. Arlington, Virginia: Association of Official Analytical Chemistry.

Betancourt, M., Caraballo, A. 2000. Henificación y ensilaje: aspectos operativos y tecnológicos. Zulia, Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Blanco, G. M., Chamorro, D. R., Arreaza, L. C., y Rey, A. M. 2005. Evaluación nutricional de ensilaje de *Acacia decurrens*, *Sambucus peruviana* y *Avena sativa*. *Revista Corpoica.*, 6(2)81-85.

Cameiro, A., Rodríguez, N., Sánchez, R., Vileta, H. 1984. Consumo e digestibilidad aparente de silagens mistas de camping-efante. *Brass. Med. Vet. Zoot.*, 365, 597-608.

Cárdenas, J. V., Sandoval, C. A., y Solorio, F. J. (2012). Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 41(3)283-294

Castillo, M., Rojas-Bourril, A., WingChing-Jones, R. 2009. Valor nutricional del ensilaje de

maíz cultivado en asociación con *Vigna radiata*. *Agronomía Costarricense*, 33 (1)133-146.

Cobos-Peralta, M. A., Sánchez, M., Vargas, J., Trinidad, A., y Cetina, V. 2003. Importancia del tipo de muestra en la estimación del valor nutritivo de leguminosas y arbustivas, y potencial de un inocuo de bacterias degradadoras de aserrín en sistemas silvopastoriles. **En** M. Sánchez, y M. Rosales, *Agroforestería para la Producción Animal en América Latina - II - Memorias de la Segunda Conferencia Electrónica (Agosto de 2000-Marzo de 2001)*. Dirección de Producción y Sanidad Animal FAO.

Cubero, J. F., Rojas, A., y Wingchi, R. 2010. Uso del inóculo microbial elaborado en finca en ensilaje de maíz (*Zea mays*). Valor nutricional y fermentativo. *Agron. Costarricense* 34(2)237-250.

Dewhurst, R. J., Delaby, L., Moloney, A., Boland, T., Lewis, E. 2009. Nutritive value of forage legumes used for grazing and silage. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 48, 167-187.

Elizalde, F., Hargreaves, A., y Wernlik, C. 1988. Conservación de forrajes. **En** R. Ruiz, *Praderas para Chile* (pág. 404). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2013. *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo*. Roma: FAO, FIDA y PMA.

Ghasemi, E., Khorvash, M., Nikkhah, A., 2012. Effect of forage sources and *Saccharomyces cerevisiae* (Sc 47) on ruminal fermentation parameters. *South African Journal of Animal Science*, 42 (2)164-168.

Guzmán, Y., Fonseca, Y. 2013. Ensilaje para la alimentación de bovinos en Venezuela. *Rev. Producción Animal.*, 25 1.

Herrera, J. M., Isaac, M. d., Rodríguez, R., Zamora, J. F., Ruíz, M., García, M. 2010. Conservación del Forraje de *Lupinus rotundiflorus* M. E. Jones y *Lupinus exaltatus* Zucc. mediante ensilaje. *Revista Interciencia* , 35(8)592-599.

Huenting, K., Aymanns, T., Pries, M. 2012. Fermentation potential of corn silage. **En** K. Kuoppala, M. Rinne, A. Vanhatal O Ed., *XVI International Silage Conference* págs. 356-357.

Hämeenlinna, Finland: MTT Agrifood Research Finland.

INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas). 2013. Red Agrometeorológica del INIA. Promedio de Datos meteorológicos 2010-2012. San Felipe, Yaracuy, Venezuela.

Jasaitis, D., Wohlt, J. E., Evans, J. L. 1987. Influence of feed ion content on buffering capacity of ruminant feedstuffs in vitro. *Journal of Dairy Science* 70, 1391-1403.

Jiménez, P., Cortéz, H., Ortíz, S. 2005. Rendimiento forrajero y calidad de ensilaje de canavalia en Monocultivo y asociada con maíz. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

King, C., McEniry, J., O'Kiely, P. 2012. A note on the fermentation characteristics of red clover silage in response to advancing stage of maturity in the primary growth. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* , 51(1)79–84.

Langston, C. W., Wiseman, J. G., Jacobson, W. C., Melin, C., and Moor, L. D. (1962). Chemical and bacteriological changes in grass silages during the early stages of fermentation. *Journal of Dairy Science.*, 45, 396.

Lima-Orozco, R., Castro-Alegría, A., Fievez, V. 2013. Ensiled sorghum and soybean as ruminant feed in the tropics, with emphasis on Cuba. *Grass and Forage Science* , 68, 20–32.

Martínez-Hernández, A., Soldado, A., De la Roza, B., Vicente, F., González-Arrojo, M. A., y Argamentería, A. 2013. Modelling a quantitative ensilability index adapted to forages from wet temperate areas. *Span J Agric Res*, 11(2)455-462.

Maza, L., Vergara, O., y Paternina, E. (Rev. MVZ Córdoba de Evaluación química y organoléptica del ensilaje de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) más yuca fresca (*Manihot esculenta*) de 2011). Maza, Libardo; Vergara, Oscar; Paternina, Elisa. (2011, Ed.) *Rev. MVZ Córdoba*, 16(2)2528-2537.

McDonald, P. (1973). *The ensiling process*. (3rd ed.). London: Butler Bailey. Chemistry and biochemistry of herbage. Academic Press.

Mertens, D. R. 2002. Gravimetric Determination of Amylase-Treated Neutral Detergent Fiber in Feeds with Refluxing in Beakers or Crucibles:

- Collaborative Study. Journal of AOAC International, 85 6, 1217-1240.
- Mier, M. d. (2009). Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. Departamento de Producción Animal. Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Monteiro, E. M., Louren, J. D., Alves, N. D., Brito, M. 2009. Valor nutritivo da leguminosa Pueraria phaseoloides como alternativa na suplementação alimentar de ruminantes na Amazônia Oriental. Ciência Rural, 39 2, 613-618.
- Müller, C. E. 2012. Impact of harvest, preservation and storage conditions on forage quality. Forages and grazing in horse nutrition, 132, 237-253.
- Nagel, S. and Glen, W. 1992. Effect of formic acid or formaldehyde treatment of alfalfa silage on nutrition utilization by dairy cows. J. Dairy Sci., 75(1)140-154.
- Nieto, J. 2004. Caracterización nutricional y productiva de material fresco y ensilado de maní forrajero (*Arachis pintoi*) cultivado en asocio con maíz (*Zea mays*), a tres densidades de siembra. San José: Universidad de Costa Rica.
- Ocanto, G., Acevedo, I., García, O. 2013. Evaluación de las características fisicoquímicas y funcionales del ensilaje de maíz (*Zea mays*) y ensilaje de sorgo (*Sorghum vulgare*). Municipio Urdaneta, Estado Lara. Agroindustria, Sociedad y Ambiente, 1 1, 20.
- Ojeda, F., Esperance, M. 2009. Conservación de forrajes. Pastos y Forrajes, 13, 206.
- Ribeiro, K. G., Pereira, O. G., Sampaio, J. P., de Souza, W. F., Cezário, A. S., Campos, A. F. 2012. Chemical composition and fermentative profile of elephant grass and Campo Grande Stylosanthes mixed silages. En K. Kuoppala, M. Rinne, A. Vanhatalo Ed., XVI International Silage Conference. págs. 406-408. Hämeenlinna, Finland: MTT Agrifood Research Finland. University of Helsinki.
- Roth, G. 2001. Corn Silage Production and Management. Agricultural Research and Coop., 18.
- Ruiz, R., 2010. Recursos alimentarios fibrosos y sistemas de producción en el trópico. En M. Cisneros, Cursos nutrición del bovino lechero y nutrición del bovino. (pág. 63). Bayamo: Universidad de Granma.
- Santana, A. 2000. Mejoramiento del valor nutritivo de los ensilajes tropicales mediante mezclas de gramíneas y leguminosas. Universidad de Granma. Bayamo: Universidad de Granma.
- Santana, A., Cisneros, M., Martínez, Y. y Pascual, Y. 2015. Conservación y composición de ensilajes mixtos de *Leucaena leucocephala* con Pennisetum purpureum fresco o presecado. Rev. MVZ Córdoba, Volumen 20 (Supl1), pp. 4895-4906.
- Solovie, A. 1977. S/T. Revista Agropecuaria Popular, 7 1, 26.
- Staudacher, W. G., Pahlow, G., Honig, P. 1999. Certification of silage additives in Germany by DLG. Swedish University of Agricultural Sciences, 239-240.
- Suárez, R., Mejía, J., González, M., García, D. E., Perdomo, D. A. 2011. Evaluación de ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* y *Gliricidia sepium* con la utilización de aditivos. Pastos y Forrajes , 34 1, 69-86.
- Tilley, J. M., Terry, R. A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestión of forage crops. Journal of the British grassland Society, 18, 104-111.
- Tobía, C., Sequera, C., Villalobos, E., Cioffi, E., Escobar, O. 2003. Experiencias en la elaboración de silaje maíz-soya en dos sistemas de producción Bovino en Venezuela. XI Seminario de Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Barquisimeto: Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.
- Van Soest, P. J. 1970. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. Association of Official Agricultural. 7 p.
- Weisbjerg, M. R., Kristensen, N. B., Søgaard, K., and Thøgersen, R., 2012. Effect of forage type on silage fermentation characteristics assessed by vacuum bag ensiling. En K. Kuoppala, M. Rinne, and A. Vanhatalo (Ed.), XVI International Silage Conference (págs. 60-61). Hämeenlinna:

University of Helsinki y MTT Agrifood Research Finland.

Weissbach, F., Honig, H. 1996. Über die Vorhersage und Steuerung des Garungsverlaufs bei der Silierung von Grünfutter aus extensivem Anbau. Landbauforschung Volkenrode Germany. 1, 10-17.

Woolford, M. K. 1978. The problem of silage effluent. *Herbage Abstracts*, 48, 397.

Yahaya, M., Kimura, M., Harai, M., Takahash., J., Matsouka, S. 2000. The breakdown of structural carbohydrates of lucerne and orchardgrass during different lengths of ensiling and its effects on the nutritive value of the silage. *J. Anim. Sci., Suppl B*, 153 p.

Bioelectrical activity demonstration in Marandu grass (*Brachiaria brizantha*)

Demostración de la actividad bioeléctrica en pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*)

Celí Aparecida Cardoso¹, Valdo Rodrigues Herling^{3,4}, Armindo Antonio Alves², Adriano Rogério Bruno Tech^{1,3,5} and Ernane Jose Xavier da Costa^{1,3,5,6}.

¹Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da (FZEA/USP), Laboratório de Física Aplicada e Computacional (LAFAC). Correo electrónico: celicardoso04@gmail.com. ²Fundação Hermínio Ometto – Uniararas. ³FZEA/USP - LAFAC. ⁴FZEA/USP- Laboratório de Ciências Agrárias. ⁵FZEA/USP-LAFAC. ⁶Orientador.

ABSTRACT

Brachiaria, a genus of tropical grass, occupies a prominent place in Brazilian pastures. *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria humidicola* are widely grown as fodder plant. There have been made many researches about the physiology of these *Brachiaria* species, but information about their bioelectric activity is not available. The objective of this study was to demonstrate bioelectric activity in *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Plants were grown on individual pots, at greenhouse under 100%, 70% and 50% illumination levels. Watering and maintenance fertilization were supplied along grown phase. Prior to electrical measurements, plants were kept in Faraday box. For detecting electrical signals, electrodes were connected from plants to high impedance electrometer, with wireless technology. Collected signals were sent to microprocessor, processed in Matlab® device and analyzed following Welch model. It was possible to detect electric signals of Marandu grass through this electronic instrumentation. Marandu grass plants subjected to frequency range from 0 to 60 Hz generate variations in dB/Hz ratio. Welch Power Spectrum Density Estimate (WPSDS) generated from individual plants grown under same illumination conditions were similar, but WPSDS generated from plants growing on different illumination conditions were distinct for each one. More extensive and deeper research for better understanding of the bioelectric activity in plants is required.

Key words: bioelectric signals, *Welch model*, physiological response, pasture, cattle.

RESUMEN

Brachiaria es un género de pasto tropical que ocupa un lugar destacado en los pastos brasileños. *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria humidicola* se cultivan ampliamente como planta forrajera. Existen muchas investigaciones relacionadas con la fisiología de estas especies de *Brachiaria*, pero no se dispone de información sobre su actividad bioeléctrica. El objetivo de este estudio fue demostrar la actividad bioeléctrica de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. Las plantas se cultivaron en invernadero, en macetas individuales bajo niveles de iluminación del 100%, 70% y 50%. El riego y la fertilización de mantenimiento se suministraron durante la fase de crecimiento. Antes de las mediciones eléctricas, las plantas se mantuvieron en una caja de Faraday. Para detectar las señales eléctricas, se colocaron electrodos en las plantas y se conectaron a un electrómetro de alta impedancia con tecnología inalámbrica. Las señales recogidas fueron enviadas al microprocesador, procesadas en el dispositivo Matlab® y analizadas siguiendo el modelo de Welch. Se detectaron señales eléctricas en el pasto Marandu mediante esta instrumentación electrónica. Las plantas sometidas a un rango de frecuencia de 0 a 60 Hz generan variaciones en la relación dB / Hz. El estimado de la densidad espectral de potencia Welch (WPSDS) obtenido a partir de plantas cultivadas bajo las mismas condiciones de iluminación fue similar, pero el WPSDS generado a partir de plantas que crecen en diferentes condiciones de iluminación fue distinto para cada una. Se requiere una investigación más extensa y profunda para comprender mejor la actividad bioeléctrica en las plantas.

Palabras clave: señales bioeléctricas, modelo Welch, respuesta fisiológica, pastos, ganado.

Recibido: 27/05/14 Aprobado: 25/07/17

INTRODUCTION

In Brazil, the pasture-raised livestock sector and the formation of good grasslands are very important, being the latter the best option for feeding cattle, since it provides available and affordable food that offers all the nutrients needed for successful development of animals. It is noteworthy that livestock represents a strong expressive of Gross Domestic Product (GDP) in agriculture. The cattle population in Brazil is approximately 165 million animals, 72% is concentrated in the Southeast, South and Midwest (Moreira *et al.*, 2009; Dias-Filho, 2014).

Genre *Brachiaria* is part of pasture for cattle in Brazil. It has featuring as main characteristics: high drought resistance, good resistance to trampling, good development before fertilization, and aid in erosion control. Inadequate practices for grassland conservation increase economic losses, since it contributes in rising of diseases and weight loss in cattle (Criar e Plantar, 2009; Moreira *et al.*, 2009).

There are many researches related to the spread of *Urochloa decumbens* (Stapf) R. D. Webster (sin: *Brachiaria decumbens* Stapf), but they are lacking in literature information about the study of its bioelectric signals. Bioelectrical signals have been studied in plants to demonstrate that they are reliable and can be used to define parameters and generate models using an electronic signal acquisition system (Van Bel and Ehlers, 2004; Volkov, 2006; Fromm and Lautner, 2007). It has been shown presence of electrical signals in complex plants, which arise as result of normal physiological processes, or in response to photo electric and mechanical stimuli (Pickard, 1974).

Under biological focus, one of the biggest differences between plants and animals is that the latter can coordinate their activities through electrical stimulation known as action potentials - (AP), which propagate along a network nerve cell. In turn, most plants have no such coordination, however, there are species whose natural behavior is mediated by AP, such as *Mimosa pudica* L.: Fabaceae (sensory or poppy), whose leaves close in response to any small perturbation vibratory (Pickard, 1974).

Another example is the insectivorous plant *Dionaea muscipula* J. Ellis: *Droseraceae* (agile) whose leaves close trapping insects that touch

them, in order to achieve additional sources of nitrogen in their nutrition. From biochemical stand point, in accordance with Lehninger (2006), the fast move (less than 0.5 m/s) of the leaf is a result of change in turgor pressure in mesophilic cells, due to the release of K⁺ ions and consequent water efflux by osmosis.

Same reaction observed in *M. pudica* was presented by Sibacka (1966, 1969) and Pickard (1973). They demonstrated that the propagation of signals in *M. pudica* presented similar characteristics to the nerve's action potential and, therefore, demonstrated that plants use electrical signals to regulate their physiological functions. Plants exhibit characteristics of excitability, and this is used by the cells, tissues and organs to replace their internal and external conditions (Volkov *et al.*, 2000).

Very important for the maintenance of grassland forage species, is the knowledge of their physiology, this opens doors to new and key studies and can contribute to the preservation of many ecosystems. This is fundamental to improve techniques for management of pastures and consequently to add economic value to livestock industry.

The objectives of this study were to capture and demonstrate bioelectrical signals in *Brachiaria brizantha* using a non invasive method, and applying digital signal processing techniques to characterize them, also to perform a study in removal of artifacts and on the main frequency characteristics of the signals.

MATERIAL AND METHODS

Were used eight plastic pots with 9 Kg capacity for each seeded Marandu grass; the soil was corrected after analyses performed in the Agricultural Soil Sciences Laboratory and the Faculty of Animal Science and Food Engineering, University of São Paulo (FZEA/USP).

The experiment was conducted in a greenhouse at the Agricultural sector, located on the campus of FZEA/USP, in the municipality of Pirassununga - SP, located at latitude 21 ° 59' 46 " South, 47° 25' 33" West, and altitude of 627 meters. The climate is classified as Cwa (mesothermal) Köeppen Rating Scale (Carvalho Leite, 2008).

Field capacity (cc) of each vessel was calculated. With the values determined and properly recorded in each pot, these were just completed. During the signal collection days, the pots were irrigated only after all the work ended.

The harvest was made after signal collection, respecting the plant cycle (28-35 days), it was 15 cm (base of the plant) using gardening shears. Soon after, it was performed the maintenance of fertilization with potassium chloride and ammonium nitrate (33%). Fertilization was performed manually. After the last signal collection were harvested the aerial parts of the plants to perform analysis of foliar nutrient content (N), at the Laboratory of Soil and Agricultural Sciences College of Animal Science and Food Engineering, University of São Paulo.

The eight pots used were distributed as follows: two grown under a full sun situation (100% light) and receiving maintenance fertilization, two being grown under a situation of shading (70% light) and receiving fertilization maintenance, two being cultivated under a situation of shading (50% light) and receiving maintenance fertilization, and last two vessels grown in a full sun situation (100% light) without maintenance fertilization.

Three contact electrodes (noninvasive) were placed as follows: the first adjacent to ligule, the second 10 cm above the ligule, at the top surface

of the last fully expanded leaf, and a third at the base of plants, as Figure 1 follows shown.

The bioelectric signals were sampled at 120 Hz, and each collection was made for 15 seconds. During the experiment the plants were kept in a Faraday cage made by the Computational Applied Physics Laboratory and the Faculty of Animal Science and Food Engineering, University of São Paulo – (LAFAC), in order to maintain stable source of electrical signals and without significant changes to the experiment. The electrical signals are detected using gold disks electrodes attached on the surface of the plant by means of an aqueous gel conductor type commonly used in electroencephalography.

The electrodes were connected by shielded cables to a high impedance electrometer, with wireless technology, to collect and send acquired signals from the plant in real time.

The telemetry system used had low energy consumption and high reception capability. Transceiver used was BIM2-433-160, which is bidirectional and allowed to transmit data up to 200 m. This transceiver was previously selected, based on the fact their consumption (20 mA at 3.0 V) is smaller, and its ability to transmit data at 64 kbps. The transceiver is connected to the microprocessor to manage digital communications using the RS232 protocol. The communication protocol was the Floating Base

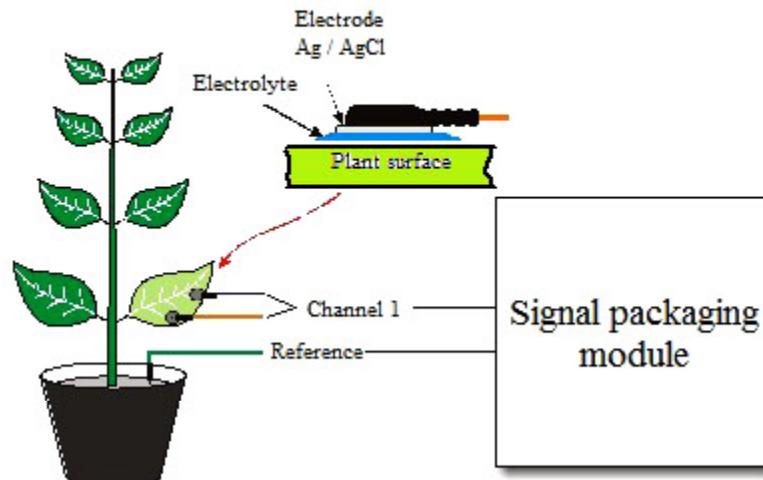


Figure 1. Electrodes location on plant surface to take bioelectrical signals.

Sensor Network, described by Silva *et al.* (2005), and used wireless network.

To interpret the collected data, signal analysis methods were applied along with processing in Matlab® and were worked on the following models: Burg, Covariance, Modified Covariance, Thompson Multitaper, Periodogram, Yule-Walker and Welch.

The spectral analysis consisted of a standard tool in order to exploit the characteristics of a function (non-periodic) or practical terms of a time series. The periodogram is an expansion on sine and cosine of a time series sampled, and was obtained by applying the Fourier transform (Freitas, 1992). The signal collection was initiated after a noticeable morphological differentiation due to shade conditions (approximately four weeks). Previously, eight cycle of plants signal capture were performed to improve the method.

RESULTS AND DISCUSSION

In the Table are presented the results of foliar analysis for nitrogen content in Marandu grass (*Brachiaria*) and availability of lighting during experiment.

Fodder development falls with increasing of shading conditions. However, depending on the species, the higher feed yields can be checked

in moderate shade conditions (Carvalho *et al.*, 2001).

In this work, it is noted a higher rate of stretching in the leaves and narrowing of leaf surface of plants grown under more intense shade (50% light only) than in those grown in full sun and 70% of light; a fact similar to that seen by Paciullo *et al.*, 2008 in their work.

It has been found in *Brachiaria* a marked decrease in the rate of growth when the plants were subjected to severe shadowing (more than 50% light reduction) (Andrade *et al.*, 2004). Increasing availability of various soil nutrients, under shading condition, may result in improvement of crude protein and mineral contents in the roughage, such as phosphorus, potassium and calcium, (Deinum *et al.*, 1996) compared to full sun (Durr and Rangel, 2000).

Nitrogen (N) availability is important because is a dominant factor for controlling the processes of growth and development of the plant. It operates in the axillary buds formation and beginning of stems. Its deficit increases the dormant buds number, while adequate availability increases the stems number and allows maximum tillering (Nabinger and Medeiros, 1995).

According to Oliveira *et al.* (2007), nitrogen deficiency in Marandu grass can cause: reduced

Table. Foliar analysis results of Marandu grass (*Brachiaria*) and availability of lighting during experiment.

	N g/kg	100% (light)	70% (light)	50% (light)
Plastic pot 12	13,69			X
Plastic pot 13	11,76		X	
Plastic pot 15	16,18			X
Plastic pot 20*	8,12	X		
Plastic pot 21	14,00	X		
Plastic pot 23	10,05		X	
Plastic pot 26	19,60	X		
Plastic pot 29*	8,51	X		

*These plastic pots were not receiving maintenance fertilization after each cut.

development in the plant, reduced tillering, early aging in the leaves, chlorosis (yellowing of the leaf blade) and reduction on values of nitrogen (N) in the aerial parts (13-20 g / kg). This study shows chlorotic leaves in plants where was not performed fertilizer maintenance, as well as less development of leaves than plants that received nutritional supplementation.

Moreover, plants which did not receive maintenance fertilization showed very low levels of N (+/- 8 g / kg). Although plants grown to 70% of light with maintenance fertilizer also showed N deficiency (< 13 g/kg).

The spectral analysis made from the Welch model, allowed grouping plants with frequency bands according to their culture conditions: plastic pots 12 and 17 (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu grown under an availability of 50% light): 5 Hz to 10 Hz; plastic pots 23 and 25 (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu grown under an availability of 70% light): 15 Hz to 20 Hz; plastic pots 21 and 26 (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu grown under a 100% availability of light): 20 Hz to 40 Hz; plastic pots 20 and 29 (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu grown under a 100% availability of light and without the maintenance fertilization): 15 Hz to 50 Hz.

Analysis made in plants grown under 100% light availability and without maintenance fertilization did not limit this group in a frequency range (Hz) as in the other groups of plants studied. Many are the hypotheses for this to have occurred by opening new thresholds for other studies.

An important part of the scientific support of this work is based on the digital processing of signals. This is nothing more than digital procedures, mathematics and algorithm manipulating those signals. The vast majority of them can be decomposed into a sum of frequencies; the frequency analysis of a particular signal involves resolution of its components, thus composing a frequency spectrum for the signal to be studied, is the process known as spectral analysis (Costa, 2006).

The Fourier transform is a basic transform that serves to support another processes, so it is consistent to say that it comes primarily from the issue plastic pots 20 and 29 (Marandu Grass grown under a 100% availability light and without the maintenance fertilization), and could

use other more refined processing techniques as wavelets transform and Adaptive Gaussian Representation (AGR). The spectral analysis obtained by processing data is displayed in the following figures.

Figures 2 and 3 show the plants spectra grown under a 50% availability of light with maintenance fertilization.

Figures 4 and 5 show the plants spectra grown under a 70% availability of light with maintenance fertilization.

Figures 6 and 7 show the plants spectra grown under a 100% availability of light with maintenance fertilization.

Figures 8 and 9 show the plants spectra grown under a 100% availability of light without maintenance fertilization.

In accordance with Davies (1987), it is common the occurrence of action potentials in plants. This may be generated in response to light, as pointed out by Stolarek *et al.* (1984), and also due to heat, cold, chemicals, electrical stimulation and injury (Gradann and Mummert, 1980).

The generation and transmission of electrical signals are probably the initial response of plant to outside stimuli. During plant growth, the electrical signals might also shows different characteristics due to low light or high humidity. So there such electrical signals have potential for be used in different applications given, that indicates the physiological condition of the plant (Huang *et al.*, 2009).

The conduction of electrical signals on specialized structures should be seen as a special and universal quality of living organisms, since any living cell receives information from its surroundings, and is appropriate to note that the surface of their membranes have numerous receptor proteins, which interact with virtually all vitally important molecules (Volkov *et al.*, 2000).

Gurovich and Hermosilla (2009) also reported that the effect of light and dark in the electrical excitation of the plasma membrane is related to the flow of H⁺ ion during photosynthesis in plant cells.

The energy required for active transport is provided by ATP hydrolysis. In plants, the dependency was observed in potential membrane with respect

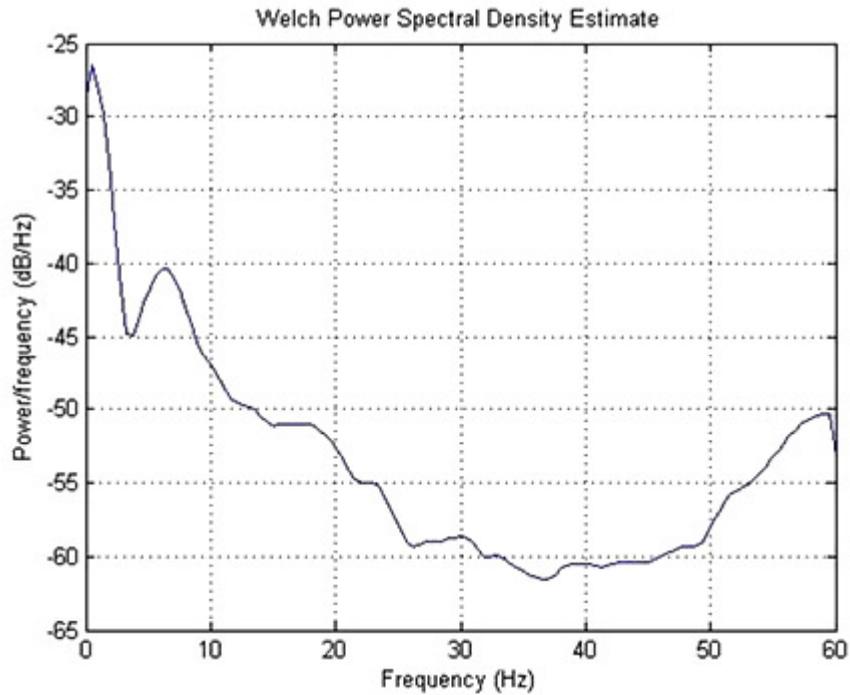


Figure 2. Plastic pot 12 - Amplitude spectrum calculated from the model Welch, Marandu grass (*Brachiaria brizantha*) grown under an availability of 50% of light.

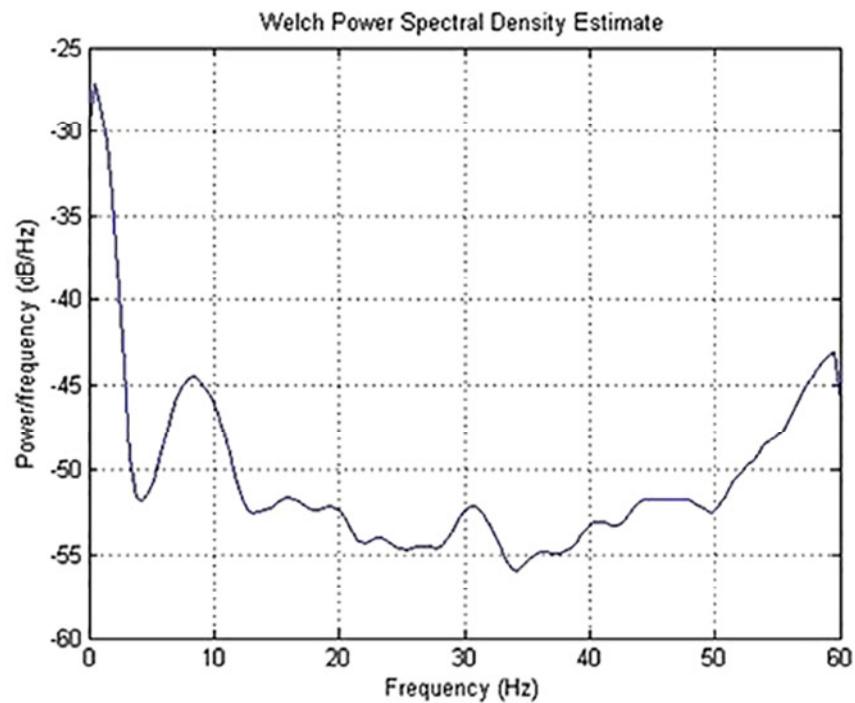


Figure 3. Plastic pot 17 - Amplitude spectrum calculated from the model Welch, Marandu grass (*Brachiaria brizantha*) grown under an availability of 50% of light.

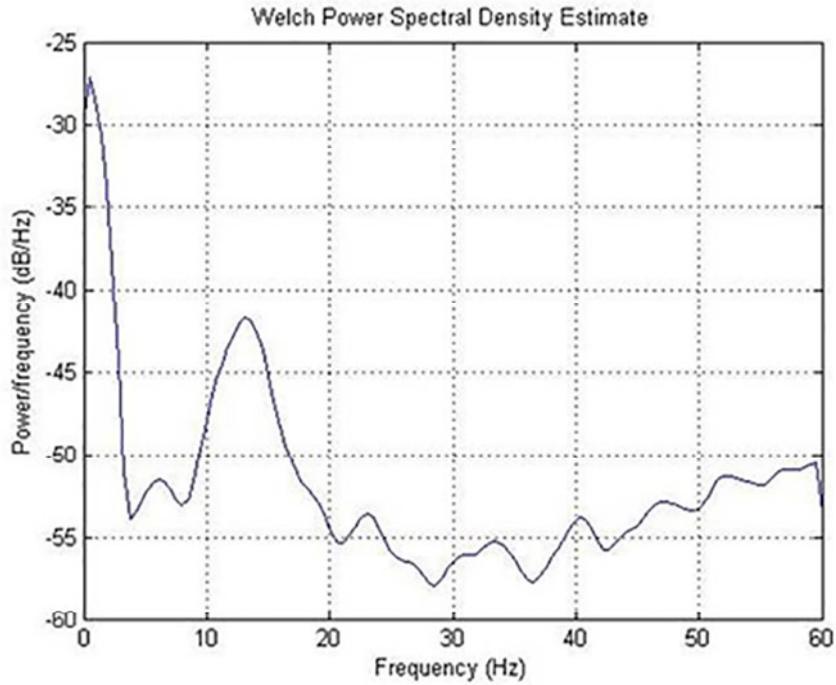


Figure 4. Plastic pot 23 - Amplitude spectrum calculated from the model Welch, Marandu grass (*Brachiaria brizantha*) grown under a 70% availability of light.

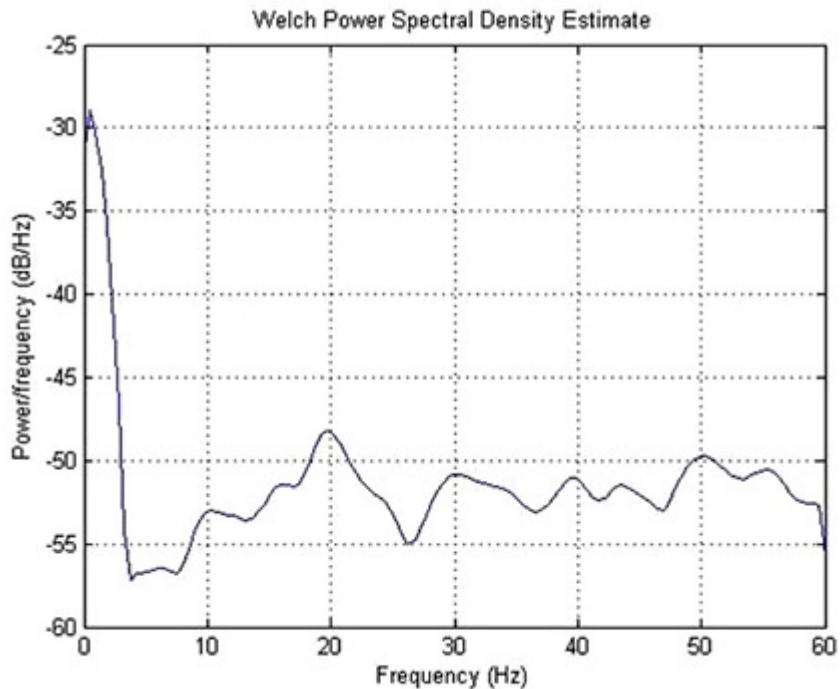


Figure 5. Plastic pot 13 - Amplitude spectrum calculated from the model Welch, Marandu grass (*Brachiaria brizantha*) grown under a 70% availability of light.

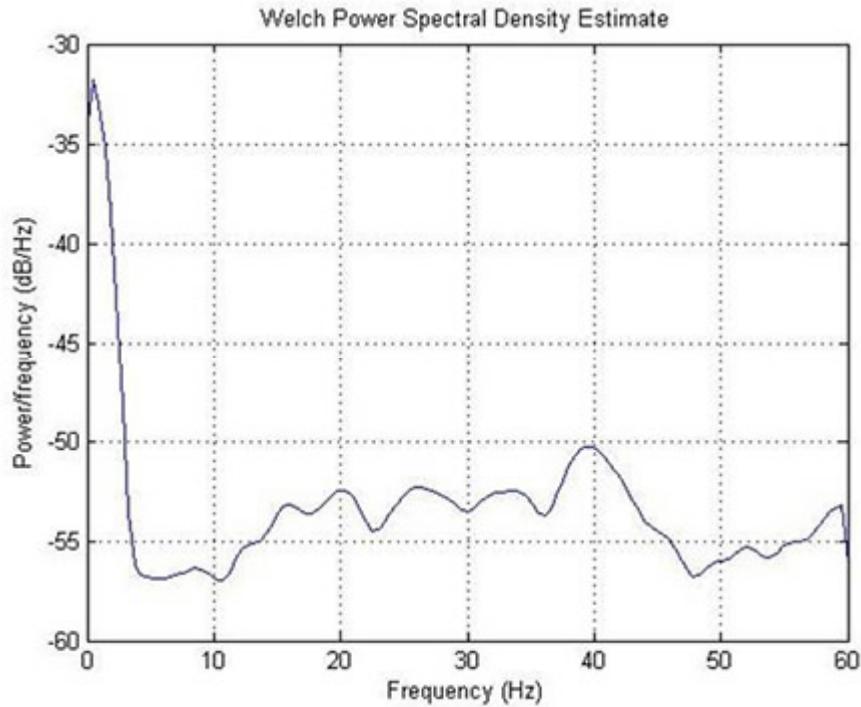


Figure 6. Plastic pot 26 - Amplitude spectrum calculated from the model Welch, Marandu grass (*Brachiaria brizantha*) grown under a 100% availability of light.

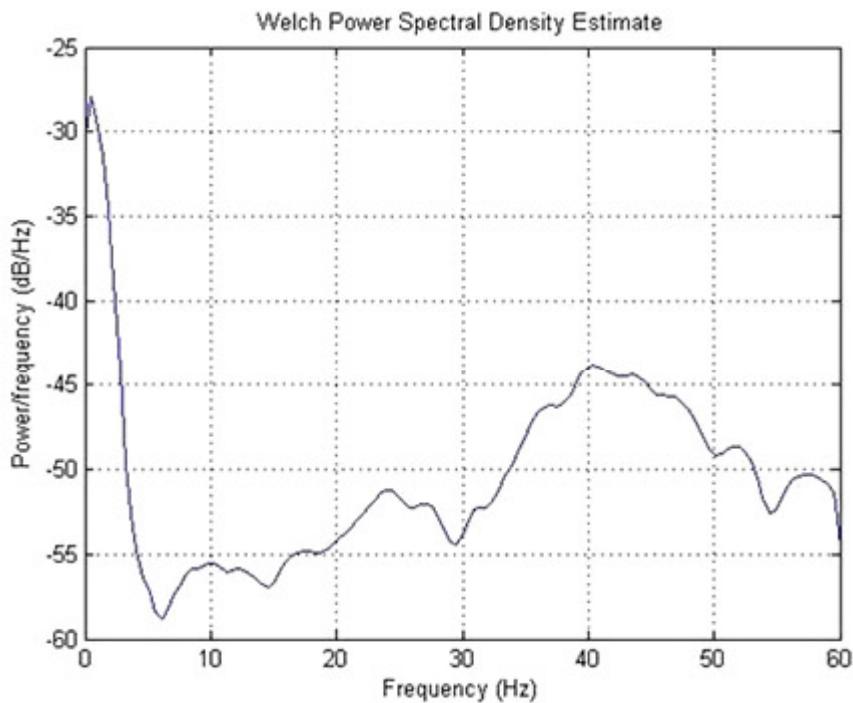


Figure 7. Plastic pot 21 - Amplitude spectrum calculated from the model Welch, Marandu grass (*Brachiaria brizantha*) grown under a 100% availability of light. (without fertilization).

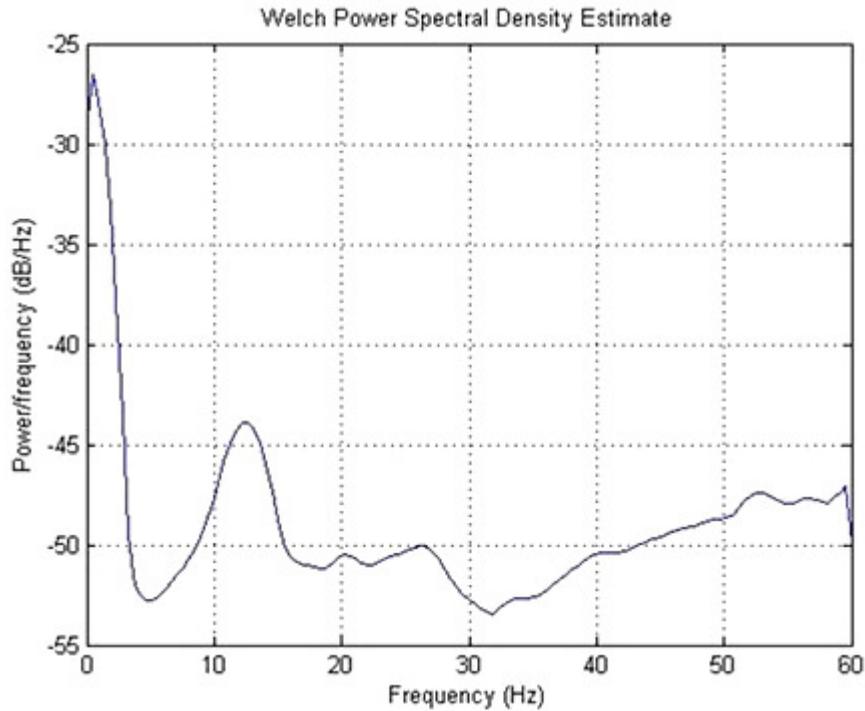


Figure 8. Plastic pot 20 - Amplitude spectrum calculated from the model Welch, Marandu grass (*Brachiaria brizantha*) grown under a 100% availability of light (without fertilization).

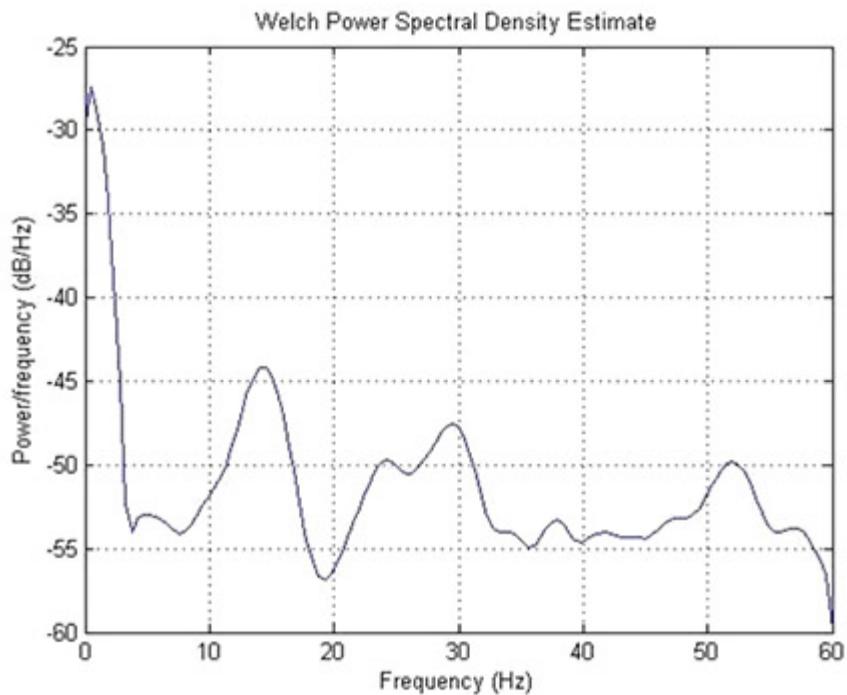


Figure 9. Plastic pot 29 - Amplitude spectrum calculated from the model Welch, Marandu grass (*Brachiaria brizantha*) grown under a 100% availability of light (without fertilization).

to ATP, by the effect of quickly mitochondria cyanide poisoning, that deplets the ATP. When the cyanide inhibit electrogenic ion transport, the pH of the external medium increase while the cytosol becomes acid due to the H⁺ ions that remains inside the cell. This fact demonstrated that the active transport of H⁺ out of the cell is electrogenic, that is to say able to generate an electric potential (Taiz and Zeiger, 2006).

Taken together, these results indicate that equipment used in this study showed efficacy to identify frequency ranges groups for cultivated plants in 100%, 70% and 50% light, nevertheless was not effective among cultivated plants in 100% light, without maintenance fertilization, after harvest. In view of these results it is required further studies. Note that frequency values obtained in this experiment should be considered like frequency bands and not single frequency.

CONCLUSION

It was demonstrated the capture of electrical signals in Marandu grass, growing freely and in distinct level of shading, through the use of electronic instrumentation techniques, as an important tool in the study of fodder physiology. However it is worth mentioning that this study is only the first step; more studies in plant electrophysiology, and deeper research in this field must be done. The Welch model was the most appropriate to calculate the spectral amplitude, because the frequencies observed showed characteristic peaks and were consistent with the literature and previous studies.

ACKNOWLEDGEMENTS

To CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) by the Scholarship Program concession.

REFERENCES

Andrade, C. M. S., J. F. Valentim, C. J. Carneiro e F. A. Vaz. 2004. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(3):263-270.

Carvalho Leite, H. T. 2008. Plano de trabalho – EIA/RIMA Ampliação da Baldin Bioenergia SA Pirassununga, SP. Available online: www.ambiente.sp.gov.br/.../Plano_de_Trabalho_para_elaboracao_do_EIA_RIMA_do_empreendimento_da_Baldin_Bioenergia-SA.pdf [Diciem. 23, 2010].

Carvalho, P. C. F., H. M. N. Ribeiro Filho, C. H. E. C. Poli, A. Moraes and R. Delagarde. 2001. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. Em: Mattos, Wilson Roberto Soares. (Org.). *Anais da XXXVIII Reunião anual de Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Piracicaba, v.1, pp. 853-871.

Costa, E. J. X. 2006. Estudo da atividade elétrica cerebral em humanos e bovinos usando processamento digital de sinais e instrumentação eletrônica. Tese Livre Docência - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, Brasil, 112 p.

Criar e Plantar. 2009. Espécies forrageiras. USP, Empresa Junior de Zootecnia. Empresa Júnior de assistência veterinária. Cap Jr. Consultoria. Esalq Júnior Consultoria. Available online: <http://www.criareplantar.com.br/pecuaria/forragicultura/forragicultura.php> [Oct. 26, 2009].

Davies, E. 1987. Action potentials as multifunctional signals in plants: a unifying hypothesis to explain apparently disparate wound responses. *Plant cell and environmental*, 10:623-631.

Deinum, B.; R. D. Sulastri, M. H. J. Zeinab and A. Maassen. 1996. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. *Trichoglume*). *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 44:111-124.

Dias-Filho, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. Available online: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/986147/1/DOC402.pdf> [Mar. 22, 2016].

Durr, P. A., J. Rangel. 2000. The response of *Panicum maximum* to a simulated

- subcanopy environment. IN. Soil x shade interaction. *Tropical Grasslands*, 34:110-117.
- Freitas, A. F. 1992. Estudo da fibrilação atrial: Avaliação do comportamento aleatório do intervalo R-R em algumas condições fisiológicas. Dissertação Mestrado – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto-São Paulo, Brasil. 93 p.
- Fromm J. and S. Launter. 2007. Electrical signals and their physiological significance in plants. *Plant Cell and Environment*. 30(2):249-257.
- Gradann, D., H. Mummert. 1980. Plant action potentials. In: *Plant Membrane Transport: Current Conceptual Issues* (eds. R. M. Spanswick, W. J. Lucas and J. Dainty), Amsterdam: Elsevier/North-Holland Biomedical Press. pp. 333-347.
- Gurovich, L. A., P. Hermosila. 2009. Electric signalling in fruit trees in response to water applications and light-darkness conditions. *Journal of plant physiology*. 166:290-300.
- Huang, L., Z. Y. Wang, L. L. Zhao, D. J. Zhao, C. Wang, Z. L. Xu, R. F. Hou and X. J. Qiao, 2009. Electrical signal measurement in plant using blind source separation with independent component analysis. *Comput. and Electro. in Agric.* 71(1):54-59.
- Lehninger, A. L. 2006. *Princípios de bioquímica*. Ed. Sarvier, São Paulo. Brasil. 4 ma Ed.
- Moreira, C. N., V. L. Banyas, A. S. Pinto, L. A. S. Franco, M. Haragushi, M. C. S. Fioravanti. 2009. Bovinos alimentados com capim *Brachiaria* e *Andropogon*: desempenho, avaliação da quantidade de esporos do fungo *Pithomyces chartarum* e teor de saponina das pastagens. *Ciência Animal Brasileira*, 10(1):184-194.
- Nabinger, C., R. B. Medeiros. 1995. Produção de sementes de *Panicum maximum* Jacq. *Em: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PASTAGENS 12*. Piracicaba. Anais. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, pp. 59-128.
- Oliveira, P. P. A. 2007. Guia de identificação de deficiências nutricionais em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Comunicado Técnico Embrapa. ISSN 1981-206X, Available online: <http://www.cppse.embrapa.br/sites/default/files/principal/publicacao/Comunicado76.pdf> [Jun. 12, 2012].
- Paciullo, D. S. C. 2008. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. *Pesq. agropec. Bras.* 43(7):917-923.
- Pickard, B. G. 1973. Action Potentials in Higher Plants. *Botanical Review*. 39(2):172-201.
- Pickard, B. G. 1974. Electrical Signals in Higher Plants. *Naturwissenschaften*. 61(2):60-64.
- Sibaoka, T. 1966. Action potentials in plant organs. *Symposia of the Society for Experimental Biology*. 20, 49-73.
- Sibaoka, T. 1969. Physiology of rapid movements in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*. 20,165-184.
- Silva, A. C. S., A. C. Arce, S. Souto, E. J. X. Costa. 2005. A wireless floating base sensor network for physiological response to livestock. *Comput. and Electron. in Agric.* 49(2):246-254.
- Stolarek, J., K. Pazurkiwic-Kocot, M. Zientara. 1984. The action of phytohormones on resting and action potential in higher plants. *Post. Biol. Kom.* 11: 361-363.
- Taiz, L., E. Zeiger. 2006. *Fisiologia Vegetal*. Editora Artmed. Porto Alegre, Brasil. 4ma Ed.
- Van Bel, A. J. E. and K. Ehlers. (2004) Electrical signalling via plasmodesmata. *In Plasmodesmata (ed. K.J. Oparka)*, Blackwell Publishing, Oxford, UK. pp. 263-278.
- Volkov, A. G., D. J. Collins and J. Mwesigwa. 2000. Plant electrophysiology pentachlorophenol induces fast action potentials in soybean. *Plant science*, 153(2):185-190.
- Volkov, A. G. 2006. Electrophysiology and phototropism. En: *Communications in Plants – Neuronal aspects of Plant life* (Eds.) F. Baliska, S. mancuso and D. Volkmann, Springer - Verlag, pp. 351-367.

Nota Técnica

Evaluación del efecto de cinco momentos de doble servicio sobre la fertilidad y prolificidad de cerdas multíparas

Effect evaluation of five double service moments on the fertility and prolificacy of multiparous sow

Mayra B. Alfaro Escalona*¹, José G. D' Lorenzo Blanco¹, Tomás R. Rodríguez Hernández² y Ernesto A. Hurtado²

¹Universidad de Oriente. Escuela de Zootecnia Departamento de Producción e Industria Animal. *Correo electrónico: malfaro@udo.edu.ve. ²Escuela de Zootecnia, Departamento de Biología y Sanidad Animal. Avenida Universidad, Los Guaritos, Maturín, Monagas, Venezuela.

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el efecto de cinco momentos de doble servicio sobre el porcentaje de partos (PP), número de lechones nacidos totales (NLNT) y número de lechones nacidos vivos (NLNV), se realizó una investigación en una granja comercial de ciclo completo ubicada en la localidad de Sabaneta, estado Monagas, Venezuela. Se asignaron al azar 125 cerdas multíparas mestizas Landrace y Yorkshire con lactancias promedio de 28 ± 2 días, a cinco tratamientos (T), los cuales consistieron en doble servicio, después de detectado el estro en horas (h). Los tratamientos fueron designados de la siguiente manera: T1-control (12 y 24 h); T2 (0 y 12 h); T3 (6 y 18 h); T4 (18 y 30 h) y T5 (24 y 36 h). El PP se analizó mediante la prueba de *Chi* Cuadrado, mientras que los valores obtenidos para NLNT y NLNV, a través del análisis de varianza con el procedimiento Modelo Lineal General del SAS. Los valores para la variable PP correspondieron a: 100; 89; 83; 100 y 88%; para NLNT: 10; 10; 9,5; 8,5 y 10,2; para NLNV: 9,4; 9,3; 9; 8 y 9, correspondientes a los tratamientos desde T1 hasta T5, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellos. De manera general se observó una diferencia numérica favorable para el T1-control (12 y 24 h).

Palabras clave: Reproducción, destete, protocolo, tasa de partos, tamaño de camada.

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of five double service moments on the farrowing rate (FR), total number of piglets born (TNPB) and number of piglets born alive (NPBA), an investigation was carried out in a commercial cycle farm complete placed in the Sabaneta locality, Monagas state, Venezuela. A total of 125 crossbred Landrace and Yorkshire multiparous sows, with 28 ± 2 mean lactation days, were randomly assigned to five treatments (T), which consisted of double service, after heat detection in hours (h). Treatments were designated as follows: T1-control (12 and 24 h); T2 (0 and 12 h); T3 (6 and 18 h); T4 (18 and 30 h) and T5 (24 and 36 h). The FR was analyzed using the Chi Square test, while the values obtained for TNPB and NPBA, through analysis of variance with the General Linear Model SAS procedure. The values for FR were: 100; 89; 83; 100 and 88%; for TNPB: 10; 10; 9.5; 8.5 and 10.2; for NPBA: 9.4; 9.3; 9; 8 and 9, corresponding to T1 to T5 treatments respectively, without statistical differences between them. In general, a favorable numerical difference was observed for T1-control (12 and 24 h).

Key words: Reproduction, weaning, protocol, farrowing rate, litter size.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo alcanzado en las ciencias biológicas, particularmente las aplicadas a la producción animal, ha determinado en buena medida la eficiencia mediante el cual un país puede producir alimentos para satisfacer las necesidades de proteína de la población. El manejo reproductivo es fundamental para alcanzar las metas propuestas por el productor e influye en la rentabilidad de la inversión agrícola.

Existen varios factores que pueden afectar el comportamiento reproductivo de la cerda, entre ellos pueden mencionarse la edad a la pubertad, la tasa y el momento de ovulación, el índice de concepción, la supervivencia embrionaria, la tasa de parición, el intervalo destete-estro y el momento óptimo de servicio (Dial *et al.*, 1992).

La productividad de la empresa porcina está basada en el número de cerdos enviados a matadero por cerda al año. Este parámetro depende en gran medida de la fertilidad y prolificidad del rebaño. El momento de servicio ha sido uno de los puntos clave para obtener resultados que logren las metas de la granja, planteándose la posibilidad de más de un servicio en un momento determinado del celo, lo que permitirá incrementar la respuesta reproductiva de la cerda (Buxadé *et al.*, 2007).

Uno de los retos de mayor importancia para el productor de cerdos es la detección minuciosa del estro en las cerdas destetadas de su rebaño. Si esta determinación es inadecuada, la respuesta reproductiva de la cerda se verá afectada negativamente (Tarocco y Kirkwood, 2001).

El porcentaje de partos y el tamaño de la camada pueden verse afectados significativamente por el manejo durante el servicio; así, técnicas apropiadas de monta son esenciales para maximizar la respuesta reproductiva de la cerda (King y Biehl, 2002).

De manera general, el momento adecuado para el servicio de la cerda, depende en gran medida de la determinación exacta del comienzo y duración de la ovulación (Kemp y Soede, 1998). Las cerdas que son servidas con una antelación de más de 24 horas a la ovulación, tienen menores tasas de fertilización (Soede *et al.*, 1995), menor tamaño de camada (Rozeboom

et al., 1996) y como consecuencia menores tasas de parición (Nissen *et al.*, 1997).

El conocimiento de lo antes expuesto es imprescindible para la realización de un adecuado momento de servicio. Colocar semen de calidad en el lugar correcto al momento adecuado conlleva a elevados porcentajes de partos y camadas numerosas (Quiles y Hevia, 2009; PIC, 2013). Investigaciones realizadas por Cíntora (2003), señalan que la tasa de fertilización es comúnmente baja para una única monta, ya sea en el primer día del estro o después de la ovulación.

Puesto que en condiciones de campo el momento en que se produce la ovulación no es posible determinarlo con exactitud, se han desarrollado pautas de cubrición que buscan determinar el momento ideal para efectuar el servicio (Buxadé *et al.*, 2007). El resultado estará relacionado con la minuciosa detección de celo y la aplicación y pertinencia de los protocolos de servicio (Decuadro - Hansen, 2013).

En virtud de lo antes planteado, el presente trabajo se realizó con el objetivo de estudiar el efecto de cinco momentos de doble servicio sobre la respuesta reproductiva de cerdas mestizas en una granja comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características climáticas

La investigación se realizó en la granja comercial de ciclo completo, ubicada geográficamente entre las coordenadas 9°46'25" y 9°46'33" LN y 63° 23'24" y 63° 23'31" LO, a una altitud de 136 m.s.n.m., en la localidad de Sabaneta, municipio Maturín del estado Monagas.

La zona presenta humedad relativa promedio de 69,5% y temperatura promedio anual de 27,3°C, registrándose las máximas temperaturas en los meses de marzo, abril, mayo, agosto y septiembre; con una media de 33,2°C y las mínimas en diciembre y enero con promedio de 24,1°C (MARNR, 1997).

Se utilizaron cerdas mestizas de las razas Yorkshire y Landrace de más de un parto con una lactancia promedio de 28 ± 2 días; una vez destetadas, las cerdas fueron trasladadas a corrales de destete para la detección del estro,

el cual se realizó dos veces al día (06:00 am y 06:00 pm), con ayuda de un verraco entero. Posteriormente, todas las cerdas servidas fueron ubicadas en jaulas de gestación, permaneciendo allí hasta el día 110 de gestación. Los verracos utilizados en la monta de las cerdas, se mantuvieron en descanso sexual 42 h antes del servicio, a fin de contribuir al mantenimiento de los valores espermáticos normales en estos animales.

Diseño experimental, análisis de los datos

En un diseño completamente aleatorizado, se asignaron 125 cerdas multíparas a 5 tratamientos, con 25 animales en cada uno: T1-control (servicio a las 12 y 24 h); Tratamiento 2, las cerdas fueron servidas a las 0 y 12 h; Tratamiento 3, los animales se sirvieron a las 6 y 18 h; Tratamiento 4, las cerdas fueron servidas a las 18 y 30 h; y Tratamiento 5, los animales se sirvieron a las 24 y 36 h luego de detectado el celo, respectivamente.

Las variables reproductivas cuantificadas correspondieron al porcentaje de partos (PP), número de lechones nacidos vivos (NLNV) y número de lechones nacidos totales (NLNT). Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS (1998), mediante el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Para evaluar el porcentaje de partos, se utilizó la prueba de *Chi Cuadrado* asignándose el valor de uno (1) a la cerda que parió y cero (0) a la que no parió; se reportó como porcentaje: número de cerdas que parieron/número de cerdas servidas x 100.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de partos

No se observó efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de partos. Sin embargo, se presentaron diferencias numéricas favorables para T1 y T4 con valores de 100%; mientras que para T3 y T5 se obtuvieron valores de 83,33 y 88%, respectivamente (Cuadro 1). A pesar de no existir diferencias estadísticas, el menor porcentaje de partos fue para el grupo de cerdas servidas a las 6 y 18 h.

En este sentido, Weitz (2008), señala que la vida fértil de los óvulos en el oviducto es limitada, alegando que un momento inadecuado de servicio conduce a tasas de concepción bajas y/o camadas pequeñas. Esto puede deberse o bien, al fracaso de los espermatozoides para fertilizar los óvulos liberados, o porque la fertilización de los óvulos se realiza con espermatozoides poco competentes, lo que origina un aumento de la mortalidad embrionaria y en consecuencia reducción en el tamaño de la camada.

Gotszling y Baas (1998), reportaron en cerdas servidas a las 0 y 24 h, 6 y 30 h y 0 y 6 h del inicio del celo, porcentajes de parición de 92; 91 y 86%, respectivamente, lo que indicó mejores resultados para los intervalos de servicios de 24 h. De manera similar, Perdigón *et al.* (2000), en Cuba, reportaron el mejor índice de partos (92,7%) en cerdas servidas a las 0 y 24 horas del inicio del celo, comparado con 64,6% de partos en hembras servidas a las 12 y 24 h de iniciado el celo. Este porcentaje de parición es menor al obtenido en el presente estudio para el mismo doble momento de servicio (12 – 24 h) el cual mostró 100% de parición.

Cuadro 1. Porcentaje de partos en función de los diferentes momentos de servicio.

Tratamientos (Horas de servicio)	Número de cerdas	Parto (%)	Proporción
1 (12-24)	25	100,00	25/25
2 (0 -12)	25	88,89	25/23
3 (6 -18)	24	83,33	24/20
4 (18-30)	25	100,00	25/25
5 (24-36)	25	88,00	25/22

Por su parte, Arredondo *et al.* (2002), obtuvieron la mayor tasa de parición (93%) en cerdas servidas a 12 y 24 h del inicio del celo, comparada con 83% en animales servidas a las 24 y 36 h del comienzo del celo, y con 59, 92 y 88% de parición para cerdas con un solo momento de servicio a 12; 24 y 36 h del inicio del celo; además, estos autores señalaron que el servicio a 12 h luego del inicio del celo, tanto para primíparas como multíparas, no es conveniente porque adiciona índices de fecundidad y prolificidad bajos.

Esta consideración pudiera aplicarse parcialmente a lo obtenido en este trabajo en animales servidas a las 6 y 12 h del inicio del celo (Tratamiento 3) que mostraron porcentaje de parición de 83,33%; sin embargo, Martínez (1998) al no detectar diferencias entre tratamientos sugiere que se debe implementar un sistema de dos servicios para cerdas "regulares" con intervalos de 12 h, es decir a las 24 y 36 h de iniciado el celo y otro para cerdas "irregulares" con tres servicios a las 12; 24 y 36 h del inicio del celo.

Número total de lechones nacidos (totales y vivos)

No se observaron diferencias estadísticas para las variables número de lechones nacidos totales (NLNT) y el número de lechones nacidos vivos (NLNV) en función al doble momento de servicio.

De acuerdo a los resultados mostrados en el Cuadro 2, se observaron diferencias numéricas favorables para los tratamientos 1, 2 y 5 con

valores promedio de 10,08; 10,00 y 10,27 para NLNT, respectivamente; estos resultados difieren a los encontrados por Gotszling y Bass (1998), quienes reportaron para la variable NLNT 10,3 y 10,2 en cerdas servidas a 0-24 y 6-24 h del inicio del celo, comparado con 9,1 en cerdas servidas a 0-6 h de iniciado el celo. Por otro lado, Perdigón *et al.* (2000), encontraron valores para número de lechones nacidos totales de 11,9 y 12,0 para intervalos de servicios de 0-24 y 12-24 h del comienzo del celo, respectivamente.

Para el NLNV, los promedios y errores estándar se muestran en el Cuadro 3. Se observa que los mayores valores están asociados a los tratamientos 1 y 5, con $9,44 \pm 0,68$ y $9,23 \pm 0,56$ lechones totales, respectivamente, no detectándose diferencias significativas para el efecto del momento de servicio (tratamientos) sobre el número de lechones nacidos totales.

Arredondo *et al.* (2002), encontraron valores de 9,04 y 9,46 lechones nacidos vivos, en cerdas servidas a 12-24 y 24-36 h de iniciado el celo, respectivamente.

Resultados semejantes a los de esta investigación para intervalos similares de servicio (tratamientos 1 y 5). Por el contrario, Perdigón *et al.* (2000), en cerdas servidas a intervalos de 0-24 y/o 12-24 h del inicio del celo, determinaron valores de 10,9 y 10,6 lechones nacidos vivos. Este resultado es superior a 9,44 lechones nacidos obtenidos en este trabajo, para el intervalo de servicio de 12-24 h (tratamiento 1).

Cuadro 2. Número de lechones nacidos totales (NLNT) en función de los diferentes momentos de servicio.

Tratamientos (Horas de servicio)	Número de cerdas	Número de lechones nacidos totales	EE
1 (12-24)	25	10,08	$\pm 0,63$
2 (0 -12)	22	10,00	$\pm 0,66$
3 (6 -18)	20	9,50	$\pm 0,67$
4 (18-30)	25	8,52	$\pm 0,74$
5 (24-36)	22	10,27	$\pm 0,61$

EE: Error estándar.

Cuadro 3. Número de lechones nacidos vivos (NLNV) en función de los diferentes momentos de servicio.

Tratamientos (Horas de servicio)	Número de cerdas	Número de lechones nacidos vivos	EE
1 (12-24)	25	9,44	±0,68
2 (0 -12)	22	9,33	±0,60
3 (6 -18)	20	8,95	±0,66
4 (18-30)	25	8,13	±0,70
5 (24-36)	22	9,23	±0,56

EE: Error estándar.

Comportamiento reproductivo y productividad total

Al analizar los cinco dobles momentos de servicios considerando las tres variables reproductivas PP, NLNT y NLNV discutidas en los Cuadros 1, 2 y 3, se observó que los valores más altos corresponden a los tratamientos 1, 2 y 5; mientras que los valores más bajos fueron obtenidos en el tratamiento 4, con NLNT y NLNV de 8,52 y 8,13 respectivamente. Paradójicamente con el mayor porcentaje de parición (100%). Se puede inferir que, la fertilidad y la prolificidad en cerdas están muy relacionadas con el momento de servicio (simple, doble o triple), momento y tasa de ovulación así como las pérdidas embrionarias o fetales.

La variación del momento y tasa de ovulación entre cerdas multíparas y nulíparas ha sido determinada con anterioridad (Perdigón *et al.*, 2000). Se ha indicado que las cerdas multíparas presentan índices reproductivos superiores a las nulíparas debido a la mayor cantidad de óvulos producidos (Doporto y Peralta, 1983; González *et al.* 1986; Martínez *et al.* 1986; Arias, 1990), aspecto corroborado por Dial *et al.* (1992) y Cíntora (2003), al reportar que el tamaño de la camada incrementa del primero al sexto parto y luego disminuye.

A pesar de no observarse diferencias estadísticas entre los tratamientos, los resultados del presente estudio sugieren que el doble momento de servicio en los tratamientos 1 y 4 permitió el parto en todos los animales de

cada grupo experimental; lo que puede indicar que el doble momento de servicio fue adecuado para el momento de ovulación. Resultados similares, fueron obtenidos por Arredondo *et al.* (2002) en cerdas servidas a 12-24 y 24-36 h de iniciado el estro. Buxadé *et al.* (2007), señalan que durante el servicio de la cerda, los espermatozoides depositados en el cérvix deben alcanzar el oviducto en cantidad suficiente y en el momento adecuado para encontrar los óvulos desprendidos durante la ovulación.

En tal sentido, Martínez (1998), ha señalado que un factor crítico para lograr un alto índice de concepción y un buen tamaño de la camada, es hacer coincidir la presencia de una gran cantidad de espermatozoides fértiles en el momento en que ocurre la ovulación y en el lugar donde se lleva a cabo la fertilización. Es importante agregar, que resultados de óptima fertilización se han encontrado en cerdas servidas entre 0 y 24 h antes del momento de la ovulación o cuando el servicio ocurrió cercano a este momento (Kemp y Soede, 1995). Finalmente, se ha indicado que la mortalidad embrionaria se incrementa con el número de partos (Dawson y Peters, 2001) y con el estado sanitario y las pérdidas post-implantación (Almeida *et al.*, 2000).

CONCLUSIÓN

La aplicación de los diferentes momentos de servicios, no afectó el porcentaje de parición ni el número de lechones nacidos (totales y vivos). No se observó diferencias estadísticas para los

valores encontrados en las variables estudiadas. Sin embargo, estos resultados ofrecen ventajas comparativas a los productores cuando se realiza el doble momento de servicio a las 12 y 24 horas del inicio del celo.

LITERATURA CITADA

- Almeida, F., R. Kirkwood, F. Aherne and G. Foxcroft. 2000. Consequences of different patterns of feed during estrus cycle in gilts on subsequent fertility. *J. Anim. Sci.*, 78(6):1556-1563.
- Arias, T., G. Morales, Y. Del Toro y E. Cambó. 1990. Momento de la ovulación a diferentes horas de haber comenzado el estro en cerdas recién destetadas. *Cienc. y Tec. Agric. Ganado Porcino.*, 13(1):17-25.
- Arredondo, B., C. González, H. Vecchionacce y E. Hurtado. 2002. Momento óptimo de servicio y efecto del número de montas sobre la reproducción de cerdas. *Rev. Unellez Cien. Tec.*, 20:9-16.
- Buxadé, C., E. Marco y D. López. 2007. La cerda reproductora: claves de su optimización productiva. Ed. Euroganadería. Madrid, España. 559 p.
- Cíntora, I. 2003. Reproducción porcina. Disponible en línea: www.engormix.com/MA-porcicultura/genetica/articulos/reproduccion-porcina-t228/103-p0.htm [Nov. 12, 2014].
- Dawson, A. and A. Peters. 2001. Insemination of sows at known time points relative to ovulation. *The Pig Journal.*, 48:42-52.
- Decuadro - Hansen, G. 2013. Abordagem prática de falhas reprodutivas em suínos. VI Simpósio Brasil Sul de Suinocultura. Chapecó, Brasil., pp: 93-116.
- Dial, G., W. Marsh, D. Polson and J. Viallancourt. 1992. Reproductive failure: Diferencial diagnosis. In: *Diseases of Swine*. 7^{ma} Ed. Iowa University Press. Ames, Iowa. pp: 8 8-137.
- Doporto, J. y C. Peralta. 1983. Efecto de granja y número ordinal de parto sobre la producción de lechones. II. Lechones nacidos vivos y lechones destetados. *Memorias Asoc. Latinoamer. Prod. Anim.*, 2(5):16.
- González, C., H. Vecchionacce y I. Díaz. 1986. Comparación de algunos parámetros productivos de marranas primíparas y múltiparas. Informe Anual del Instituto de Producción Animal. Facultad de Agronomía. Maracay. pp. 127-128.
- Gotszling, M. and T. Baas. 1998. Influence of timing of insemination on conception rate and litter size in gilts. *Breeding and Physiology*. ASL-R1578. Department of Animal Science. Iowa State University. 4 p.
- Kemp, B. and N. Soede. 1998. Consequences of variation in interval from insemination to ovulation on fertilization in pigs. *J. Reprod. Fertil., Suppl.* 52:79-89.
- King, A. and L. Biehl. 2002. Swine mating practices and gilts management on U.S. Swine operations: 2000. In: *Proceeding of the 17th Congress of the International Pig Veterinary Society*. Ames, Iowa. Paper 16.
- MARNR, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. 1997. Atlas de estado Monagas. Gobernación del estado Monagas. Maturín, Monagas, Venezuela. 99 p.
- Martínez, R. 1998. Principales factores que afectan la reproducción en el cerdo. *Ciencia Veterinaria.*, 8:187-222.
- Martínez, E., S. Andújar, R. López, R. Poza, S. Sánchez, y S. Martín-Rillo. 1986. Manejo reproductivo en cerdas nulíparas. Resultados de fertilidad y prolificidad con semen refrigerado. In: *Proceedings of the 9th Congress of the International Pig Veterinary Society*. Barcelona, España. 28 p.
- Nissen, A., N. Soede, P. Hyttel, M. Schmidt and L. De' Hoore. 1997. The influence of time of insemination relative to time of ovulation on farrowing frequency and litter size in sows, as investigated by ultrasonography. *Theriogenology.*, 47(8):1571-1582.
- Perdigón, R., P. Naranjo, A. García y T. Arias. 2000. Momento óptimo para realizar la

- cubrición en cerdas. Rev. Computadorizada de Producción Porcina., 2(7):22-24.
- PIC, Pig Improvement Company. 2013. Manual de manejo de hembras y primerizas. PIC Andina S.A. Santiago, Chile. 52 p.
- Quiles A. y M. Hevia. 2009. Detección del celo y momento de la inseminación artificial en cerdas. Revista Producción Animal., 25:76-89.
- Rozeboom, K., M. Troedsson, G. Shurson, J. Hawton and B. Crabo. 1996. Late estrus or metestrus insemination after estrus insemination decreases farrowing rate and litter size in swine. J. Anim. Sci., 75:2323-2327.
- SAS. Statistical Analysis System. 1998. U'ser Guide Statistics. (Version 6.01). SAS. Int. Inc. Cary, N.C., EE.UU.
- Soede, N., C. Wetzels, W. Zondag, M. De Koning, and B. Kemp. 1995. Effects of time of insemination relative to ovulation, as determined by ultrasonography, on fertilization rate and accessory sperm count in sows. J. Reprod. Fertil. 104:99-106.
- Tarocco, C. and R. Kirkwood, 2001. The effect of estrus duration and number of artificial inseminations on fertility of gilts and multiparous sows having a four-day wean-to-estrus interval. J. Swine Health Prod., 9:117-120.
- Weitz, K. 2008. Detección de celo y momento de la inseminación en el ganado porcino: Situación actual. Av. Technol. Porcina., 4:52-64.

Nota Técnica

Respuestas hematológicas de alevines de cachama (*Colossoma macropomum*) sometidos a cambios graduales de salinidad

Hematological response of cachama fry (*Colossoma macropomum*) undergoing gradual salinity changes

Trinidad C. Urbano^{1*}, William Velásquez², Humberto Gil¹, Yanet Antón³, América Vargas⁴, Raquel Salazar-Lugo³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Cumaná, estado Sucre. Correo electrónico: turbano@inia.gov.ve. ²Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV), Postgrado en Ciencias Marinas, Universidad de Oriente. ³Laboratorio de Proteínas e Inmunotoxicidad, Postgrado Biología Aplicada, Universidad de Oriente. ⁴Departamento de Enfermería, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente.

RESUMEN

Se evaluó la respuesta hematológica de alevines del pez *Colossoma macropomum* expuesto a cambios graduales de salinidad, con incrementos de 5 UPS (5, 10 y 15) cada 48 horas. Después de 48 horas en cada tratamiento salino, se tomaron muestras sanguíneas de los peces en la vena caudal, para realizar las determinaciones hematológicas de hemoglobina (Hb), hematocrito (HCTO), concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) y conteo diferencial de leucocitos (LEUC). Se observó una disminución significativa de los valores de Hb y HCTO en los peces a partir de la exposición de 5 UPS. Los valores de eosinófilos (EOSI) y linfocitos (LINF) mostraron un incremento significativo ($P < 0,001$), mientras que los neutrófilos (NEUT) no mostraron cambios significativos con el incremento de la salinidad. La sobrevivencia de los peces se vio afectada en 60% al ser expuestos a 15 UPS. El incremento de la salinidad altera los parámetros hematológicos en *C. macropomum* y afecta el sistema inmune reflejado por un aumento de eosinófilos y linfocitos.

Palabras clave: *Colossoma macropomum*, hematología, estrés salino.

ABSTRACT

Haematological response of *Colossoma macropomum* fry exposed to gradual salinity changes was evaluated, with increments of 5 UPS (5, 10 and 15) every 48 hours. After 48 hours in each saline treatment, blood samples were taken from the fish caudal vein to perform haematological determinations of hemoglobin (Hb), hematocrit (HCTO), mean corpuscular hemoglobin concentration (CHCM) and differential leukocyte count (LEUC). A significant decrease in Hb and HCTO values was observed in fish from the exposure of 5 UPS. The eosinophils (EOSI) and lymphocytes (LINF) values showed a significant increase ($P < 0.001$), while neutrophils (NEUT) showed no significant changes with increased salinity. The fish survival was affected by 60% when exposed to 15 UPS. Salinity increase alters hematological parameters in *C. macropomum* and affects the immune system reflected by increase of eosinophils and lymphocytes.

Key words: *Colossoma macropomum*, hematology, salt stress.

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua en los lugares donde se cultivan los peces puede ser diferente de aquella en la que los peces fueron capturados, y la exposición a estos cambios en condiciones ambientales a menudo induce una respuesta de estrés en estos organismos (Kandeepan, 2014).

La cachama (*Colossoma macropomum*), de la familia de los carácidos, es un pez de agua dulce ampliamente distribuido en todos los ríos de la cuenca del Orinoco, siendo de gran importancia en la pesquería fluvial venezolana y la acuicultura (Poleo *et al.*, 2011). Este pez de comportamiento migratorio, es capaz de soportar un amplio rango de pH y bajas concentraciones de oxígeno (Useche, 2000).

Estudios recientes han demostrado que la adición de sal optimiza el crecimiento y desarrollo de algunos peces de agua dulce en cultivo (Larumbe-Moran *et al.*, 2010), sin embargo, promueve en ellos condiciones de estrés ya que debido a cambios en la salinidad del agua genera cambios en la osmorregulación y niveles metabólicos en los peces, que pueden afectar la sobrevivencia y el crecimiento de los mismos (Vargas-Chacoff *et al.*, 2011). En el caso de *C. macropomum*, la información con respecto a los efectos de la salinidad sobre la fisiología de esta especie es muy limitada (Silva *et al.*, 2007); esta información permitiría predecir la probabilidad de distribución de estos organismos en ambientes estuarinos y la posibilidad de adaptación en cultivo a rangos de salinidad distintos a los valores encontrados en su hábitat natural.

Las condiciones de estrés igualmente causan cambios en los parámetros hematológicos, los cuales se alteran considerablemente después de la captura (Martins *et al.*, 2004). En este sentido, algunos estudios previos señalan que las variaciones en hematocritos, leucocitos, recuentos celulares y concentración de hemoglobina entre otros, pueden ser utilizadas como indicadores fisiológicos de disfunción orgánica por estrés (Zbanyszczek y Smith, 1984; Hantonella, 1998; Whali, 2002).

En este contexto, el objetivo planteado fue evaluar la respuesta hematológica de alevines de *Colossoma macropomum* sometidos a cambios graduales de salinidad del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon alevines de cachama (*C. macropomun*) provenientes del Laboratorio de Acuicultura del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Cumaná, estado Sucre (10°28'19"N; 64°08'27,83"O), con peso y talla promedio de 16,91 ± 5,13 g y 10,05 ± 1,0 cm respectivamente. Los alevines se colocaron en acuarios de 70 L de capacidad, llenos hasta un volumen de 50 L con agua dulce (0 UPS) previamente envejecida. Además, se les suministró aireación a través de un soplador marca Boyu, manteniéndolos bajo estas condiciones por un lapso de siete días para su aclimatación. Durante este período se alimentaron *ad libitum*, una vez al día con alimento balanceado comercial Cachamarina (Proagro C.A. Valencia, Venezuela) con 28% de proteína cruda, realizando un recambio de agua del 80% antes de suministrar el alimento. Los peces se mantuvieron en total oscuridad durante la aclimatación, y luego durante el ensayo, cubriendo los acuarios con bolsas plásticas negras, para evitar posibles perturbaciones externas.

Para el ensayo se utilizaron 40 peces distribuidos en 4 acuarios con agua a salinidad inicial de 0 UPS, a razón de 10 peces por acuario, en un diseño completamente al azar y considerando cada pez como una réplica de cada unidad experimental o acuario. El primer día del ensayo se realizó la extracción de sangre a 6 peces del acuario número 1 (salinidad 0 UPS), para realizar las determinaciones hematológicas, mientras que a los acuarios números 2, 3 y 4 se les incrementó la salinidad a 5 UPS, mediante la adición de agua de mar. Los peces se mantuvieron en esta condición por 48 horas; transcurrido el tiempo previsto se realizó la extracción de muestras sanguíneas a 6 peces del acuario 2 (salinidad 5 UPS) y se cambió la salinidad de los acuarios número 3 y 4 a 10 UPS. A las 48 horas se procedió a la extracción de muestras sanguíneas a 6 peces del acuario 3 (salinidad 10 UPS) incrementando la salinidad del acuario número 4 a 15 UPS. Del mismo modo, luego de 48 horas se procedió a la extracción de muestras sanguíneas a 6 peces del acuario número 4 (salinidad 15 UPS) para los análisis hematológicos. El grupo control estuvo constituido por los ejemplares de *C.*

macropomun mantenidos en el acuario número 1 bajo las condiciones de 0 UPS.

Durante el ensayo los peces se alimentaron una vez al día *ad libitum* y se realizaron mediciones diarias de salinidad, pH, oxígeno y temperatura en cada acuario con un medidor de multiparámetros modelo YSI 650 MDS.

Toma de muestras de sangre y análisis hematológicos

Previo a la extracción de sangre, cada organismo fue pesado en una balanza analítica marca Ohaus (+/- 0,001 g) y medida su longitud estándar con un ictiómetro de fabricación propia. Seguidamente se realizó un corte a nivel del pedúnculo caudal, para tomar la muestra sanguínea de la vena caudal, empleando jeringas desechables de 3 mL impregnadas con heparina sódica como anticoagulante. Estas muestras fueron depositadas en tubos de microcentrifuga con el mismo anticoagulante para las determinaciones hematológicas.

La concentración de hemoglobina (Hb) fue obtenida de acuerdo al método de la cianometahemoglobina (Drabkin y Austin, 1932), siendo la concentración de la misma expresada en g.dL⁻¹, mientras que el hematocrito (HCTO) fue determinado por el método de microhematocrito estándar y expresado en porcentaje, según los procedimientos descritos por Blaxhall y Daisley (1973). La concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) es el índice que indica el porcentaje que ocupa la hemoglobina en un eritrocito promedio y fue calculado como el cociente de la Hb y HCTO expresada en g.dL⁻¹ de acuerdo con la metodología establecida por Wintrobe (1934).

Para la determinación de la distribución diferencial de los leucocitos (LEUC) se realizaron frotis sanguíneos por duplicado, los cuales fueron secados al aire y coloreados usando solución de Giemsa (ICSH, 1984). Una vez teñidos los frotis se realizó el recuento diferencial en microscopio óptico marca Nikon, recorriendo la preparación en sentido longitudinal, desde el extremo más grueso hasta el más fino de la lámina, contando las células observadas consecutivamente hasta un total de cien células. Los leucocitos observados fueron clasificados en linfocitos (LINF), monocitos (MONO), neutrófilos (NEU)

y eosinófilos (EOSI; Blaxhall y Daisley, 1973). Los resultados se expresaron en porcentajes de células según cada población leucocitaria (Henry, 2007).

Análisis estadístico.

Para establecer las posibles diferencias significativas en los valores hematológicos obtenidos en los ejemplares de *C. macropomun* sometidos a cambios graduales de salinidad, se aplicó el análisis estadístico ANOVA simple (Sokal y Rohlf, 1980), previa comprobación de normalidad de los datos por medio de una prueba de Kolmogorov – Smirnov, y homogeneidad de varianzas por el test de Levene. Los resultados fueron expresados en medias con sus respectivas desviaciones estándar, se aplicó una prueba a posteriori de rangos múltiples en aquellos casos en los que se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$). Para los análisis se empleó el programa Statgrafics Plus 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los peces expuestos a salinidad 0 UPS, 5 UPS y 10 UPS no presentaron signos anormales de comportamiento; sin embargo, al ser expuestos a 15 UPS se registró una marcada disminución en la velocidad de respuesta al estímulo a las 24 horas de exposición, presentando nado errático, disminución en la alimentación, ojos opacos y decoloración en el cuerpo. A las 48 horas se registró una mortalidad del 50% en 15 UPS por lo cual se suspendieron los incrementos de salinidad. Estas observaciones concuerdan con lo reportado por Siqueira-Fiuza *et al.* (2013) en *C. macropomum*, destacando que esta especie tiene un límite de tolerancia a la salinidad de 15 UPS, después de la cual se ve afectada su sobrevivencia. Al respecto Martínez-Alvarez *et al.* (2002), señalaron que cuando las alteraciones ambientales sobrepasan los mecanismos fisiológicos del animal para responder y adaptarse a las nuevas condiciones, el resultado es la perturbación interna del pez lo cual puede conllevar su muerte.

Los parámetros fisicoquímicos registrados durante el ensayo en los acuarios arrojaron

valores promedio de temperatura de $26,41 \pm 0,42$ °C, oxígeno disuelto $8,59 \pm 2,77$ mg.L⁻¹ y pH $7,53 \pm 0,54$, sin diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los acuarios. Estos valores se encuentran dentro de los rangos de referencia para *C. macropomun* en cultivo (González y Heredia, 1998), por lo que se puede deducir que estos parámetros no influyeron en los resultados de sobrevivencia observados.

Las concentraciones de Hb y HCTO (Figura 1) arrojaron diferencias significativas entre los grupos experimentales ($P < 0,001$), encontrándose los valores promedio más altos de Hb en los peces sometidos a 0 UPS ($13,8 \pm 0,77$ g.dL⁻¹) y los más bajos en los peces expuestos a 10 UPS de salinidad ($11,4 \pm 0,78$ g.dL⁻¹). Así mismo, el HCTO mostró el mayor valor en el grupo de 0

UPS ($14 \pm 4,66$) y el más bajo en el grupo de 10 UPS ($7 \pm 0,18$). Similarmente, Tavares-Dias *et al.* (2000), encontraron una correlación positiva entre el porcentaje de HCTO y la concentración de Hb en *C. macropomun*, por lo que es lógico observar que al haber una disminución del HCTO, ocurrirá una subsecuente disminución de la concentración de Hb. La reducción del porcentaje de HCTO por el incremento de salinidad, ha sido reportada con anterioridad en otros peces de agua dulce como *Ciprinus carpio* (Hafez y Oryan, 2002).

Se ha comprobado que los cambios de salinidad ocasionan estrés y alteran las características hematológicas básicas de los peces teleósteos reduciendo los niveles de algunos parámetros sanguíneos (Martins *et al.*, 2004). Estas

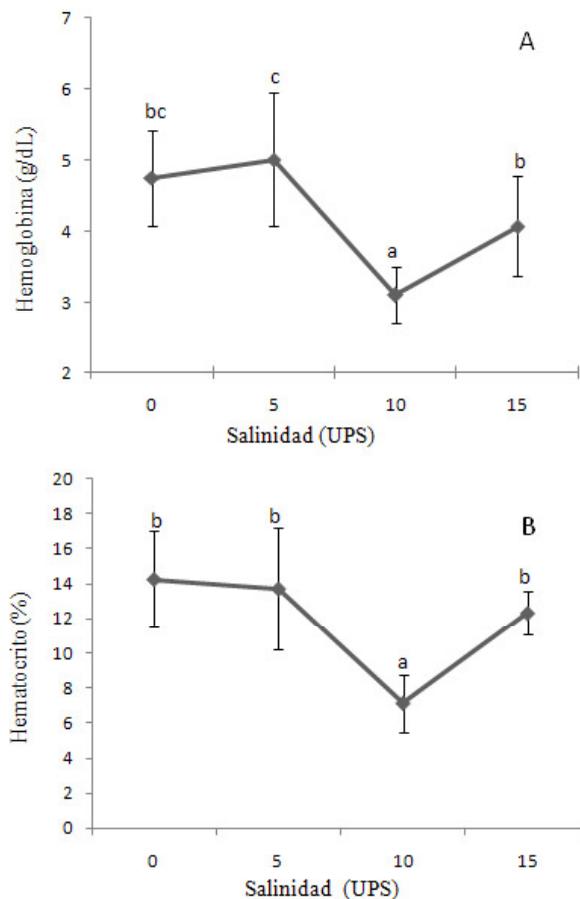


Figura 1. Valores de hemoglobina (A) y hematocrito (B) en alevines de *Colossoma macropomun* expuestos a cambios graduales de salinidad.

alteraciones pudieran ocasionarse por las variaciones en el contenido de agua de la sangre causada por los cambios de salinidad, lo que a su vez produce una disminución del número de glóbulos rojos circulantes. Este tipo de cambio puede indudablemente alterar, tanto el transporte de oxígeno en la sangre como la transferencia de oxígeno a través de las branquias, lo cual va a depender no solo del tipo o naturaleza del estrés, sino también de la edad, sexo o especie (Akinrotimi *et al.*, 2007).

Los peces empleados en este ensayo presentaron una recuperación de los valores de HCTO y Hb en 15 UPS. Según Martínez-Alvarez *et al.* (2002), al comienzo de una exposición en un ambiente hiperosmótico los peces deberían perder agua pasivamente y por consecuencia, aumentar las concentraciones de los elementos en las células sanguíneas. Luego de esto, el incremento compensatorio en la ingestión de agua proporciona una dilución transitoria de los parámetros sanguíneos. Finalmente, estos deberían retornar a los valores iniciales como resultado de la intervención de los mecanismos

osmoregulatorios, los cuales actúan para reestablecer el volumen extracelular. Nuestros resultados muestran que los mecanismos osmorregulatorios de *C. macropomun* se activaron con los incrementos de salinidad. Sin embargo, estos mecanismos no fueron suficientes para mantener la integridad del pez por encima de 15 UPS.

Los valores de Hb registrados en los peces mantenidos en condiciones de aclimatación (0 UPS) se encuentran por debajo de los reportados por Centeno *et al.* (2007) en alevines de *C. macropomun* de 15,07 g de peso promedio mantenidos en confinamiento en lagunas de cultivo, los cuales arrojaron valores de 9,94 g/dL de Hb y 29,87 % de HCTO. Aunque, se asemejan a los obtenidos por Salazar *et al.* (2011), en juveniles de la misma especie, pero de 40 g de peso promedio.

El CHCM no mostró diferencias significativas entre los grupos (Figura 2), arrojando valores similares a los reportados por Affonso *et al.* (2002) en *C. macropomun* expuesto a hipoxia y

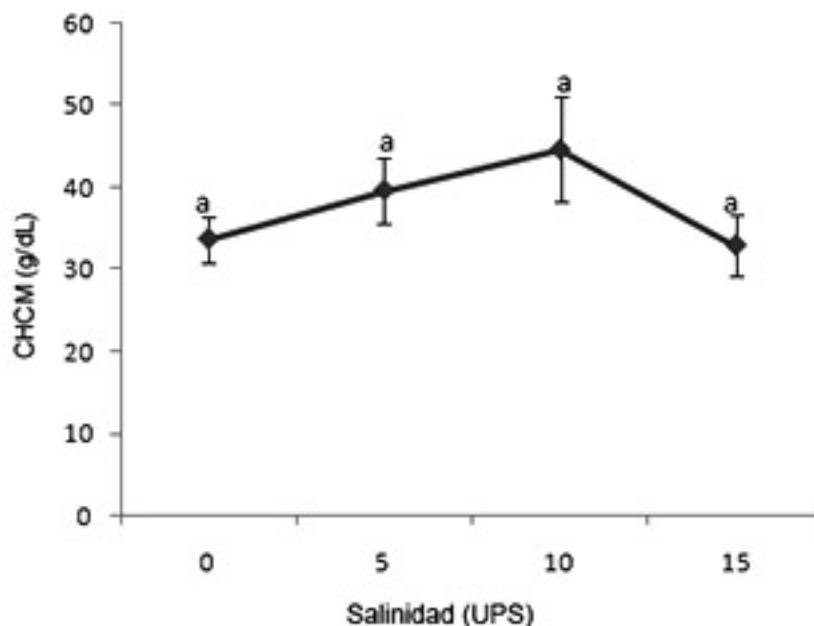


Figura 2. Valores CHCM en alevines de *Colossoma macropomun* expuestos a cambios graduales de salinidad.

por Centeno *et al.* (2007) en juveniles del mismo pez, en condiciones normales de cultivo.

El Cuadro, muestra los resultados del conteo diferencial de LEUC encontrados en alevines de *C. macropomun* sometidos a cambios graduales de salinidad, observando que las células más frecuentes en las extensiones sanguíneas fueron los neutrófilos (NEUT), eosinófilos (EOSI) y linfocitos (LINF), con valores muy bajos de monocitos y ausencia de basófilos en todas las lecturas.

No se encontraron diferencias significativas en los valores promedios de NEUT observados en las diferentes salinidades probadas. El conteo de LINF ($F_s = 12,73^{***}$; $P < 0,001$) mostró incrementos en los peces a la salinidad 15 UPS, en comparación con los peces en la condición de 0 UPS. Similares resultados fueron obtenidos por Tavares-Dias *et al.* (2001) en *C. macropomun* sometidos al estrés por captura y manejo. Los LINF son un grupo importante de células que pueden afectar la respuesta inmunológica de los peces; un aumento de este grupo celular puede indicar un incremento en las defensas del organismo, debido a las condiciones adversas en las cuales se encuentra (Clauss *et al.*, 2008). Sin embargo, estos cambios en la cantidad de células pueden ser diferentes entre especies dependiendo de la composición genética, el estado nutricional, el ambiente y la historia de vida de los organismos (Jalali *et al.*, 2009).

Al comparar estos resultados con otros trabajos, se puede observar que la proporción de los distintos tipos de células es muy variable entre especies, ya que se encuentran resultados de 3,20% de linfocitos para *Piaractus mesopotamicus* (Tavares-Dias *et al.*, 2002); así como registros de 63,64% de linfocitos en juveniles de *Oreochromis niloticus* en salinidades de 0 UPS (Gabriel *et al.*, 2011).

Los valores de EOSI presentaron incrementos a medida que fue aumentando la salinidad, para luego disminuir en 15 UPS, alcanzando valores menores que los encontrados en la salinidad inicial. Un incremento en los EOSI está altamente relacionado con enfermedades en los peces y la ocurrencia parasitaria (Martins *et al.* 2004), puesto que en condiciones normales (peces sanos) son escasas y en algunos casos ausentes. En particular, se cree que estas células actúan mayoritariamente como centinelas primarios contra la infección por helmintos y contra las alergias (Rosenberg, 2010). Esto permite la reflexión de que los peces empleados para el ensayo presentaban algún tipo de proceso patológico, probablemente por las condiciones de cautiverio en que se encontraban antes de ser aclimatados, condición que se vio agravada al ser sometidos al estrés salino. Aspecto que pudiera ser considerado, ya que en los frotis sanguíneos realizados a los organismos de esta investigación, se observaron trofozoitos

Cuadro. Resultados del conteo diferencial de leucocitos en alevines de *C. macropomun* (n=6) expuestos a cambios graduales de salinidad, expresados en medias con sus respectivas desviaciones estándar.

Salinidad (UPS)	N	Neutrófilos (%)	Eosinófilos (%)	Linfocitos (%)	Monocitos (%)	Basófilos (%)
0	6	26,86 ± 12,63	31,0 ± 10,9 ^a	29,57 ± 11,1 ^a	3,75 ± 0,5	0
5	6	39,71 ± 14,6	40,71 ± 10,08 ^b	28,71 ± 10,75 ^a	5,0 ± 1,41	0
10	6	30,0 ± 10,71	49,57 ± 6,48 ^b	17,57 ± 6,92 ^b	3,5 ± 1,29	0
15	6	30,86 ± 4,45	24,57 ± 8,56 ^a	49,00 ± 9,33 ^c	0	0
		ns	*** F=10,03	*** F=12,73	ns	ns

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas entre los valores obtenidos en cada salinidad ($P < 0,001$).

de *Mixobulos* sp (datos no reportados), lo cual pudiera explicar la elevada proporción de células eosinofílicas en estos peces.

CONCLUSIONES

La exposición de alevines de *Colossoma macropomum*, a cambios graduales de salinidad origina alteraciones de los parámetros hematológicos, hemoglobina, hematocrito y CHCM. Estas alteraciones pueden influir en la capacidad del organismo para adaptarse a las nuevas condiciones de salinidad, siendo probablemente la causa del deterioro de la salud del pez al someterse a salinidades de 15 UPS.

LITERATURA CITADA

- Affonso, E., V. Polez, C. Correa, A. Mazon, M. Araujo, G. Moraes and F. Ratin. 2002. Blood parameters and metabolites in the teleosts fish *Colossoma macropomum* exposed to sulfide or hypoxia. *Comp. Biochem. Physiol.* 133:375-382.
- Akinrotimi, O., U. Gabriel, P. Anyanwu and A. Anyanwu. 2007. Influence of sex, acclimation methods and period on haematology of *Sarotherodon melanotheron* (*Cichlidae*) *Res. J. Biol. Sci.* 2(3):348-352.
- Blaxhall, P. and W. Daisley. 1973. Routine haematological methods for use with fish blood. *J. Fish. Biol.* 5 (6):771-781.
- Centeno, L., A. Silva-Acuña, R. Barrios, R. Salazar-Lugo, C. Matute y J. Pérez. 2007. Características hematológicas de la cachama (*Colossoma macropomum*) en tres etapas de crecimiento cultivadas en el estado Delta Amacuro, Venezuela. *Zootecnia Trop.* 25(4):237-243.
- Clauss, T., A. Dove and J. Arnold. 2008. Hematologic Disorders of Fish. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice*, 11(3):445-462.
- Drabkin, D. L. and J. M. Austin. 1932. Spectrophotometric constants for common haemoglobin derivatives, in human, dog and rabbit blood. *J. Biol. Chem.* 98(2):719-733.
- Gabriel, U., O. Akinrotimi and F. Esemokumo. 2011. Haematological responses of wild Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* after Acclimation to Captivity. *Jordan J. of Biol. Sci.* 4(4):225-230.
- González, J. y B. Heredia. 1998. Calidad del agua. **En:** Cultivo de la cachama (*Colossoma macropomun*). Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Guárico, Venezuela, 134 p.
- Hafez, P. and S. Oryan. 2002. Effect of NaCl stress on Hematocrit and haemoglobin common carp (*Cyprinus carpio*). *Iran. Fish. J.* 3:13-22.
- Hantonella, A. 1998. Interrenal dysfunction in fish from contaminated sites: in vivo and in vitro assessment. *Environ. Toxicol. Chem.* 17(1):44-48.
- Henry, J. 2007. El laboratorio en el diagnóstico clínico. Marbaán Librod, S. L. Madrid, España.
- ICSH International Committee for Standardization in Haematology. 1984. Reference method for staining of blood and bone marrow films by azure B and eosin Y (Romanowsky stain). *Brit. J. Haematol*; 57(4):707-10.
- Jalali, M., E. Ahmadifar, M. Sudagar and G. Azari Takami. 2009. Growth efficiency, body composition, survival and haematological changes in great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1758) juveniles fed diets supplemented with different levels of Ergosan. *Aquac. Res.* 40:804-809.
- Kandeepan, C. 2014. Effect of Stress on Haematological parameters of air breathing loach *Lepidocephalus thermalis* (Cuv & Val). *Int. J. Curr. Res. Aca. Rev.* 2(8):309-322.
- Larumbe-Moran E., M. Hernández-Vergara, M. Olvera-Novoa y C. Rostro. 2010. Protein requirements of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry cultured at different salinities. *Aquac. Res.* 41, 1150-1157.
- Martinez-Alvarez, R., M. Hidalgo, A. Domezain, A. Morales, M. Garcia-Gallego and A. Sanz. 2002. Physiological changes of sturgeon,

- Acipenser naccarii*, caused by increasing environmental salinity. J. Experim. Biol. 205:3699-3706.
- Martins, M., M. Tavares-Dias, R. Fujimoto, E. Onaka and D. Nomura. 2004. Haematological alterations of *Leporinus macrocephalus* (Osteichthyes: Anostomidae) naturally infected by *Goezia leporini* (Nematoda: Anisakidae) in fish pond. Rev. SciELO Br. 56(5):640-646.
- Poleo, G., J. V. Aranbarrio, L. Mendoza y O. Romero. 2011. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. Pesq. Agropec. Bras. 46(4):429-437.
- Rosenberg, H. 2010. Eosinophils are in the swim! Blood. 116(19):3692-3693.
- Salazar, R., Y. Blanco, L. Centeno y M. Lemus. 2011. Variaciones en los parámetros hematológicos y en la respuesta inmune inespecífica de la cachama negra *Colossoma macropomum* expuesta a cadmio. Saber, Universidad de Oriente, Venezuela, 23(1):28-35.
- Silva, C. R., L. C. Gomes and F. R. Brandao. 2007. Effect of feeding rate and frequency on tambaqui (*Colossoma macropomum*) growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. Aquaculture 264:135-139.
- Siqueira- Fiúza, L., N. Moraes Aragão, H. Pinto Ribeiro, M. Gazzineo De Moraes, I. Régis Castelo Branco Rocha, A. Lustosa Neto, R. Rocha De Sousa, R. Malvino Madrid, E. Gonçalves De Oliveira and F. Farias Costa. 2013. Effects of salinity on the growth, survival, haematological parameters and osmoregulation of tambaqui *Colossoma macropomum* juveniles. Aquac Res, 1-9.
- Sokal, R. and F. Rohlf. 1980. Biometry. W. H. Freeman and Company. San Francisco. U.S.A., 776 p.
- Tavares-Dias, M., M. Martins, S. Schalch, E. Onaka, J. Moraes, C. Quintana e F. Moraes. 2002. Alterações hematológicas e histopatológica em pacus *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes: Characidae) tratados com sulfato de cobre (CuSO₄). Acta Sci. Anim. Sci. 24(2):547-554.
- Tavares-Dias M., E. Sandrim, F. Moraes and P. Carneiro. 2001. Physiological responses of "tambaqui" *Colossoma macropomum* (Characidae) to acute stress. Bol. Inst. Pesca 27(1):43-48.
- Tavares-Dias, M., S. Schalch, M. Martins, E. Onaka and F. Moraes. 2000. Haematological characteristics of Brazilian teleosts. III. Parameters of the hybrid tambacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 x *Colossoma macropomum* Cuvier 1818) (Osteichthyes, Characidae). Rev. Bras. Zool. 17:899-906.
- Vargas-Chacoff, L., A. Calvo, I. Ruiz-Jarabo, F. Villarroel, J. Muñoz, A. Tinoco, S. Cardenas and J. Mancera. 2011. Growth performance, osmoregulatory and metabolic modifications in red porgy fry, *Pagrus pagrus*, under different environmental salinities and stocking densities. Aquac. Res. 42:1269-1278.
- Useche, M. 2000. El cultivo de la cachama, manejo y producción. Primer taller piscícola 2000. Universidad Experimental del Táchira. Decanato de Investigaciones San Cristóbal. Venezuela. Disponible en línea: www.unet.edu.ve/~frey/variados/dinv/piscicultura/cachama/ [Ago. 27, 2012].
- Wahli, T. 2002. Approaches to investigate environmental impacts on fish health. Bull. Eur. Ass. Fish Pathol. 22(2):126-132.
- Wintrobe, M. 1934. Variations in the size and haemoglobin content of erythrocytes in the blood of various vertebrates. Folia Haematol. 51:32-49.
- Zbanyszczek, R. and L. S. Smith. 1984. The effect of water-soluble aromatic hydrocarbons on some haematological parameters of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, during acute exposure. J. Fish Biol. 24, 545-552.

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.	- Introducción: Objeto de estudio, justificación y propósitos.
- Materiales y Métodos	- Metodología
- Resultados y Discusión	- Resultados y Hallazgos
- Conclusiones	- Conclusiones y/o aproximaciones
- Agradecimientos (opcional)	- Agradecimientos (opcional)
- Literatura citada.	- 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 efectuó 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 encabezado 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 adjustments 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:

Ácido Graso Volátil	AGV	Índice de Conversión	IC
<i>Ad libitum</i>	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 <i>in vivo</i>	DIV	Micromilímetro	microm
Digestibilidad <i>in vitro</i>	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 Fahrenheit	°F	Peso al Destete	PD
Grados de Libertad	gl	Porcentaje	%
Grado Kelvin	°K	Por Mil	‰
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

Zoo|ecnia
ropical

ecnia
ropical

Zoo|ecnia
ropical

ecnia
ropical

Zoo|ecnia
ropical

Zoo|ecnia
ropical

Zoo|ecnia
ropical

Zoo|ecnia
ropical

Zoo|ecnia
ropical

Zoo|ecnia
ropical